**引用格式**：杨承佳，王廷梅，邹确. 科技创新与产业创新融合协调评价、时空演化与收敛特征研究[J]. 技术经济，2026，45(7)：64-82.
Yang Chengjia，Wang Tingmei，Zou Que. Research on the integration and coordination evaluation，spatio-temporal evolution，and convergence characteristics of scientific innovation and industrial innovation[J]. Journal of Technology Economics，2026，45(7)：64-82.

# 科技创新与产业创新融合协调评价、时空演化与收敛特征研究

杨承佳，王廷梅，邹 确
（贵州大学经济学院，贵阳 550025）

**摘 要**：当前，科技创新和产业创新融合发展、同频共振，是发展新质生产力的一体两翼。基于熵值法与耦合协调度模型构建综合评价体系，测度中国31个省份（因数据缺失，不包括港澳台地区）2012—2023年科技创新与产业创新融合发展水平，并借助Dagum基尼系数分解、Kernel密度估计、Moran's *I* 指数及空间收敛模型，探讨二者融合发展水平的区域差异、时空演化及收敛性特征。研究发现：中国科技创新与产业创新融合发展水平总体呈逐年增长的时间趋势和“东高西低”的空间特征；二者融合发展水平的区域差距呈现不断上升态势，东部地区区域内差距最大，东部与西部地区区域间差距最大，总体差异主要来源于区域间差异；整体融合水平由低值的相对分散向高值的高度集聚变化，非均衡性明显上升，中部、西部和东北地区均出现多极化特征；正向空间聚集效应显著，全国及四大区域均存在绝对$\beta$收敛和条件$\beta$收敛。研究有助于明晰中国科技创新与产业创新融合现状，高效配置创新发展资源，优化经济结构、增强发展协调性，为构建新发展格局提供有力支撑。

**关键词**：科技创新；产业创新；融合发展；时空演化；收敛性
**中图分类号**：F49；F271 **文献标志码**：A **文章编号**：1002-980X(2026)07-0064-19
**DOI**：10.12404/j.issn.1002-980X.J26022304

## 一、引言

当前，世界百年未有之大变局加速演进，多重风险交织对中国经济构成严峻挑战。一方面，以美国为首的西方发达国家对华实施关键技术封锁，加剧了全球产业链与供应链脱钩风险；另一方面，俄乌冲突等地缘政治动荡持续冲击国际政治经济秩序，外部环境更加复杂严峻。与此同时，以人工智能为代表的颠覆性技术加速渗透至各领域，在重塑人类生产生活方式的同时，亦带来新的认知风险和挑战。在此背景下，推动科技创新与产业创新深度融合，不仅是中国经济实现高质量发展的必由之路，更是新形势下应对风险挑战、把握战略主动的时代使命与必然选择。

在国际技术封锁与中国科技自立自强的背景下，推动科技创新与产业创新深度融合，已成为增强产业链与供应链韧性、保障国家经济安全的核心路径，也是加速培育新质生产力、构建现代化产业体系的内在要求，更是扎实推进中国式现代化、推动经济实现高质量发展的战略支撑。《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》明确提出，加强创新资源统筹和力量组织，推动科技创新和产业创新融合发展。习近平总书记在全国科技大会、国家科学技术奖励大会、两院院士大会上强调，要扎实推动科技创新和产业创新深度融合，助力发展新质生产力，指出融合的基础是增加高质量科技供给，融合的关键是强化企业科技创新主体地位，融合的途径是促进科技成果转化应用。2024年中央经济工作会议就“推动科技创新和产业创新融合发展”作出进一步部署，并将以科技创新引领新质生产力发展，建设现代化产业体系作为重点任务之一。党的二十届四中全会强调，加快高水平科技自立自强，引领发展新质生产力，要加强原始创新和

**收稿日期**：2026-02-23
**基金项目**：贵州省高校人文社会科学研究项目“贵州数字经济与实体经济深度融合的创新模式研究”（2025RW028）
**作者简介**：杨承佳（1989—），博士，贵州大学经济学院讲师，硕士研究生导师，研究方向：数字经济与数字化转型；王廷梅（1996—），贵州大学经济学院硕士研究生，研究方向：数字经济；邹确（2001—），硕士，贵州大学经济学院，研究方向：数字经济。

关键核心技术攻关，推动科技创新和产业创新深度融合。

科技创新是引领社会系统性变革与产业高质量现代化的根本引擎[1]。产业创新则构成了科技成果向经济增长转化的核心环节。二者之间具有显著的协同共生关系，即科技创新为产业升级提供持续动力，产业创新则为科技突破创造应用场景与发展空间。二者的深度融合，不仅是提升产业核心竞争力的战略路径，更是构建“科技强—产业强—经济强”良性循环的关键枢纽。通过强化二者的协同效应，能够有效推动技术、产品与产业之间的迭代升级，为经济高质量发展注入持续内生动力，加速新质生产力的形成与发展。2024 年全社会研发支出总额超过 3.6 万亿元，相比 2020 年增幅达 48%；研发投入强度进一步提升至 2.68%，高于欧盟国家整体均值；研发人员规模持续保持全球领先[2]。中国在量子信息、生命科学、物质结构、空间探测等前沿领域实现多项原创性突破，高水平国际论文发表量和国际专利申请量连续五年位列全球首位。此外，在全球工业研发投入 2000 强企业中，中国大陆地区有 524 家企业入围，占比达 26.2%；高新技术企业数量突破 50 万家，较 2020 年增长 83%[3]。自“十四五”规划实施以来，中国已建成基础型智能工厂超 3.5 万家、卓越级工厂 230 余家及 5G 智能化工厂 1260 家，工业机器人新装机量在全球总量中的占比超 50%[4]。2024 年智能消费设备制造行业增加值增长 10.9%，智能车载设备和无人飞行器制造增长分别达到 25.1%和 53.5%[5]。

