

创新基础设施影响创新链韧性的作用机制研究

——基于适配理论的实证分析

刘家树^{1,2}, 张雪地¹

(1. 安徽工业大学商学院, 安徽 马鞍山 243032; 2. 安徽商贸职业技术学院, 安徽 芜湖 241002)

摘要: 创新基础设施作为国家创新体系的核心组成部分, 是提升创新链韧性的关键驱动力。基于适配理论, 收集 2011—2023 年中国内地 30 个省份的面板数据, 运用熵权 TOPSIS 法与熵值法分别测度创新链韧性及创新基础设施发展水平, 探讨创新基础设施对创新链韧性的影响及其作用机制, 并进行稳健性、内生性及异质性检验。研究发现: 创新基础设施对创新链韧性具有显著正向促进作用; 知识流动、产业结构与创新环境在两者关系中发挥关键中介作用; 随知识流动水平的提升和创新环境的优化, 创新基础设施对创新链韧性的影响显著提升, 而随着产业结构的优化与合理化, 其边际效应呈现递减趋势; 此外, 创新基础设施对创新链韧性的影响存在显著的区域特征差异, 我国东部地区创新基础设施的促进效应显著强于中西部地区。基于研究结论, 提出三方面政策建议: 一是构建梯度适配的创新基础设施体系, 实现基础研究、技术转化和产业应用的协同发展; 二是推动创新基础设施集群建设, 优化知识流动和产业结构; 三是加强创新基础设施与创新环境的协同, 完善创新保障机制。

关键词: 创新基础设施; 创新链韧性; 适配理论; 知识流动; 产业结构; 创新环境; 区域异质性; 门槛效应

中图分类号: F 124.3 **文献标志码:** A **doi:** 10.12415/j.issn.1671-7872.25035



Research on the Mechanism of Innovative Infrastructure's Impact on the Resilience of Innovation Chains

——An Empirical Analysis Based on Adaptation Theory

LIU Jiashu^{1,2}, ZHANG Xuedi¹

(1. School of Business, Anhui University of Technology, Maanshan 243032, China; 2. Anhui Business College, Wuhu 241002, China)

Abstract: Innovation infrastructure, as a core component of the national innovation system, is a key driver in enhancing the resilience of the innovation chains. Based on the fit theory, panel data from 30 provinces in mainland China from 2011 to 2023 were collected. The entropy-weighted TOPSIS method and the entropy method were employed to measure innovation chain resilience and innovative infrastructure development levels. The impact of innovative infrastructure on innovation chain resilience and its underlying mechanisms were examined, followed by robustness, endogeneity, and heterogeneity tests. The findings reveal that innovative infrastructure is demonstrated to exert a significantly positive impact on innovation chain resilience, with knowledge flow, industrial structure and innovation environment being identified as mediating variables. The enhancing effect of innovative infrastructure on

收稿日期: 2024-04-01

基金项目: 国家社会科学基金重点项目 (22AJL002)

作者简介: 刘家树 (1975—), 男, 安徽六安人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为技术创新管理。

引文格式: 刘家树, 张雪地. 创新基础设施影响创新链韧性的作用机制研究: 基于适配理论的实证分析 [J]. 安徽工业大学学报 (自然科学版), 2025, 42(6): 678-689.

innovation chain resilience is observed to strengthen considerably as knowledge flow levels are elevated and the innovation environment is improved, while its marginal effect is found to decrease progressively with the optimization and rationalization of industrial structure. Moreover, distinct regional heterogeneity is confirmed in infrastructure's influence, where the promotional effect is measured to be substantially more pronounced in eastern China compared to central and western regions. Accordingly, three policy measures are recommended: a tiered and well-matched innovative infrastructure system needs to be constructed to achieve coordinated development across basic research, technology transfer and industrial application; innovation infrastructure clusters should be developed to optimize knowledge flow and industrial structure; and the synergy between innovative infrastructure and innovation environment must be enhanced while complementary mechanisms are perfected to safeguard innovation activities.

Keywords: innovation infrastructure; innovation chain resilience; fit theory; knowledge flow; industrial structure; innovation environment; regional heterogeneity; threshold effect

创新基础设施作为科技创新的核心引领和关键支撑,是实现我国科技自立自强、推动国家战略科技力量发展的重要支柱^[1]。党的二十大报告明确提出要“加快实施创新驱动发展战略,加快实现高水平科技自立自强”。当前在全球经济下行、地缘政治动荡、中美贸易摩擦加剧^[2]以及关键技术封锁等多重挑战的背景下,我国创新链韧性正面临严峻考验,断裂风险加剧,产业链卡脖子问题日益凸显^[3]。提升创新链韧性已刻不容缓,这种韧性体现在创新链遭受外部冲击而中断后不仅能够迅速恢复至原有水平,还能进一步提升至更高发展水平的能力^[4]。从理论上讲,创新韧性提升主要取决于系统多样性、可持续创新能力、数字技术创新程度等因素^[5]。实践表明,创新基础设施在创新链上发挥全链条支撑作用^[6],其完善程度越高,越容易通过知识池或人才池渠道溢出至实体经济部门,从而有效实现创新价值增值^[7]。同时,创新基础设施的建设具有不可分割性和初始集聚性特征,能够在一定程度上解决创新资源分散、重复建设和基础储备不足等关键问题,通过提高资源配置效率增强创新链韧性^[8-10]。然而,当前我国创新基础设施面临布局尚不平衡、高端工程人才短缺、配套产业不完善等短板^[11],与创新链适配性仍需提升。在此背景下,基于适配理论深入分析创新基础设施与创新链韧性的作用机制,对优化创新基础设施体系、有效应对风险挑战、持续提升国家创新能力具有重要理论价值和实践意义。

适配理论在经济与创新领域得到广泛应用,其核心在于分析系统要素间的协调平衡关系^[12],强调系统或主体间的协同与匹配程度。在经济学的研究中,适配性分析主要聚焦于供需结构、产业结构、人力资本和公司治理等维度的匹配问题,核心在于

通过优化资源配置和主体互动来实现系统效能最大化^[13]。在创新研究领域,该理论为解析创新基础设施与创新链的互动关系提供了重要视角。创新基础设施与创新链的适配发展能够有效促进人才、资金和知识等创新要素的集聚,提升资源配置效率^[14],从而增强区域创新链韧性。创新基础设施作为支撑创新链的基石,其完善程度和适配性不仅直接影响创新链的运行效能,更对韧性产生系统性影响,其作用机制主要体现为知识平台效应、结构优化效应及环境赋能效应等方面^[15]。在提升区域创新链韧性的过程中,知识流动、产业结构及创新环境发挥着重要作用。根据知识管理理论,创新主体通过持续吸收与整合外部知识资源来实现创新知识存量的动态积累,有效降低知识转移成本,弥补创新主体间的知识缺口,促进跨领域知识增值与扩散^[16]。根据结构主义理论,产业结构优化能推动生产要素高效流动,通过产业体系多元化增强系统抗风险能力。此外,区域资源禀赋和市场化进程差异使得创新基础设施和创新链韧性关系呈现出显著的异质性特征,良好的创新环境既能弥补创新基础设施不足,又可通过软环境激励持续创新投入^[17]。因此,将产业结构、知识流动和创新环境纳入分析框架,揭示创新基础设施影响创新链韧性的作用机制,为完善创新基础设施建设、增强创新链韧性提供理论支撑与实证支持。