由此可见，中国已将“科技创新与产业创新融合”上升到国家战略部署，着力推进科技强国建设与产业体系现代化协同发展。然而，现有研究在理论与方法上仍存在一定局限。理论层面，已有文献围绕科技创新与产业创新融合的理论逻辑、典型模式、实现机制与实践路径等进行了较为丰富的探讨，但对二者双向反馈、动态协同及耦合演进过程的系统性阐释仍显不足。方法层面，现有成果多侧重于定性分析，对融合程度的实证测度及时空演变规律、收敛特征等方面的量化研究相对欠缺，尚难以全面识别其区域分异特征和动态演进趋势，从而制约了差异化政策体系的构建。为此，本文在系统阐述科技创新与产业创新耦合机理的基础上，构建涵盖多维度的评价指标体系，运用耦合协调度模型测度二者融合水平，并进一步借助 Dagum 基尼系数分解法、核密度估计法和计量模型对科技创新与产业创新融合发展的时空演变规律、收敛性特征等加以讨论，构建科技创新与产业创新深度融合路径。

## 二、文献综述

### （一）科技创新赋能产业发展研究

关于科技创新赋能产业发展，学术界做了大量研究。国外学者的研究主要侧重于讨论科技创新驱动产业调整与发展的过程和形式。有学者认为技术创新加速了新产品的开发与成熟，并通过持续优化最终实现其市场转化，进而取代原有落后技术及相应产业形态[6]。产业转型与升级本质上是新旧技术迭代的结果，而创新正是推动这一替代过程的关键动力[7]。科技创新能够驱动过程创新和产品创新，推动产业规模持续扩大，加剧新旧业态之间的竞争态势，最终促进新型产业体系的形成[8]。国内学者关于科技创新对产业转型和发展的影响研究主要侧重于讨论科技创新如何影响三次产业之间的调整及产业结构高级化[9]、科技创新如何驱动产业转型升级绩效[10]、科技创新驱动产业转型的路径与对策[11-12]三个方面。科技创新为产业转型和发展提供新动能，主要体现在以科技创新驱动代替传统要素驱动优势已逐步显现，科技创新可以通过引进、消化、吸收新技术，带来产业集聚、效率提升，有利于产业转型升级和发展。

### （二）产业的科技创新能力研究

产业的科技创新能力作为国家综合实力的关键表征，亦是衡量企业科技创新能力的重要尺度[13]。基于此，部分学者将研究视角转向产业范畴，重点关注科技创新能力的构成及其量化评估。从现有文献来看，相关研究多集中于高技术领域，已有成果可归纳为三类：一是对高新技术产业创新能力的评价研究。例如，王洪庆和侯毅[14]运用改进的熵值法，对全国 18 个高技术产业的技术创新能力进行量化比较；杨武和田雪姣[15]采用古典循环与增长率循环的合成指数法，对高技术产业创新能力进行测算；易明等[16]基于随机前沿生产函数模型，对高技术产业创新效率进行了统计测度。二是产业创新能力的构成要素探究。例如，张冀新和胡维丽[17]从研发创新、转化创新、产品创新、载体创新等维度构建战略性新兴产业创新能力评价指标体

系;任继球等[18]认为要以产业结构优化和产业升级为转换路径,协同推进市场需求拓展转换、产业技术迭代转换、产业组织提升转换,继而促进国内产业技术创新体系重构。三是高技术产业创新发展的时空演化分析。例如,吴和成和李翠[19]通过增强型罗素测量模型评估高技术产业技术创新效率,并进一步结合核密度估计与泰尔指数展开深入探讨;毛炜圣等[20]关注了长江经济带战略性新兴产业,利用核密度分析方法考察了2001—2016年产业创新能力的时空演变格局;刘亦文和欧阳莹[21]则聚焦于新一代信息技术产业,借助核密度估计与马尔科夫链等方法揭示了其创新效率的动态演化规律。

**(三)科技创新与产业创新融合研究**

科技创新是驱动技术突破的核心动力,产业创新则是促进产业转型升级的内生力量,二者的深度融合共同决定现代经济体系的发展方向。关于科技创新与产业创新融合的研究可以进一步划分为定性研究和定量研究两类。从定性研究来看,已有文献主要围绕二者融合的基础逻辑、典型模式和机制路径展开。基础逻辑方面,周军和吴红[22]指出,科技创新与产业创新互为需求、彼此促进,科技创新能够为产业创新提供技术底座,产业创新则为科技创新提供转化载体,二者融合体现为技术进步、要素协同和产业升级的共同作用。典型模式方面,卞元超和白俊红[23]从马克思主义政治经济学视角出发,探讨了新型举国体制下科技创新与产业创新深度融合的理论逻辑、典型模式与政府作为,认为应以国家重大战略需求为牵引,形成“有为政府、有效市场和有责任社会主体”协同推进的融合模式。机制路径方面,王伟光和白雪飞[24]讨论了科技创新与产业创新深度融合的关系、模式与机制,认为原创性颠覆性技术研发机制、战略性技术创新组织机制、重大科技成果转化机制及创新人才培养与引进机制是推动二者融合的重要保障。杜传忠和李钰葳[25]指出,科技创新与产业创新深度融合的实现机制涵盖创新主体协同、资源要素流通、创新链与产业链衔接、高能级创新平台支撑、数智技术赋能及政策协同等多个方面。从定量研究来看,已有文献主要围绕融合发展水平测度、时空演化特征、空间差异分解和影响因素识别展开。例如,赵放等[26]以高技术产业为研究对象,借助耦合协调度模型,对2012—2022年中国30个省份(因数据缺失,未包括西藏和港澳台地区)科技创新与高技术产业创新耦合协调水平进行测度分析;袁金星[27]利用2013—2023年中部六省的面板数据,分析科技创新和产业创新耦合协调度时序变化、区域差异演化特征及识别相关障碍因素;孙莉等[28]基于2013—2023年省级面板数据,从耦合协调水平、时空演变规律和优化路径等方面对科技创新与产业创新融合发展进行统计测度。

综上所述,现有研究围绕科技创新与产业创新已展开较为充分的探讨,为本文奠定了良好的理论基础。已有定性研究从基础逻辑、典型模式、机制路径和现实困境等方面揭示了二者融合的基本规律;定量研究则对二者融合发展水平及其空间差异、动态演进和影响因素进行了初步探索。然而,现有研究仍存在以下不足:其一,现有研究从理论层面对科产融合的相关问题进行了初步探讨,但对二者双向反馈、动态协同及耦合演进过程的系统性阐释仍相对有限;其二,现有研究较多关注融合水平测度、空间分异和影响因素识别,而对不同区域融合发展的空间集聚、收敛特性等方面的量化研究则较为欠缺。为此,本文选取中国31个省份(因数据缺失,未包括港澳台地区)作为研究样本,在系统阐释科技创新与产业创新耦合机理的基础上,构建科技创新与产业创新融合发展水平评价指标体系,基于耦合协调度模型对其进行测度,综合运用Dagum基尼系数分解法、核密度估计法和计量模型对科技创新与产业创新融合发展的时空演变规律、收敛性特征等进行深入探索,以期为推动科技创新与产业创新深度融合提供参考依据。

## 三、研究模型

**(一)耦合协调关系的三重属性**

科技创新与产业创新融合发展是实现经济高质量发展、培育形成新质生产力的必然要求[29]。科技创新为产业创新提供知识储备和技术支撑,产业创新则为科技创新提供市场需求和实践平台,促进科技成果转化和应用,二者彼此牵引、相互促进、协同共振。其耦合协调的本质,在于实现科技供给与产业需求的精准匹配,依托产业升级反哺科技研发,进而在动态互动中构建结构化共生体系,推动从技术突破到产业价值实现的跃迁。相较于以往单向创新扩散机制,二者通过“技术突破—需求重构—资源重塑”的循环机制实现深

度融合。科技创新与产业创新耦合协调有三重属性。

一是技术突破性。根据技术经济范式理论，技术革命将引发产业发展路径的根本性重构，关键技术的嵌入及其持续迭代演进，贯穿于产业结构升级与生产方式变革的全过程，能够为经济动能转换开辟新空间[22]。在此过程中，科技创新作为根本动力，为产业创新奠定基础性技术支撑。一方面，突破式新技术凭借其规模报酬递增特性，在很大程度上能够优化企业成本结构，对产业创新的整体效益产生积极影响；另一方面，科技创新成果在跨行业、跨部门的应用能够产生“乘数效应”，促进就业形式的多样化并扩展创业的可能性空间。通用目的技术作为经济增长的核心引擎，因其广泛适用和高度渗透的特征，在实现革命性突破后能够迅速向大部分企业扩散，催生大量新兴就业岗位与创业机会，展现出明显的就业拉动效应[30]。新技术的引入也对从业人员和创业者的知识技能提出更高要求，推动劳动力素质的整体提升与创业质量的持续改善，从而优化产业中劳动、资本等要素的配置效率[31]。此外，多要素的优化组合有助于充分释放技术应用潜力，进而提升生产效率与产业发展效益。通用目的技术的突破将引发一系列关联技术与外围技术的协同创新，形成技术集群效应，并催生兼具成本与效用优势的新型生产要素。通过新技术与新要素的系统整合，可形成优势互补的协同机制，进而实现资源在产业创新过程中的优化配置，推动产业创新效率达到帕累托最优状态。

二是需求导向性。不同形态的创新活动将通过多元路径驱动市场需求的结构性变迁，而需求结构的变化又进一步催生新兴行业的形成与发展。从内需构成来看，包括消费与投资两个维度。消费层面，消费者的偏好逐渐从对产品与服务的一般性追求，转向更强调个性化和定制化的价值诉求。这一需求结构的持续升级，倒逼企业突破原有标准化、规模化的生产模式，围绕个性化与定制化方向，重构其技术体系与业务形态。投资层面，投资意愿作为产业发展的“风向标”，其需求的增强，反映了市场对产业前景的积极预期，进而引导要素资源加速向具备颠覆性创新潜力的新兴领域集聚，为这些领域的前瞻性发展提供必要的资本支持。在资本赋能下，处于成长初期的新兴产业可依托新技术创新实现跃升，孕育出更加多元化的产业形态，进而推动产业体系的结构优化[32]，并通过不断的技术迭代推动产业模式向更深层次演进。

三是系统耦合性。科技创新与产业创新的耦合协调是一项涉及多要素、多层次的复杂系统工程，需构建有效的驱动与支撑机制以确保其有序推进。所谓耦合协调机制，是指推动科技与产业相互赋能、协同发展的一系列制度安排与运行模式，其核心在于消除科技创新成果向产业应用转化过程中的各类障碍，强化技术供给与市场需求、产业升级之间的有机衔接，进而实现科技成果的高效转化与产业化应用[25]。具体而言，科技创新与产业创新依托于知识溢出、资源整合与制度协同三大路径，逐步形成跨领域、多层次的协同创新网络。在知识溢出层面，两大系统通过跨界融合形成“创新主体共生”机制，促进不同主体间的协同发展。在资源整合层面，科技与产业创新体系依赖于各类创新要素在网络内的畅通流动与高效循环，通过促进资源在不同主体和环节间的合理流动，提升创新体系的整体效能。在制度协同层面，科技政策与产业政策的统筹协调打破了“科技-产业”二元分离的格局[33]，两大系统既依赖于市场在资源配置中的调节作用，也离不开政策体系的引导与支撑，尤其是科技政策与产业政策的协调推进。