1 理论分析与研究假设

基础设施建设为科技创新顺畅运行提供坚实支撑。基于适配理论,将知识流动、产业结构与创新环境等因素纳入创新基础设施影响创新链韧性的分析框架,探究3种因素在创新基础设施与创新链韧

性关系中的影响路径与作用机制。

1.1 创新基础设施对创新链韧性的直接影响

创新基础设施的合理布局与高效协作为创新活动提供系统保障,促进创新主体获取知识资源^[6]并增强各主体间的创新协同能力,从而促进创新链各环节高效衔接。一方面,创新基础设施通过提供知识搜索平台和优化供需匹配加速新技术研发,其完善程度直接影响创新主体的创新效率与可持续能力^[18];另一方面,建设世界一流的创新基础设施,为关键学科和产业提供先进研发支撑^[19],是提升整体创新效能的关键。值得注意的是,创新基础设施能够跨越未来产业创新链的“死亡谷”,直接促进前沿技术从实验室样品向市场商品高效转化^[6],显著提高创新成果转化效率并增强创新链韧性。此外,政府通过统筹规划与资金保障加强基础设施投入,为创新链韧性奠定物质与制度基础^[20]。因此,创新基础设施通过增强创新链的适应力、恢复力与敏捷性,成为提升创新链韧性的基础性支撑。

基于适配理论视角,创新基础设施对创新链韧性的支撑效能取决于二者的结构适配程度,该程度直接影响支撑的精准性与时效性。当二者高度适配时,既能根据创新链演化动态调整服务内容和资源配置,提升其核心竞争力;也可在外部冲击下助力创新主体快速整合最优资源,缩短适应周期,从而有效增强创新链的敏捷性与恢复力。具体而言,创新基础设施主要通过2条路径增强创新链韧性:通过构建精准匹配的资源平台支撑创新主体活动,增强其核心竞争力;通过优化创新基础设施与创新链的适配度,提升创新链应对外部冲击的系统抗风险能力与适应能力。综上表明,适配良好的创新基础设施通过知识发现、资源共享和价值增值等机制,构建了支撑创新链韧性的内生性体系。

基于上述分析提出研究假设 H₁: 创新基础设施对创新链韧性有显著正向影响。

1.2 创新基础设施影响创新链韧性的作用机制

1.2.1 创新基础设施、知识流动与创新链韧性

创新链韧性的提升既需要技术领先优势、核心创新能力保持及稳定资金保障,也依赖于知识要素的有效积累与高效流动。创新基础设施通过建立多层次知识库、建设高水平实验室及打造跨领域协同网络^[15],形成具有冗余特性的分布式知识节点体系,降低技术路径依赖风险,增强系统适应性重构能力,进而提升创新链韧性水平。知识流动是指创新要素在交互过程中产生的知识相互作用现象^[21],包含知

识扩散与知识溢出^[22]。从知识创造与扩散角度,创新基础设施作为知识生产与传播的核心平台,为新知识和技术扩散提供关键支撑。通过汇聚高端科研人才和创新团队,持续开展前沿领域探索性研究,产出突破性科学发现和原创性技术成果,为创新链提供持续的知识供给,从而有效增强其抗风险能力。从知识融合与交流的角度,创新基础设施构建跨领域、跨行业的开放式创新平台,为多学科背景的科研人员和企业创新者提供了深度交流与合作的空间。通过促进异质性知识的交叉融合与创造性重组,不仅催生突破性的创新方向和增长点,更推动各类创新主体之间的深度连接与协同合作,从而构建更加紧密、更具活力的创新生态系统,有效提升创新链应对外部环境变化的适应能力。知识流动一方面发挥链接和催化剂功能,通过增加系统多样性、扩充资源储备和增强适应能力强化整体韧性水平^[23];另一方面助力创新主体打破惯性依赖,克服创新过程中的各类阻碍,促进区域创新产出最大化^[24],从而显著增强创新链的整体韧性。

基于上述分析提出研究假设 H₂: 创新基础设施能够通过促进知识流动提升创新链韧性水平。

1.2.2 创新基础设施、产业结构与创新链韧性

创新基础设施作为新型基础设施建设的重要组成部分,为区域产业结构转型升级提供了关键支撑和基础保障。通过打造特色鲜明、国际一流的产业孵化体系^[25]优化区域产业结构和多元化发展,进而显著增强创新链韧性和区域经济的可持续发展能力。已有研究^[26]表明,产业结构升级能够显著提升区域经济应对外部冲击的抵御能力和恢复能力。一方面,创新基础设施凭借其规模效应和系统集成优势,通过高效整合各类创新要素有效推动传统产业的高新技术改造和新兴产业的培育发展,实现产业结构的持续优化升级。产品空间理论证实,这种产业结构的合理化演进能够为创新系统创造更多可替代的技术路径选择,显著提升系统在遭受外部冲击时的自我修复能力^[27]。另一方面,创新基础设施通过构建资源共享平台和协同创新机制,有效促进产业链的纵向延伸与横向拓展,使得创新链更加完备和稳固,进而加速新产品研发进程,增强产业应对外部冲击的快速恢复能力^[28]。产业结构的高级化与合理化不仅促进技术要素的重组、融合与深化,提升现有资源的创新效率,同时加强了创新链与产业链上下游的协同与整合能力^[29],进而显著增强创新链的整体韧性水平。综上所述,系统推进创新基础设施建设,

持续优化产业结构并促进其向高级化方向发展,着力培育多元化产业生态体系,是增强区域创新链韧性的重要途径;与此同时,创新链韧性的持续提升又会反作用于创新基础设施的完善与升级,两者之间形成相互促进、协同演进的良性互动机制,共同为区域经济高质量发展和科技创新能力提升构建坚实的制度保障和物质基础。

基于上述分析提出假设 H₃: 创新基础设施通过影响产业结构提升创新链韧性水平。

1.2.3 创新基础设施、创新环境与创新链韧性

创新基础设施通过构建完善的物理和数字支撑平台(高效交通网络、先进信息技术、健全知识产权保护体系等),为区域创新发展创造基础性条件。面向基础研究与前沿探索的创新基础设施,其核心特征在于构建高风险容忍、长周期的创新环境。该环境涵盖人才、资金、创业、市场和竞争合作五大维度^[30],通过提供要素支持降低创新不确定性,促进创新主体间的功能协同与信息共享,从而提升区域创新竞争力并增强创新链抗风险能力。陈凯华等^[31]研究表明,区域创新系统的生产效率直接受创新环境要素影响,其中金融支持、学习机制和文化

氛围构成关键影响因素^[32]。完善的金融市场通过优化资源配置和分散风险^[33],构建多元化迭代加速机制,显著提升创新链的抗中断能力和恢复效率,从而有效增强创新链韧性水平。良好的政策环境通过资金支持与政策保障为创新活动奠定基础,而完善的市场环境加速创新成果转化应用,确保持续创新能力的培育,从而有效增强创新链韧性^[34]。作为创新生态系统的关键组成部分,创新环境依托政策引导、市场驱动和文化协同机制,实现资源优化配置,促进人才、资本与技术要素的高效集聚,为创新链构建风险缓冲屏障与资源储备池,显著提升其韧性水平。