**（二）两大系统耦合协调的理论核心机制**

随着新一轮科技革命和产业变革深入推进，科技创新与产业创新的互动模式逐渐由早期“科技供给—产业应用”的单向扩散逻辑，转向“科技创新与产业创新双向赋能”的共生演化逻辑。科技创新侧重知识创造、技术突破和成果转化，产业创新侧重产品开发、结构优化和转型升级，二者在技术供给、需求反馈和要素循环中形成持续互动。科技创新为产业创新提供新技术、新产品和新平台，产业创新则通过市场需求、应用场景和产业反馈牵引科技创新方向，由此构成“技术供给—产业承接—需求反馈—技术迭代”的动态循环。

科技创新对产业创新具有正向赋能作用，其作用路径主要体现在技术革新、成果转化和环境支撑三个方面。

一是技术革新推动产品研发创新。科技创新投入是技术供给能力形成的基础，研发经费、研发人员和

财政科技支出共同决定了技术积累和知识创造水平。新技术革命下,人工智能、数字技术等通用技术不断嵌入研发设计、试验验证和生产优化环节,能够缩短产品研发周期、降低试错成本,提高企业对市场需求变化的响应能力[34]。在产业端,这种技术供给会转化为新产品开发经费、新产品项目和企业技术创新的提升,推动企业从低成本竞争转向提升技术含量和产品价值。由此,科技创新投入构成产业产品研发创新的重要前提,推动产业创新由要素驱动转向技术驱动。

二是成果转化促进产业结构优化。科技创新成果只有通过市场化转化进入产业体系,才能真正转化为现实生产力。发明专利、技术市场成交额和新产品销售收入,反映了科技成果从知识形态向产业价值形态转化的能力。科技成果的扩散能够推动资源从低效率部门流向高效率部门,并促进产业结构合理化、高级化和高效化。科技创新与产业创新深度融合并非简单的技术外溢,而是科技成果在产业内部扩散、应用和再组合的过程[35]。因此,科技创新成果转化水平越高,越有利于提升产业技术复杂度和附加值水平,推动产业结构优化升级。

三是创新环境支撑产业转型升级。科技创新环境决定了技术扩散、主体成长和要素流动的外部条件。互联网基础设施、高等教育人才储备和科技企业孵化平台,能够为产业数字化、信息化和绿色化转型提供基础支撑。新型基础设施和创新平台降低了企业技术应用门槛,强化了创新主体之间的知识连接和资源匹配[36]。在此基础上,数字技术、信息技术和绿色技术得以更快嵌入产业系统,推动产业向数字化、信息化、绿色化、可控化和开放化方向演进,提高产业转型升级水平。

产业创新对科技创新具有反向赋能作用,其作用路径主要体现为需求牵引、产业结构反馈和场景拓展三个方面。

一是产品研发创新牵引科技资源配置。产业创新首先表现为企业围绕市场变化开展新产品开发和技术改进。新产品开发经费、新产品项目和企业技术创新活跃度,反映了产业端对新技术、新工艺和新产品的现实需求。需求引致创新理论强调,市场需求变化会影响技术创新方向,并推动创新资源向具有现实应用价值的领域集聚[37]。因此,产业端产品研发越活跃,越能够向科技创新系统传递明确的问题导向,促使研发经费、研发人员和公共科技资源向关键产业环节和核心技术领域集中,提高科技创新投入的产业适配性。

二是产业结构优化反馈科技成果转化方向。产业结构合理化、高级化和高效化,反映了产业系统对科技成果的吸收能力和选择能力。产业结构越合理,科技成果在不同产业部门之间的扩散阻力越小;产业结构越高级,对高质量专利、关键共性技术和前沿技术成果的需求越强;产业结构越高效,技术应用越容易转化为劳动生产率提升和经济效益改善。科技创新和产业创新的融合过程,本质上是科技供给与产业需求相互匹配、相互校正的过程[38]。产业结构优化不仅是科技创新赋能产业发展的结果,也会反向筛选科技成果类型,推动科技创新从数量扩张转向质量提升。

三是产业转型升级拓展科技创新应用场景。产业数字化、信息化、绿色化、可控性和开放性发展,为科技创新提供了更加丰富的应用场景。数字化转型带动数据处理、智能算法和工业互联网等技术迭代。绿色化转型强化节能减排、清洁生产和低碳工艺等技术需求。开放竞争则倒逼企业提高自主创新能力和技术标准适配能力。这些转型需求不断生成新的技术问题和应用场景,并反向推动科技创新环境优化、创新平台建设和科技成果扩散。产业转型升级要求科技创新围绕真实产业场景展开,从而形成以产业应用牵引科技创新、以科技创新支撑产业升级的双向循环[39]。

科技创新与产业创新双向赋能的核心在于科技供给与产业需求之间形成循环适配机制。科技创新投入、成果和环境共同构成技术供给体系,推动产品研发创新、产业结构优化和产业转型升级;产业创新则通过产品研发需求、结构调整反馈和应用场景拓展,反向牵引科技创新资源配置、成果转化方向和创新环境完善。二者在持续互动中形成由“科技创新—产业创新—科技再创新”构成的螺旋式演进过程。

科技创新与产业创新耦合协调分析框架如图1所示。

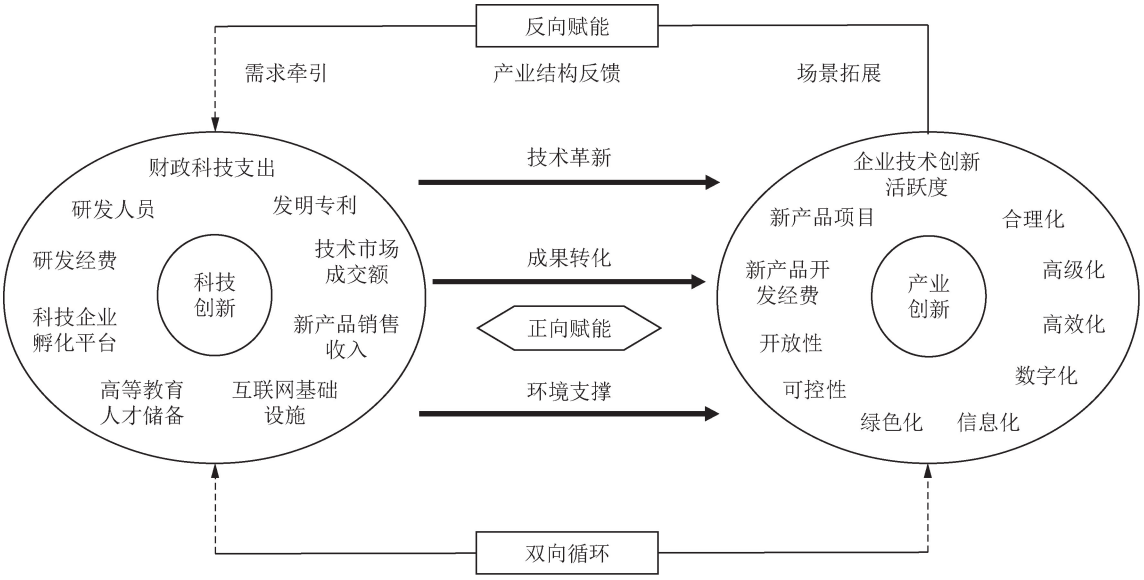



**图 1　科技创新与产业创新耦合协调分析框架**

## 四、研究方法与评价指标体系

### （一）研究方法

#### 1. 耦合协调度模型

“耦合”是描述系统之间相互作用关系的物理学概念。在学术研究中，耦合度模型衡量不同系统之间的关联程度。然而，仅使用耦合度模型存在一定局限性，为更准确地评估系统间协同状况，便过渡到耦合协调度模型[40-41]。耦合协调度模型计算步骤如下。

（1）指标数据标准化处理。为消除指标存在的不同量纲、数量级所带来的测算偏差，对不同指标数据进行标准化处理，标准化后的结果（$Z'_{kp}$）如式（1）所示。

$$Z'_{kp}=\begin{cases}(Z_{kp}-\min Z_{kp})/(\max Z_{kp}-\min Z_{kp}),\ Z_{kp}>0\\(\max Z_{kp}-Z_{kp})/(\max Z_{kp}-\min Z_{kp}),\ Z_{kp}<0\end{cases} \tag{1}$$

其中：$k$ 为系统类别，当 $k$ 取 $a$ 时，表示科技创新系统；当 $k$ 取 $b$ 时，表示产业创新系统；$Z_{ap}$ 和 $Z_{bp}$ 分别为科技创新和产业创新第 $p$ 个指标的原始值，$p$ 的取值为 $p=1,2,\cdots,n$。

（2）计算综合发展水平。设 $\theta_{ap}$、$\theta_{bp}$ 分别为科技创新系统、产业创新系统第 $p$ 个指标的权重，为避免多指标变量可能出现的信息重叠和主观影响，借鉴张虎和韩爱华[42]的方法，采用信息熵值法确定各项指标的权重，得到科技创新与产业创新的综合发展水平（$U_k$）如式（2）所示。

$$U_k=\sum_{p=1}^{n}\theta_{kp}Z'_{kp},\ \sum_{i=1}^{n}\theta_{kp}=1 \tag{2}$$

（3）计算耦合度和耦合协调度。耦合度 $C$ 的计算方式如式（3）所示，耦合协调度 $D$ 的计算如式（5）所示。

$$C=\left[\frac{U_a\times U_b}{\left(\frac{U_a+U_b}{2}\right)^2}\right]^{\frac{1}{2}} \tag{3}$$

$$L=\omega_1U_a+\omega_2U_b \tag{4}$$

$$D=\sqrt{C\times L} \tag{5}$$

其中：$U_a$ 和 $U_b$ 为两系统各自的综合发展水平，耦合度取值在 0~1，数值大小反映耦合程度高低；$L$ 为综合协调指数，反映系统整体协同效应；$\omega_1$、$\omega_2$ 为待定系数。本文认为科技创新与产业创新同等重要，故 $\omega_1$、$\omega_2$ 均设定为 0.5，耦合协调度同样位于 0~1。

**2. Dagum 基尼系数**

Dagum 基尼系数作为衡量收入分配不均等程度的常用指标,在研究区域差异问题时具备显著优势[43]。它能够对差异来源予以细化,明晰区域差异主要源自地区内部各样本之间,或是地区之间的平均水平差异,抑或其他难以归类的超变因素,以此提高政策的精准性。若地区内差异显著,政策应着重推动地区内的均衡发展;若地区间差异明显,则需强化区域间的协调以及资源的优化配置。式(6)~式(9)分别表示整体基尼系数($G_t$)、地区内差异贡献($G_{ww,t}$)、地区间差异贡献($G_{nb,t}$)和超变密度贡献($G_t^v$)。

$$G_t = \frac{\sum_{r=1}^{4}\sum_{i=1}^{n_r}\sum_{s=1}^{4}\sum_{j=1}^{n_s}|D_{it}^r - D_{jt}^s|}{2\times\sum_{r=1}^{4}n_r\times\sum_{r=1}^{4}n_r\bar{D}_t^r/\sum_{r=1}^{4}n_r} \tag{6}$$