基于上述分析提出假设 H₄: 创新基础设施通过优化创新环境提升创新链韧性水平。

综上,基于适配理论构建创新基础设施-中介机制-创新链韧性理论模型,探究基础设施影响创新链韧性的内在机理,将产业结构、知识流动和创新环境三大中介机制纳入分析框架,揭示创新基础设施与区域创新系统要素的适配关系对创新链韧性的作用路径,为完善创新基础设施建设体系、增强创新链韧性提供决策借鉴。具体的理论模型如图 1。

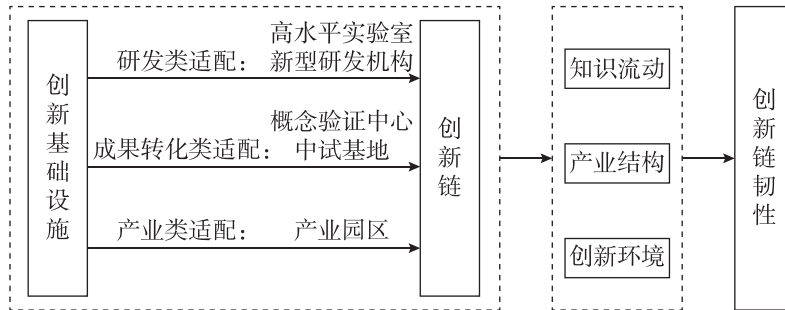


图1 理论模型

Fig. 1 Theoretical model

2 研究设计

2.1 计量模型设定

为考察创新基础设施对创新链韧性的影响效应,建立如下基准回归模型:

$$V_{UER_{it}} = \alpha_0 + \alpha_1 V_{INF_{it}} + \alpha_c Z_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中: i, t 分别表示省份和年份; V_{UER} 为被解释变量,表示创新链韧性; V_{INF} 为核心解释变量,表示创新基础设施; Z_{it} 为其他控制变量; μ_i 为个体固定效应; δ_t 为时间固定效应; ε_{it} 为随机扰动项,服从正态分布且与 μ_i 不相关; α_0 为常数项; α_1 为自变量创新基础设施对创新链韧性的影响系数; α_c 为控制变量系数。

在分析创新基础设施对创新链韧性影响效应时,需控制可能干扰研究结果的关键变量。参考刘家

树等^[35]、杨浩昌等^[36]和克魁等^[37]的研究方法,选取控制变量:经济发展水平(V_{ECO}),采用人均GDP对数测度;国际化发展(V_{NAT}),采用各年度对外直接投资占地区生产总值比重衡量;市场规模(V_{MAR}),使用社会消费品零售总额对数测度;政府干预力度(V_{GOV}),通过该年政府公共预算与生产总值比值计算。

为探究创新基础设施对创新链韧性的作用机制,参考温忠麟等^[38]的中介效应检验方法,分别构建以知识流动、产业结构和创新环境为中介变量的传导路径模型。其中以知识流动(V_{KNOW})为变量的检验模型由方程(1)至(3)构成,通过对这3个方程的依次检验,可验证其在创新基础设施与创新链韧性之间是否发挥中介作用。

$$V_{\text{KNOW}_i} = \beta_{01} + \beta_{11} V_{\text{INF}_i} + \beta_{c1} Z_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

$$V_{\text{UER}_i} = \gamma_{01} + \gamma_{11} V_{\text{INF}_i} + \gamma_{21} V_{\text{KNOW}_i} + \gamma_{c1} Z_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

以产业结构 (V_{STRH}) 作为中介变量的检验模型由方程 (4)、方程 (5) 和方程 (1) 构成。

$$V_{\text{STRH}_i} = \beta_{02} + \beta_{12} V_{\text{INF}_i} + \beta_{c2} Z_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

$$V_{\text{UER}_i} = \gamma_{02} + \gamma_{12} V_{\text{INF}_i} + \gamma_{22} V_{\text{STRH}_i} + \gamma_{c2} Z_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

以创新环境 (V_{STE}) 作为中介变量的检验模型由方程 (6)、方程 (7) 和方程 (1) 构成。

$$V_{\text{STE}_i} = \beta_{03} + \beta_{13} V_{\text{INF}_i} + \beta_{c3} Z_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

$$V_{\text{UER}_i} = \gamma_{03} + \gamma_{13} V_{\text{INF}_i} + \gamma_{23} V_{\text{STE}_i} + \gamma_{c3} Z_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

其中: $\beta_{01}, \gamma_{01}, \beta_{02}, \gamma_{02}, \beta_{03}, \gamma_{03}$ 为常数项; $\beta_{11}, \beta_{12}, \beta_{13}$ 表示创新基础设施对机制变量的效应; $\gamma_{11}, \gamma_{12}, \gamma_{13}$ 表示加入机制变量后, 自变量创新基础设施对因变量创新链韧性的直接效应; $\gamma_{21}, \gamma_{22}, \gamma_{23}$ 表示控制自变量创新基础设施的影响后, 机制变量对因变量创新链韧性的影响; $\gamma_{c1}, \gamma_{c2}, \gamma_{c3}$ 为控制变量的系数。

为进一步探析创新基础设施对创新链韧性的非线性机制, 构建创新基础设施与创新链韧性关系的门槛效应模型:

$$V_{\text{UER}_i} = \eta_0 + \eta_1 V_{\text{INF}_i} I(V_{\text{TER}_i} < \omega_1) + \eta_2 V_{\text{INF}_i} I(\omega_1 \leq V_{\text{TER}_i} < \omega_2) + \dots + \eta_n V_{\text{INF}_i} I(V_{\text{TER}_i} \geq \omega_n) + \eta_c Z_{it} + \mu_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

其中: $I(*)$ 为指示函数; V_{TER} 为门槛变量; ω_m 为第 m 个门槛估计值 ($m=1, 2, \dots, n$); η_0 为常数项; η_c 为控制变量的系数。

2.2 数据来源与变量说明

2.2.1 数据来源及处理

搜集 2011—2023 年中国内地 30 个省市 (西藏自治区因数据缺失较多未纳入) 的面板数据, 创新环境数据来自马克数据网, 创新链韧性、创新基础设施、知识流动、产业结构和控制变量数据来源于《中国统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国固定资产投资数据库》《中国区域经济数据库》和各省统计年鉴。针对创新基础设施中公益投资指标的部分缺失问题, 采用插值法进行数据补全处理。

2.2.2 变量说明

1) 创新链韧性 (V_{UER})。参考刘家树等^[39]关于创新生态系统韧性的研究方法, 结合城市韧性和创新韧性的构建思路, 基于创新链韧性面对外部环境变化、市场竞争、技术创新等不确定性因素的影响而表现出的稳定性、适应性和进化能力, 构建创新链韧性指标体系, 具体如表 1。

表 1 创新链韧性指标体系

Tab. 1 Resilience indicator system of the innovation chain

一级指标	二级指标	三级指标	指标属性
抵抗能力		基础研究 R&D 全时当量	+
		财政教育支出	+
		科学技术支出	+
		人均 GDP	+
恢复能力		应用研究 R&D 人员全时当量	+
		地方财政支出	+
		财政自给率	+
		高新技术企业数	+
进化能力		产业结构转型	+
		试验发展 R&D 人员全时当量	+
		每万人大学生数量	+
		研究机构科技论文发表数	+
创新链韧性		专业技术人员数	+
		研究与试验发展仪器和设备支出	+
		发明专利申请数	+

采用熵权 TOPSIS 法进行综合测算, 该方法基于数据驱动确定指标权重, 可有效避免主观赋权偏差, 其具体计算公式如下:

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{n=1}^x (g_m - g_n^+)^2} \quad (9)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{n=1}^x (g_m - g_n^-)^2} \quad (10)$$

$$c_i = \frac{d_i^-}{(d_i^+ + d_i^-)} \quad (11)$$

其中: $x \in [1, \infty)$; g_n^+, g_n^- 分别表示第 n 个指标的最大值和最小值; d_i^+, d_i^- 分别表示最优解和最差解; c_i 表示评估对象与最优解决方案的接近程度, 其值越大表示韧性越强。

2) 创新基础设施 (V_{INF})。借鉴张自然等^[40]的研究方法, 将研究开发与公益投资作为创新基础设施的核心维度, 从科学研究、技术开发、产品研制、公益投资 4 个层面构建创新基础设施指标体系 (见表 2), 采用熵值法测度创新基础设施发展水平。

3) 中介变量。参考袁健等^[41]的研究方法, 从知识创新流动与知识应用流动 2 个维度进行综合评估, 选取产学研合作发明专利申请数、企业资助研发金额、技术合同成交金额与外商直接投资金额 4 个指标, 通过熵值法对各指标权重进行客观赋权, 最终构建知识流动综合指数; 产业结构 (V_{STRH}) 借鉴任翼^[42]的研究方法, 利用泰尔指数测度产业结构高级化程

度;创新环境 (V_{STE}) 基于中国科学技术发展战略研究院和中国科技战略研究小组的研究框架,选取北京大学数字普惠金融指数作为衡量指标^[43],该指标

能综合反映创新基础设施通过塑造区位优势形成的金融支持、市场需求等创新环境因素。

表2 创新基础设施指标体系

Tab. 2 Innovation infrastructure indicator system

一级指标	二级指标	三级指标	指标属性
创新基础设施	科学研究	基础研究投入金额	+
		应用研究投入金额	+
	技术开发	技术市场成交额	+
		试验发展投入金额	+
	产品研制	高等学校R&D课题	+
		企业有效发明专利情况	+
	公益投资	教育固定资产投资	+
		卫生和社会工作固定资产投资	+
		公共管理、社会保障和社会组织固定资产投资	+

3 实证结果分析

3.1 描述性分析

基于中国内地30个省市的面板数据样本,共获得390个有效观测值。主要变量的描述性统计结果如表3。通过计算各变量标准差与平均值的比值发现,创新基础设施的变异系数大于1,这表明我国各地区间的创新基础设施水平存在显著差异,区域创新发展呈现出明显的不均衡特征。

表3 主要变量描述性统计检验结果

Tab. 3 Descriptive statistics and test results of key variables

变量	样本/个	均值	标准差	最小值	最大值
V_{UER}	390	0.147	0.129	0.021	0.80
V_{INF}	390	0.113	0.114	0.002	0.69
V_{NAT}	390	0.020	0.020	0.000	0.12
V_{ECO}	390	10.941	0.459	9.706	12.21
V_{GOV}	390	0.247	0.102	0.107	0.64
V_{MAR}	390	8.940	0.970	6.024	10.77
V_{KNOW}	390	0.099	0.122	0.001	0.66
V_{STRH}	390	0.147	0.093	0.008	0.45
V_{STE}	390	255.544	111.336	18.330	473.83

3.2 回归结果分析

对2011—2023年各省市面板数据进行计量检验,VIF检验结果显示所有变量的方差膨胀因子均小于10,表明模型不存在多重共线性问题;豪斯曼检验结果在统计上显著,支持选择固定效应模型而非随机效应模型,因此本研究采用固定效应模型进行估计,具体回归结果如表4。

表4 创新基础设施对创新链韧性的回归检验结果

Tab. 4 Regression test results of the impact of innovation infrastructure on the resilience of the innovation chain

变量	V_{UER}			
	(1)	(2)	(3)	(4)
V_{INF}	0.876*** (0.033)	0.809*** (0.021)	0.809*** (0.027)	0.809*** (0.020)
V_{NAT}	0.860*** (0.120)	0.515*** (0.080)	0.515*** (0.089)	0.515*** (0.075)
V_{ECO}	0.022*** (0.006)	-0.046** (0.019)	-0.046** (0.019)	-0.046*** (0.017)
V_{GOV}	0.011 (0.040)	-0.003 (0.058)	-0.003 (0.042)	-0.003 (0.055)
V_{MAR}	0.013*** (0.005)	0.002 (0.010)	0.002 (0.007)	0.002 (0.009)
常数项	-0.332*** (0.089)	0.507*** (0.169)	0.554*** (0.183)	0.554*** (0.169)
固定效应	NO	YES	YES	YES
R^2	0.895	0.919	0.982	0.982

注:*, **, ***分别表示在10%, 5%, 1%的显著性水平上显著;括号内数字为相应的标准误。下同。

表4中列(1)~(4)分别为简单回归估计、双向固定效应模型、消除异方差影响的回归以及同时处理异方差和自相关问题的回归结果。各模型结果显示创新基础设施的回归系数均在5%水平上显著为正,说明加强创新基础设施建设对提升创新链韧性具有稳健的促进作用,假设H1得到初步验证。这一结论的理论解释在于:作为具有公共属性的关键要素,创新基础设施在创新链前端承担着基础性支撑作用^[44],通过提供涵盖基础研究、技术开发和成果转化全流

程所需的实验设施、技术平台和专业服务,不仅强化了创新链各环节的硬件基础,更重要的是精准匹配了创新活动的基础设施需求,有效提升了创新系统的稳定性和抗风险能力,进而显著增强创新链主体间的协同效率与整体韧性。

3.3 稳健性检验

为增强研究结论的可靠性,在上述检验的基础上采用替换被解释变量法、调整样本(剔除4个直辖市样本)和工具变量法3种方法进行稳健性检验,结果如表5。其中:列(1)为替换被解释变量法后的回归结果,参考刘家树等^[39]的方法,将创新链韧性测度中的高新技术企业数替换为规模以上工业企业分布指标进行重新估计,结果显示创新基础设施的回归系数仍在5%的水平上显著为正,这一结果验证了基准模型结论的稳健性;列(2)通过剔除4个直辖市样本重新估计,核心解释变量系数仍保持显著正向影响,进一步验证了基准结果的稳健性。

表5 创新基础设施对创新链韧性的稳健性检验结果

Tab. 5 Robustness test results of the impact of innovation infrastructure on the resilience of the innovation chain

变量	V_{UER}		
	(1)	(2)	(3)
V_{INF}	0.796*** (0.021)	0.855*** (0.023)	0.837*** (0.046)
V_{NAT}	0.574*** (0.079)	0.551*** (0.091)	0.485*** (0.087)
V_{ECO}	-0.043** (0.018)	-0.033* (0.020)	-0.047*** (0.018)
V_{GOV}	-0.021 (0.058)	-0.036 (0.064)	-0.006 (0.055)
V_{MAR}	0.001 (0.009)	-0.014 (0.011)	0.001 (0.009)
Constant	0.490*** (0.166)	0.506*** (0.181)	0.568*** (0.171)
固定效应	YES	YES	YES
样本数	390	338	390
R^2	0.918	0.923	0.982

工具变量法可缓解创新基础设施与创新链韧性之间可能存在的遗漏变量、反向因果等问题。本研究参考蔡延泽等^[45]的研究方法,选取固定电话数与上一年互联网用户数的乘积作为工具变量,采用两阶段最小二乘法识别创新基础设施对创新链韧性的因果效应。工具变量的有效性需满足相关性和外生性条件:一方面,创新基础设施作为科技创新的公共平台,其发展水平会受到通信基础设施(固定电话数