$$G_{ww,t} = \sum_{r=1}^{4}G_{r,t}\times\frac{n_r\bar{D}_t^r}{\sum_{r=1}^{4}n_r\bar{D}_t^r} \tag{7}$$

$$G_{nb,t} = \sum_{r=1}^{4}\sum_{s=1}^{4}G_{rs,t}\times\frac{n_r\bar{D}_t^r}{\sum_{r=1}^{4}n_r\bar{D}_t^r}\times\frac{n_s\bar{D}_t^s}{\sum_{r=1}^{4}n_r\bar{D}_t^r} \tag{8}$$

$$G_t^v = G_t - G_{ww,t} - G_{nb,t} \tag{9}$$

其中:$D_{it}^r$($D_{jt}^s$)为第 $i(j)$ 个省份在第 $t$ 年属于地区 $r(s)$ 的耦合协调度;$r(s)$ 为所在地区;$n_r(n_s)$ 为 $r(s)$ 地区内的省份个数;$\bar{D}_t^r$ 为地区 $r$ 在第 $t$ 年的平均耦合协调度;$G_{r,t}$ 为地区 $r$ 在第 $t$ 年的基尼系数;$G_{rs,t}$ 为地区 $r$ 和地区 $s$ 在第 $t$ 年之间的基尼系数,基尼系数介于 0~1,接近 0 表示区域差异小、资源分配均衡,接近 1 则表明区域差异大、资源集中。

**3. Kernel 密度估计**

Kernel 密度估计在分析融合发展水平的空间分布动态特征上独具优势[44]。该方法能够直观呈现该时段融合发展水平的整体分布格局,涵盖集中趋向、离散程度等;有力捕捉局部特性,甄别高、低协调度的集聚区域;通过不同年份曲线的比对,深度洞悉融合发展水平分布的动态演变,揭示其发展规律;对数据中的异常值和极端情形具备优良的包容性,能给出稳健的分布估测;在缺乏先验分布假设的条件下施行非参数估计,切实反映分布实况,为相关策略的制定提供坚实依据。具体计算公式如(10)所示。

$$f(x) = \frac{1}{T\times N\times h}\sum_{t=1}^{T}\sum_{i=1}^{N}K\left(\frac{D_{it}-x}{h}\right) \tag{10}$$

其中:$f(x)$ 为 $x$ 点的核密度估计值;$T$ 为时间跨度;$N$ 为省份个数;$h$ 为带宽;$D_{it}$ 为第 $i$ 个省份在第 $t$ 年的耦合协调度;$K(\cdot)$ 为高斯核函数。依据区域差异性,将全国分为东部、中部、西部和东北四大区域展开分析。

**4. 空间收敛模型**

在对科技-产业创新融合发展水平的研究中,$\beta$ 绝对收敛能够剖析区域间融合发展水平的变化趋势。趋同趋势和绝对收敛之间存在紧密关联。绝对收敛意味着无论初始条件如何,各个经济体或区域的科技-产业创新融合发展水平会趋于相同的稳态水平。基本公式如(11)所示。

$$\ln\left(\frac{D_{i,t+1}}{D_{it}}\right) = \alpha + \beta\ln D_{it} + \mu_i + \eta_t + \varepsilon_{it} \tag{11}$$

其中:$D_{i,t+1}$ 和 $D_{it}$ 分别为省份 $i$ 在第 $t$+1 和 $t$ 年的耦合协调度;$\ln\left(\frac{D_{i,t+1}}{D_{it}}\right)$ 为省份 $i$ 的耦合协调度在第 $t$+1 年的增长率;$\alpha$ 为常数项;$\mu_i$、$\eta_t$ 和 $\varepsilon_{it}$ 分别为个体固定效应、时间固定效应和随机误差项;$\beta$ 为收敛系数,预期数值显著且为负,表明存在收敛趋势,收敛速度 $\eta = -\ln(1-|\beta|)/T$。该式用于探究各省份融合发展水平是否会随时间推移趋于同一水平。考虑空间相关性,运用空间杜宾模型(SDM),公式如(12)所示。

$$\ln\left(\frac{D_{i,t+1}}{D_{it}}\right)=\alpha+\beta\ln D_{it}+\rho\sum_{j=1}^{n}W_{ij}\ln\left(\frac{D_{i,t+1}}{D_{it}}\right)+\gamma\sum_{j=1}^{n}W_{ij}\ln D_{it}+\mu_i+\eta_t+\varepsilon_{it} \quad (12)$$

其中：$\beta$ 回归系数反映融合发展水平对其增长速率的直接影响程度方向；$\rho$ 为空间自回归系数，表示融合发展水平增长率的空间溢出效应；$\gamma$ 为自变量空间滞后系数，表示融合发展水平的空间溢出效应；$W_{ij}$ 为空间权重矩阵，此处使用空间地理距离矩阵。

空间条件 $\beta$ 收敛是在空间绝对 $\beta$ 收敛的前提上，考虑其他影响因素之后得出的分析结果，公式如(13)所示。

$$\ln\left(\frac{D_{i,t+1}}{D_{it}}\right)=\alpha+\beta\ln D_{it}+\rho\sum_{j=1}^{n}W_{ij}\ln\left(\frac{D_{i,t+1}}{D_{it}}\right)+\gamma\sum_{j=1}^{n}W_{ij}\ln D_{it}+\delta Control_{i,t}+\mu_i+\eta_t+\varepsilon_{it} \quad (13)$$

其中：*Control* 为影响科技创新与产业创新融合发展水平的一系列控制变量；$\delta$ 为控制变量的估计系数。

### (二)指标选取与数据来源

#### 1. 评价指标体系

《国家创新驱动发展战略纲要》与《“十四五”国家科技创新规划》为科技创新发展指明方向。前者确立创新驱动的战略框架，后者聚焦具体指标及创新链产业链融合等关键要素。在评估科技创新水平的研究中，选取科技创新投入、成果和环境作为准则层依据[26,36]。创新投入是创新活动的资源基石，反映了对研发活动的支撑力度；创新成果是创新过程的核心产出，体现了科技转化的实际成效；创新环境则为创新活动营造有利条件，激发创新主体的内生动力与创造活力。在测度产业创新水平时，选取产品研发创新、产业结构优化和产业转型升级作为准则层依据[45-47]。产品研发创新是产业创新的核心引擎，驱动产业技术进步，为产业结构优化创造可能；产业结构优化则促使资源向高附加值环节聚集，为产业转型升级提供有利条件；产业转型升级会反哺产品研发创新，形成“创新—优化—升级—再创新”的良性循环，从而提高整个产业的创新水平。科技创新与产业创新评价指标体系见表1。

#### 2. 指标选取

借鉴相关学者的研究[48-49]，本文选取的控制变量有：经济发展水平(*EF*)，经济发展水平较高的地区通常具备更强的资源配置能力、更完善的产业体系和更充足的创新投入基础，能够为二者融合发展提供资金支持、市场需求和制度保障，以人均 GDP 来表示；数字基础设施(*DF*)，数字基础设施作为创新活动的关键技

**表1　科技创新与产业创新评价指标体系**

| 目标层 | 准则层 | 指标层 | 单位 | 属性 |
|---|---|---|---|---|
| 科技创新 | 科技创新投入 | 规模以上工业企业 R&D 经费 | 万元 | 正 |
| | | 规模以上工业企业 R&D 人员全时当量 | 人年 | 正 |
| | | 地方财政科技支出占比 | — | 正 |
| | 科技创新成果 | 规模以上工业企业发明专利申请数 | 件 | 正 |
| | | 技术市场成交额 | 亿元 | 正 |
| | | 规模以上工业企业新产品销售收入 | 万元 | 正 |
| | 科技创新环境 | 互联网宽带接入用户 | 万户 | 正 |
| | | 每十万人口高等学校平均在校生数 | 人 | 正 |
| | | 科技企业孵化器数量 | 个 | 正 |
| 产业创新 | 产品研发创新 | 规模以上工业企业开发新产品经费 | 万元 | 正 |
| | | 规模以上工业企业新产品项目数 | 项 | 正 |
| | | 企业技术创新活跃度指数 | — | 正 |
| | 产业结构优化 | 合理化-泰尔指数 | — | 正 |
| | | 高级化-高级化指数 | — | 正 |
| | | 高效化-劳动生产率 | 元/人 | 正 |
| | 产业转型升级 | 数字化-移动互联网接入流量 | 万千兆字节 | 正 |
| | | 信息化-信息传输、软件和信息技术服务业就业人员 | 万人 | 正 |
| | | 绿色化-工业污染治理完成投资 | 万元 | 正 |
| | | 可控性-大中型工业企业利润与企业单位数比值 | 亿元/个 | 正 |
| | | 开放性-经营单位所在地进出口总额 | 千美元 | 正 |

术底座，能有效降低信息成本、促进知识溢出，为科技创新与产业创新深度融合提供关键底层支撑，采用电信业务总量占GDP的比重衡量；金融发展水平（*FN*），金融发展水平越高，表明区域融资环境越完善，能够为技术研发、成果转化和产业升级提供资金保障，缓解创新活动中的资金约束问题，促进二者协调发展，以年末金融机构各项贷款余额取对数表示；人力资本水平（*ER*），人力资本积累有助于提升知识创造、技术吸收和成果转化能力，为融合发展提供人才支撑，选择人均受教育年限的对数值表征；政府支持（*GS*），政府通过教育投入能够提升区域人才培养能力和知识积累水平，改善创新发展的基础条件，为科技创新与产业创新融合提供长期支撑，采用教育经费投入的对数值衡量；对外开放程度（*OU*），对外开放有助于引进国外先进技术、管理经验和高端人才，促进国内外创新资源的流动与融合，进而提升融合发展水平，选择外商投资企业进出口总额的对数值表示。

**3. 数据来源和耦合协调类型划分**

本文以中国31个省份（因数据缺失，未包括港澳台地区）为研究对象，时间跨度为2012—2023年，主要数据来自历年《中国统计年鉴》《中国人口和就业统计年鉴》《中国科技统计年鉴》，部分缺失数值采用插值法进行补齐。耦合协调度模型主要用于测度两系统之间的协同发展状态，可以更全面、准确地分析科技创新和产业创新这两大系统的融合协调程度。对于耦合协调度区间的划分见表2。

**表2　耦合协调度等级划分**

| 等级 | 区间 |
|---|---|
| 低度协调 | [0,0.3) |
| 中度协调 | [0.3,0.5) |
| 高度协调 | [0.5,0.8) |
| 极度协调 | [0.8,1] |

## 五、耦合协调水平评价

### （一）耦合协调水平分析

**1. 整体特征**

表3展示了中国科技创新与产业创新耦合协调水平。整体来看，各省份科技-产业创新耦合协调水平呈上升态势，表明中国在推动二者协同发展上取得初步成效。然而，不同省份间的提升幅度存在明显差异，省际分化特征较为突出。从总体均值看，广东、江苏和浙江处于前列，分别为0.682、0.610和0.515，表明这些地区科技创新与产业创新融合程度较高，已经形成较强的协同发展优势。北京、山东和上海的总体均值分别为0.475、0.482和0.425，也处于较高水平，说明这些地区在创新资源集聚、成果转化以及产业支撑方面已形成较强支撑，科技创新对产业升级的带动作用较为明显。相比之下，西藏、青海、海南、宁夏、新疆和甘肃等的总体均值较低，反映出其在经济基础、创新资源、人才储备及产业发展条件等方面仍存在一定短板，从而制约了科技创新与产业创新之间的耦合联动。