与互联网用户)的显著影响;另一方面,该工具变量对创新链韧性无直接影响,且不存在反向因果关系,即当期创新链韧性不会影响历史通信设施规模,从而确保工具变量的外生性特征。表5中列(3)为工具变量法的回归结果,其中创新基础设施(INF)的系数在1%水平上显著为正,工具变量有效性检验指标均通过显著性检验:弱工具变量检验的 F 统计量达到74.578,识别不足检验的Anderson LM统计量为69.653。这表明以固定电话与互联网用户交互项作为工具变量不仅满足理论上的外生性要求,在统计上也具有强相关性,有效克服了潜在的内生性问题。工具变量估计结果稳健地证实了创新基础设施对创新链韧性的因果效应,进一步强化了研究结论的可靠性。

3.4 异质性检验

各地区资源禀赋、经济结构和产业集聚的差异特征形成了多样化的产业发展格局,为创新活动提供了多元路径选择。创新基础设施对创新链韧性的异质性检验结果如表6。

表6 创新基础设施对创新链韧性的异质性检验结果

Tab. 6 Heterogeneity test results of the impact of innovation infrastructure on the resilience of the innovation chain

变量	V_{UER}		
	(1)	(2)	(3)
V_{INF}	0.869*** (0.047)	0.528*** (0.030)	0.426*** (0.017)
V_{NAT}	0.413** (0.163)	0.157 (0.126)	-0.100 (0.090)
V_{ECO}	-0.157*** (0.055)	0.006 (0.017)	0.027*** (0.010)
V_{GOV}	-0.185 (0.197)	-0.030 (0.075)	0.082*** (0.027)
V_{MAR}	0.087*** (0.030)	0.010 (0.006)	-0.004 (0.005)
常数项	1.031** (0.454)	-0.095 (0.175)	-0.234** (0.092)
固定效应	YES	YES	YES
样本数	143	104	143
R^2	0.940	0.976	0.962

按照沈小波等^[46]的分组方法,表6中列(1)~(3)分别代表我国东部、中部、西部地区的回归结果:三大区域创新基础设施的系数均显著为正,证实其对创新链韧性具有普遍促进作用,但影响强度呈现梯度差异(东部>中部>西部)。这种差异主要源于区域发展不均衡:东部地区凭借资本集聚优势、人才技

术储备和成熟的产业生态形成正向循环,特别是通过多元化融资渠道、高密度创新集群和国际化区位条件显著强化了创新链韧性;而中西部地区受制于财政约束、创新资源匮乏和产业链不完善等瓶颈,在创新要素配置和产业协同方面仍存在明显不足,

导致基础设施的赋能效应相对较弱。

3.5 中介效应检验

在创新基础设施影响创新链韧性的过程中,知识流动、产业结构、创新环境等因素发挥重要作用,表7为两阶段中介检验的结果。

表7 创新基础设施对创新链韧性的中介效应检验结果

Tab. 7 Mediating effect test of innovation infrastructure on the resilience of the innovation chain

变量	V_{KNOW}	V_{UER}	V_{STRH}	V_{UER}	V_{STE}	V_{UER}
V_{KNOW}		0.351*** (0.047)				
V_{STRH}				0.093*** (0.035)		
V_{STE}						0.001*** (0.000)
V_{INF}	1.006*** (0.022)	0.455*** (0.051)	0.113*** (0.032)	0.798*** (0.021)	81.433*** (6.703)	0.763*** (0.025)
V_{NAT}	0.729*** (0.085)	0.258*** (0.082)	-0.163 (0.123)	0.530*** (0.080)	-77.352*** (25.761)	0.558*** (0.080)
V_{ECO}	-0.064*** (0.020)	-0.024 (0.018)	0.014 (0.028)	-0.048** (0.018)	17.323*** (5.975)	-0.056*** (0.019)
V_{GOV}	-0.205*** (0.062)	0.069 (0.055)	-0.069 (0.090)	0.003 (0.058)	-19.188 (18.824)	0.008 (0.058)
V_{MAR}	-0.033*** (0.010)	0.014 (0.009)	-0.070*** (0.015)	0.009 (0.010)	0.711 (3.061)	0.002 (0.009)
常数项	0.976*** (0.179)	0.164 (0.163)	0.669** (0.259)	0.445*** (0.169)	-144.583*** (54.324)	0.588*** (0.168)
固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES
R^2	0.935	0.930	0.658	0.921	0.997	0.922

表7中列2与列3的知识流动中介效应检验表明:在基准模型(方程(1))中创新基础设施(INF)系数 α_1 显著为正的基础上,方程(3)中 β_{11} 显著,创新基础设施系数 γ_{11} 和知识流动系数 γ_{21} 均在1%的水平上显著,方程(4)中 γ_{11} 为0.455,证实存在显著的部分中介效应,即创新基础设施加速了知识流动,进而提升创新链韧性,假设H2得到验证。这是因为知识流动通过加强创新链各环节间联系、优化资源配置和提升创新能力,显著增强了创新链韧性水平。

表7中列4与列5的产业结构中介效应检验结果表明:在基准模型中创新基础设施(INF)系数 α_1 显著为正的基础上,方程(5)中 β_{12} 显著,创新基础设施系数 γ_{12} 和产业结构系数 γ_{22} 均在1%的水平上显著;方程(6)中 γ_{12} 为0.798,证实存在显著的部分中介效应。这一结果验证了假设H3,具体作用机制为:创新基础设施通过发挥初始集聚效应,促进产业升级发展(吸引人才与资本集聚、推动数字化转型等),提升区域创新要素配置效率,从而有效增强创新链韧性水平。

表7中列6与列7的创新环境中中介效应检验结果表明:在基准模型中创新基础设施(INF)系数 α_1 显著为正的基础上,方程(7)中 β_{13} 显著,创新基础设施系数 γ_{13} 和创新环境系数 γ_{23} 均在1%的水平上显著;方程(8)中 γ_{13} 为0.763,证实存在显著的部分中介效应。这一结果验证了假设H4,具体作用机制为:良好的创新环境通过政策支持、资金投入、技术合作和人才引进等措施优化基础设施配置,共同提高创新链各环节的运营效率,使其能够有效应对市场

变化、技术进步或社会变革等外部冲击,全面提升创新链的适应能力、响应速度和整体韧性水平。

3.6 门槛效应检验

为进一步考察创新基础设施对创新链韧性的作用机制,揭示其在不同情境下的差异化影响,本研究基于知识流动、产业结构和创新环境等维度构建门槛回归模型。表8的检验结果显示知识流动、产业结构、创新环境具有显著的门槛效应。

表8 创新基础设施对创新链韧性的门槛效应检验结果

Tab. 8 Threshold regression results of innovation infrastructure on the resilience of the innovation chain

变量	V_{KNOW}	V_{STRH}	V_{STE}
$V_{INF}(V_{TER} \leq \omega_1)$	0.611*** (0.061)	1.026*** (0.032)	0.661*** (0.061)
$V_{INF}(\omega_1 < V_{TER} \leq \omega_2)$	0.768*** (0.056)	0.810*** (0.052)	0.773*** (0.064)
$V_{INF}(V_{TER} > \omega_2)$		0.639*** (0.054)	
V_{NAT}	0.313 (0.211)	0.283* (0.166)	0.412* (0.233)
V_{ECO}	0.010 (0.014)	0.011 (0.013)	-0.009 (0.016)
V_{GOV}	0.128** (0.048)	0.088* (0.051)	0.130** (0.050)
V_{MAR}	0.004 (0.011)	0.002 (0.011)	0.008 (0.012)
常数项	-0.119 (0.080)	-0.104 (0.074)	0.043 (0.088)
固定效应	YES	YES	YES
R^2	0.929	0.935	0.921

3.6.1 知识流动门槛变量回归结果

知识流动门槛回归结果(表8列2)显示,创新基础设施对创新链韧性的影响存在显著的单门槛效应(0.216)。具体表现为:当知识流动水平低于0.216时,创新基础设施的回归系数为0.611且在1%的水平上显著;当跨越该阈值后系数提升至0.768,仍在1%的水平上显著。这一结果验证了 Teece^[47]的动态能力理论,表明随着知识流动强度增大,创新基础设施通过强化知识网络的复杂性和协同效应,显著放大其对创新链韧性的促进作用。当知识流动突破临界水平后,创新主体间的隐性知识转移和重组效率提升,使得创新链的适应能力和抗风险能力呈现加速增强态势。

3.6.2 产业结构门槛变量回归结果

产业结构门槛效应的回归结果(表8列3)显示创新基础设施对创新链韧性的影响存在显著双门槛效应,门槛值分别为0.009,0.054。具体表现为:当产业结构水平低于0.009时,创新基础设施的影响系数为1.026且在1%的水平上显著;当产业结构水平介于0.009~0.054之间时,影响系数为0.810且在1%的水平上显著;当产业结构水平高于0.054时,影响系数降为0.639且仍在1%的水平上显著。这些结果表明随着产业结构水平的增大,创新基础设施促进创新链韧性增强的边际效应递减。这是因为,在产业发展初期,基础设施通过精准匹配基础研发需求、提供关键性技术平台产生显著增效作用;而当产业向高端化转型后,原有基础设施体系难以满足复杂创新需求,支撑效能逐渐趋于饱和,导致促进作用减弱。

3.6.3 创新环境门槛变量回归结果

创新环境门槛效应的回归结果(表8列4)表明存在显著的单门槛效应,门槛值为325.727。当创新环境水平低于325.727时,创新基础设施的影响系数为0.661且在1%的水平上显著;跨越门槛后影响系数增至0.773且仍在1%的水平上显著。这一现象源于创新环境的优化能显著提升基础设施运行效率:良好的环境条件通过降低创新风险、提高知识共享效率^[48],促进更高效的知识流动和资源配置,从而放大创新基础设施的积极效应。具体而言,当创新环境跨越临界值后,区域内的制度保障、金融支持和市场机制趋于完善,促使创新基础设施能够更有效地整合各类创新要素,强化创新主体间的协同合作,进而对创新链韧性产生更显著的增强作用。

4 结论与启示

4.1 结论

基于2011—2023年中国内地30个省市面板数据,从适配理论视角实证检验创新基础设施对创新链韧性的影响效应及作用机制,得出如下结论:创新基础设施对创新链韧性具有显著的促进作用,该结论经过多重稳健性检验和工具变量法检验后仍然成立;知识流动、产业结构、创新环境发挥重要中介作用,其中知识流动和创新环境的门槛效应使促进作用持续增强,而产业结构则呈现边际递减特征。区域异质性分析显示,东部地区创新基础设施的促进效应显著强于中西部地区,主要得益于其更完善的创新生态和要素配置效率。

4.2 实践启示

第一,构建多主体协同的梯度适配创新基础设施体系,激发区域创新活力,提升创新链韧性水平。政府层面强化顶层设计,建立基础研究—技术转化—产业应用三阶段差异化布局机制:基础研究阶段重点布局大科学装置和前沿交叉研究平台,技术转化阶段集中建设共性技术研发中心和中试基地,产业化阶段配套智能制造系统与数字化服务平台。企业层面实施链主企业+创新联合体共建模式,支持龙头企业牵头建设行业级工业互联网平台,重点补足技术工程化验证、产品首次应用等关键环节基础设施短板,完善基础设施共享机制;区域层面建立东中西部协同发展机制,通过跨区域设备共享云平台实现资源优化配置,全面提升创新链各环节的设施适配性和系统韧性水平。

第二,推动创新基础设施集群化建设,优化知识流动效率与产业结构升级,增强创新链的抗风险能力和韧性水平。一方面,利用大数据、云计算等新技术构建国家级开放科学平台,开发产业知识图谱系统促进学术资源共享;搭建产业需求、高校科研与机构资源协同的创新中心,加快技术提升与成果转化;打造行业知识库推动技术扩散,实现创新要素高效流动与系统韧性提升。另一方面,根据创新链演进规律优化产业创新基础设施配置,建设产业升级支撑体系,推动传统产业构建智能制造赋能中心,针对战略性新兴产业布局专业孵化器,面向未来产业组建前沿技术验证平台,基于多元化基础设施布局降低系统性风险。

第三,推动创新基础设施与创新环境结合,完善硬设施、软环境耦合的创新保障机制,提高创新链韧性恢复与抗风险能力。首先,优化创新环境作为

提高创新链韧性的重要路径,建立与创新链发展阶段相匹配的创新生态平台,布局开放型科研社区,打造国家级创新创业综合体,推动创新活动可持续发展。其次,通过智能匹配系统促进科研机构、企业和政府间的资源对接,构建需求牵引—平台支撑—成果转化的良性循环机制,为创新活动发展提供优越的创新环境。最后,加强人才培养与提高金融服务,依托国家重点实验室培养战略科学家,培养实践型人才与复合型人才,设立与创新链风险特征匹配的分阶段投资机制,设立区域性科技金融服务中心,提供全链条金融服务,保障创新链可持续。

4.3 边际贡献与不足

本研究在理论和实践层面作出了以下边际贡献:首先,评估了创新基础设施对创新链韧性的影响,基于适配理论构建了测度指标体系,为新发展格局下优化创新基础设施布局提供实证依据;其次,探讨了创新基础设施提升创新链韧性的内在机制,从知识流动、产业结构与创新环境3个维度揭示其赋能路径;最后,探析创新链韧性提升的非线性动态特征和区域异质性,为制定差异化政策提供理论支撑。但研究仍存在不足,未充分揭示二者间的动态耦合机制,缺乏对适配度与韧性非线性关系的理论阐释。后续将重点完善动态耦合模型,深化适配阈值效应和演化规律的理论探索。

参考文献:

- [1] 白光祖,万劲波,彭现科,等. 强化国家战略科技力量支撑,服务构建新发展格局[J]. 科技导报, 2022, 40(11):6-14.
BAI G Z, WAN J B, PENG X K, et al. Strengthening national strategic scientific and technological power for supporting the creation of new development paradigm[J]. *Science & Technology Review*, 2022, 40(11):6-14.
- [2] LIU Z Q, DENG Y Q. Does Sino-US trade friction hurt corporate resilience? :evidence from Chinese enterprises [J/OL]. *The Journal of International Trade & Economic Development*, (2024-07-24). <https://doi.org/10.1080/09638199.2024.2378953>.
- [3] 洪银兴. 促进创新链与产业链深度融合[J]. 中国科技奖励, 2020(10):63-65.
HONG Y X. Promote the deep integration of innovation chain and industrial chain[J]. *China Awards for Science and Technology*, 2020(10):63-65.
- [4] GAO J X, BARZEL B, BARABÁSI A L. Universal resilience patterns in complex networks[J]. *Nature*, 2016, 530(7590):307-312.
- [5] VAN DER LOOS A, FRENKEN K, M, et al. On the resilience of innovation systems[J]. *Industry and Innovation*, 2024, 31(1):42-74.
- [6] 黄庆礼,赵紫威,王灿,等. 依托创新基础设施集群培育未来产业的思考[J]. 中国科学院院刊, 2024, 39(7):1163-1171.
HUANG Q L, ZHAO Z W, WANG C, et al. Thoughts on fostering industries of the future based on innovation infrastructure clusters[J]. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2024, 39(7):1163-1171.
- [7] 宋敏,刘欣雨. 创新基础设施建设推动制造业碳减排发展:机理与证据[J]. 南京大学学报(哲学·人文科学·社会科学), 2023, 60(6):112-126.
SONG M, LIU X Y. Innovation infrastructure construction promoting development of carbon emission reduction in manufacturing industry: mechanism and evidence[J]. *Journal of Nanjing University (Philosophy·Humanities·Social Sciences)*, 2023, 60(6):112-126.
- [8] 范道宽. 我国科技基础条件平台的运行机理与机制建设研究[J]. 当代经济, 2010, 27(21):117-119.
FAN D C. Research on the operating mechanism and mechanism construction of China's science and technology infrastructure platform[J]. *Contemporary Economics*, 2010, 27(21):117-119.
- [9] PAN X F, GUO S C, LI M N, et al. The effect of technology infrastructure investment on technological innovation: a study based on spatial durbin model[J]. *Technovation*, 2021, 107:102315.
- [10] HU M C, MATHEWS J A. National innovative capacity in east Asia[J]. *Research Policy*, 2005, 34(9):1322-1349.
- [11] 姚冠辉,郑晓年. 面向“十四五”谋篇布局统筹推进创新基础设施建设[J]. 中国科学院院刊, 2020, 35(11):1366-1372.
YAO G H, ZHENG X N. Structuring and organizing for 14th Five-Year Plan, balancedly promoting the construction of innovation infrastructure[J]. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2020, 35(11):1366-1372.
- [12] 张娅薇,宋佳,李军,等. 轨交站点地区出行行为与空间环境适配性评价研究:以武汉市居住型站点为例[J]. 城市问题, 2020(11):23-35.
ZHANG Y W, SONG J, LI J, et al. Urban construction and development study on adaptability evaluation of travel behavior and space environment in rail transit station area: take Wuhan residential site as an example[J]. *Urban Problems*, 2020(11):23-35.
- [13] 袁娇,王敏. 税收制度与数字经济的适配性:适配逻辑、适配向度及改革前瞻[J]. 税务研究, 2024(10):17-23.
YUAN J, WANG M. On the adaptability of tax system with digital economy: logic, dimension and reform prospects[J]. *Taxation Research*, 2024(10):17-23.
- [14] 唐玲玲,冯华. 创新基础设施对经济高质量发展的影响:基于协同效应视角[J]. 科技进步与对策, 2024, 41(6):

- 63-74.
TANG L L, FENG H. The impact of innovation infrastructure on high-quality economic development: the perspective of synergy effect[J]. *Science & Technology Progress and Policy*, 2024, 41(6):63-74.
- [15] 李平, 黎艳. 科技基础设施对技术创新的贡献度研究: 基于中国地区面板数据的实证分析 [J]. *研究与发展管理*, 2013, 25(6):92-102.
LI P, LI Y. Contribution of S & T infrastructure to technological innovation: an empirical analysis based on China's regional panel data[J]. *R & D Management*, 2013, 25(6):92-102.
- [16] 刘家树, 张慧, 周梦琦. 多主体协同增强区域创新生态系统韧性的机制研究: 基于知识流动视角 [J]. *财贸研究*, 2024, 35(10):31-43.
LIU J S, ZHANG H, ZHOU M Q. Research on the mechanism of multi-agent collaboration to enhance the resilience of regional innovation ecosystem: based on the perspective of knowledge flow[J]. *Finance and Trade Research*, 2024, 35(10):31-43.
- [17] 赵增耀, 周晶晶, 沈能. 金融发展与区域创新效率影响的实证研究: 基于开放度的中介效应 [J]. *科学学研究*, 2016, 34(9):1408-1416.
ZHAO Z Y, ZHOU J J, SHEN N. An empirical study on the impact of financial development and regional innovation efficiency: based on the mediation effect of opening degree[J]. *Studies in Science of Science*, 2016, 34(9):1408-1416.
- [18] 李卉妍, 王树恩, 吴健林. 区域创新系统环境风险评价研究 [J]. *科学管理研究*, 2009, 27(1):5-8.
LI H Y, WANG S E, WU J L. Research on evaluation of regional innovation system environmental risk[J]. *Scientific Management Research*, 2009, 27(1):5-8.
- [19] 王威. 适度超前开展新型基础设施建设的重点方向和关键路径 [J]. *新经济导刊*, 2023(6):52-57.
WANG W. The key direction and key path of developing new infrastructure construction in a moderate advance[J]. *New Economy Weekly*, 2023(6):52-57.
- [20] 周兰兰. 韧性城市建设视角下的城市更新策略分析 [J]. *城市开发*, 2025(9):98-100.
ZHOU L L. Analysis of urban renewal strategy from the perspective of resilient city construction[J]. *Urban Development*, 2025(9):98-100.
- [21] 孙金花, 夏一平, 胡健. 知识流动视角下协同创新联盟二元粘性对创新绩效的影响: 一个有中介的调节模型 [J]. *科技进步与对策*, 2020, 37(22):106-115.
SUN J H, XIA Y P, HU J. The influence of collaborative innovation alliance dual stickiness on innovation performance with knowledge flow: a mediated regulation model[J]. *Science & Technology Progress and Policy*, 2020, 37(22):106-115.
- [22] 薛伟贤, 孙姝羽. 组织信息化环境下知识流动对组织创造力的影响 [J]. *科技进步与对策*, 2019, 36(17):128-135.
XUE W X, SUN S Y. The effect of knowledge flow on organization creativity in organizational information environment[J]. *Science & Technology Progress and Policy*, 2019, 36(17):128-135.
- [23] DE SILVA M, HOWELLS J, MEYER M. Innovation intermediaries and collaboration: knowledge based practices and internal value creation[J]. *Research Policy*, 2018, 47(1):70-87.
- [24] 蔡晓琳, 方凯. 数字经济对区域创新能力的影响机制: 基于知识流动与区域创新环境作用的分析 [J]. *科技管理研究*, 2024, 44(19):95-103.
CAI X L, FANG K. The impact mechanism of digital economy on regional innovation capability: analysis based on the roles of knowledge flow and regional innovation environment[J]. *Science and Technology Management Research*, 2024, 44(19):95-103.
- [25] 宁陆涛, 穆世俊. 发展创新基础设施 支撑价值共同创造 [J]. *今日科苑*, 2023(6):1-2.
NING L T, MU S J. Developing innovative infrastructure to support value co-creation[J]. *Modern Science*, 2023(6):1-2.
- [26] 李晓华. 面向智慧社会的“新基建”及其政策取向 [J]. *改革*, 2020(5):34-48.
LI X H. New infrastructure construction and policy orientation for a smart society[J]. *Reform*, 2020(5):34-48.
- [27] 马海燕, 于孟雨. 产品复杂度、产品密度与产业升级: 基于产品空间理论的研究 [J]. *财贸经济*, 2018, 39(3):123-137.
MA H Y, YU M Y. Empirical study on product complexity, product density and industrial upgrading: based on product space view[J]. *Finance & Trade Economics*, 2018, 39(3):123-137.
- [28] 种照辉, 覃成林, 招汶珊. “新基建”对区域经济韧性的影响研究 [J]. *统计与信息论坛*, 2023, 38(12):25-36.
ZHONG Z H, QIN C L, ZHAO W S. Research on the impact of “new infrastructure” on regional economic resilience[J]. *Journal of Statistics and Information*, 2023, 38(12):25-36.
- [29] 王勇, 张耀辉. 创业水平对产业结构升级的影响 [J]. *经济问题*, 2022(2):69-78.
WANG Y, ZHANG Y H. The influence of entrepreneurship level on the upgrading of industrial structure[J]. *On Economic Problems*, 2022(2):69-78.
- [30] 赵彦飞, 李雨晨, 陈凯华. 国家创新环境评价指标体系研究: 创新系统视角 [J]. *科研管理*, 2020, 41(11):66-74.
ZHAO Y F, LI Y C, CHEN K H. Research on the evaluation index system of national innovation environment: a perspective of innovation system[J]. *Science Research Management*, 2020, 41(11):66-74.
- [31] 陈凯华, 寇明婷, 官建成. 中国区域创新系统的功能状态检验: 基于省域 2007—2011 年的面板数据 [J]. *中国*

- 软科学, 2013(4):79-98.
- CHEN K H, KOU M T, GUAN J C. Testing the functional status of China's regional innovation systems based on a panel dataset over 2007—2011 year period[J]. *China Soft Science*, 2013(4):79-98.
- [32] COOKE P, GOMEZ URANGA M, ETXEBARRIA G. Regional innovation systems: institutional and organisational dimensions[J]. *Research Policy*, 1997, 26(4/5):475-491.
- [33] MIA M A, NASRIN S, CHENG Z. Quality, quantity and financial sustainability of microfinance: does resource allocation matter?[J]. *Quality & Quantity*, 2016, 50(3):1285-1298.
- [34] AUTIO E, KENNEY M, MUSTAR P, et al. Entrepreneurial innovation: the importance of context[J]. *Research Policy*, 2014, 43(7):1097-1108.
- [35] 刘家树, 顾为都. 数字技术影响城市经济韧性的机制与效应: 基于中国 265 个城市的实证检验 [J]. *江淮论坛*, 2023(2):67-73.
- LIU J S, GU W D. Mechanism and effect of digital technology on urban economic resilience: an empirical test based on 265 cities in China[J]. *Jianghuai Tribune*, 2023(2):67-73.
- [36] 杨浩昌, 钟悦, 钟时权, 等. 数智化对创新生态系统韧性的影响研究: 基于“本地-邻地”的视角 [J/OL]. *科技进步与对策*, (2025-03-19). <http://kns.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?filename=KJJB20250318001&dbname=CJFD&dbcode=CJFQ>.
- YANG H C, ZHONG Y, ZHONG S Q, et al. Research on the impact of digital intelligentization on the resilience of innovation ecosystem: based on the perspective of “local-neighborhood” [J/OL]. *China Industrial Economics*, (2025-03-19). <http://kns.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?filename=KJJB20250318001&dbname=CJFD&dbcode=CJFQ>.
- [37] 克魁, 袁帅, 丁煜莹. 新质生产力对创新生态系统韧性的影响研究 [J]. *工业技术经济*, 2024, 43(12):151-160.
- KE H, YUAN S, DING Y Y. Research on the impact of new quality productivity on the resilience of innovation ecosystems[J]. *Journal of Industrial Technology and Economy*, 2024, 43(12):151-160.
- [38] 温忠麟, 叶宝娟. 中介效应分析: 方法和模型发展 [J]. *心理科学进展*, 2014, 22(5):731-745.
- WEN Z L, YE B J. Analyses of mediating effects: the development of methods and models[J]. *Advances in Psychological Science*, 2014, 22(5):731-745.
- [39] 刘家树, 田中锐, 董津津. 不同类型科技服务对区域创新生态系统韧性的影响机制研究 [J]. *科技进步与对策*, 2025, 42(6):23-33.
- LIU J S, TIAN Z R, DONG J J. The mechanism of different types of technology services affecting the resilience of regional innovation ecosystems[J]. *Science & Technology Progress and Policy*, 2025, 42(6):23-33.
- [40] 张自然, 马原, 杨玉玲. 新质生产力背景下中国新型基础设施的测度与分析 [J]. *经济与管理研究*, 2024, 45(8):17-39.
- ZHANG Z R, MA Y, YANG Y L. Measurement and analysis of China's new infrastructure in the context of new quality productive forces[J]. *Research on Economics and Management*, 2024, 45(8):17-39.
- [41] 袁健, 张所地. 知识流动与城市绿色创新效率: “新基建”的调节效应 [J]. *城市问题*, 2024(8):64-73.
- YUAN J, ZHANG S D. Knowledge flow and urban green innovation efficiency: the moderating effect of “New Infrastructure”[J]. *Urban Problems*, 2024(8):64-73.
- [42] 任翼. 中国产业结构变迁对经济增长和波动的影响 [J]. *纳税*, 2021, 15(33):135-137.
- REN Y. The influence of industrial structure changes on economic growth and fluctuation in China[J]. *Tax Paying*, 2021, 15(33):135-137.
- [43] 胡骋来, 屠立峰, 乔桂明. 长三角数字金融环境对区域科技创新的影响分析 [J]. *苏州大学学报 (哲学社会科学版)*, 2022, 43(3):41-51.
- HU C L, TU L F, QIAO G M. The impact of digital financial environment on regional scientific and technological innovation in the Yangtze River Delta[J]. *Journal of Soochow University (Philosophy & Social Science Edition)*, 2022, 43(3):41-51.
- [44] 顾江, 陈璐. 数字新基建、区域创新与文化消费升级 [J]. *江海学刊*, 2024(1):85-92,255.
- GU J, CHEN L. Digital infrastructure, regional innovation and cultural consumption upgrade[J]. *Jianghai Academic Journal*, 2024(1):85-92,255.
- [45] 蔡延泽, 龚新蜀, 靳媚. 数字经济、创新环境与制造业转型升级 [J]. *统计与决策*, 2021, 37(17):20-24.
- CAI Y Z, GONG X S, JIN M. Digital economy, innovation environment and transformation and upgrading of manufacturing industry[J]. *Statistics & Decision*, 2021, 37(17):20-24.
- [46] 沈小波, 陈语, 林伯强. 技术进步和产业结构扭曲对中国能源强度的影响 [J]. *经济研究*, 2021, 56(2):157-173.
- SHEN X B, CHEN Y, LIN B Q. The impacts of technological progress and industrial structure distortion on China's energy intensity[J]. *Economic Research Journal*, 2021, 56(2):157-173.
- [47] TEECE D J. Explicating dynamic capabilities: the nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance[J]. *Strategic Management Journal*, 2007, 28(13):1319-1350.
- [48] FURMAN J L, PORTER M E, STERN S. The determinants of national innovative capacity[J]. *Research Policy*, 2002, 31(6):899-933.