**表3　中国科技-产业创新耦合协调水平**

| 省份 | 地区 | 2012年 | 2013年 | 2014年 | 2015年 | 2016年 | 2017年 | 2018年 | 2019年 | 2020年 | 2021年 | 2022年 | 2023年 | 均值 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 北京 | 东部 | 0.408 | 0.422 | 0.437 | 0.434 | 0.437 | 0.462 | 0.483 | 0.503 | 0.520 | 0.550 | 0.571 | 0.584 | 0.475 |
| 天津 | 东部 | 0.280 | 0.291 | 0.304 | 0.305 | 0.297 | 0.289 | 0.297 | 0.306 | 0.320 | 0.332 | 0.337 | 0.347 | 0.305 |
| 河北 | 东部 | 0.228 | 0.250 | 0.274 | 0.262 | 0.265 | 0.286 | 0.338 | 0.343 | 0.352 | 0.381 | 0.406 | 0.435 | 0.308 |
| 山西 | 中部 | 0.213 | 0.237 | 0.221 | 0.210 | 0.212 | 0.239 | 0.247 | 0.255 | 0.259 | 0.273 | 0.278 | 0.292 | 0.240 |
| 内蒙古 | 西部 | 0.199 | 0.217 | 0.221 | 0.214 | 0.214 | 0.216 | 0.216 | 0.221 | 0.224 | 0.247 | 0.257 | 0.268 | 0.222 |
| 辽宁 | 东北 | 0.262 | 0.283 | 0.292 | 0.269 | 0.269 | 0.278 | 0.290 | 0.301 | 0.313 | 0.331 | 0.339 | 0.347 | 0.293 |
| 吉林 | 东北 | 0.201 | 0.210 | 0.219 | 0.216 | 0.228 | 0.238 | 0.236 | 0.246 | 0.247 | 0.255 | 0.259 | 0.273 | 0.232 |
| 黑龙江 | 东北 | 0.199 | 0.208 | 0.210 | 0.219 | 0.221 | 0.225 | 0.228 | 0.230 | 0.239 | 0.257 | 0.265 | 0.262 | 0.227 |
| 上海 | 东部 | 0.363 | 0.372 | 0.388 | 0.385 | 0.409 | 0.421 | 0.428 | 0.449 | 0.456 | 0.489 | 0.514 | 0.534 | 0.425 |
| 江苏 | 东部 | 0.485 | 0.520 | 0.537 | 0.551 | 0.573 | 0.584 | 0.633 | 0.658 | 0.690 | 0.724 | 0.759 | 0.785 | 0.610 |
| 浙江 | 东部 | 0.386 | 0.417 | 0.433 | 0.447 | 0.466 | 0.484 | 0.524 | 0.563 | 0.603 | 0.651 | 0.690 | 0.729 | 0.515 |
| 安徽 | 中部 | 0.254 | 0.285 | 0.292 | 0.304 | 0.339 | 0.346 | 0.366 | 0.389 | 0.417 | 0.454 | 0.485 | 0.511 | 0.357 |
| 福建 | 东部 | 0.259 | 0.280 | 0.292 | 0.301 | 0.300 | 0.315 | 0.339 | 0.356 | 0.376 | 0.404 | 0.419 | 0.428 | 0.331 |
| 江西 | 中部 | 0.174 | 0.197 | 0.207 | 0.218 | 0.230 | 0.255 | 0.285 | 0.310 | 0.321 | 0.351 | 0.373 | 0.397 | 0.266 |
| 山东 | 东部 | 0.381 | 0.412 | 0.441 | 0.433 | 0.462 | 0.483 | 0.483 | 0.491 | 0.519 | 0.579 | 0.618 | 0.661 | 0.482 |

续表

| 省份 | 地区 | 2012 年 | 2013 年 | 2014 年 | 2015 年 | 2016 年 | 2017 年 | 2018 年 | 2019 年 | 2020 年 | 2021 年 | 2022 年 | 2023 年 | 均值 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 河南 | 中部 | 0. 245 | 0. 279 | 0. 293 | 0. 292 | 0. 318 | 0. 333 | 0. 351 | 0. 376 | 0. 391 | 0. 424 | 0. 453 | 0. 471 | 0. 341 |
| 湖北 | 中部 | 0. 243 | 0. 271 | 0. 291 | 0. 292 | 0. 318 | 0. 331 | 0. 357 | 0. 388 | 0. 403 | 0. 440 | 0. 473 | 0. 503 | 0. 346 |
| 湖南 | 中部 | 0. 244 | 0. 256 | 0. 261 | 0. 271 | 0. 271 | 0. 293 | 0. 317 | 0. 346 | 0. 372 | 0. 413 | 0. 450 | 0. 483 | 0. 318 |
| 广东 | 东部 | 0. 498 | 0. 534 | 0. 549 | 0. 565 | 0. 613 | 0. 674 | 0. 737 | 0. 779 | 0. 811 | 0. 864 | 0. 882 | 0. 910 | 0. 682 |
| 广西 | 西部 | 0. 189 | 0. 204 | 0. 207 | 0. 211 | 0. 207 | 0. 216 | 0. 231 | 0. 251 | 0. 267 | 0. 309 | 0. 307 | 0. 316 | 0. 236 |
| 海南 | 东部 | 0. 151 | 0. 153 | 0. 157 | 0. 150 | 0. 155 | 0. 154 | 0. 160 | 0. 182 | 0. 193 | 0. 208 | 0. 229 | 0. 233 | 0. 172 |
| 重庆 | 西部 | 0. 202 | 0. 220 | 0. 236 | 0. 245 | 0. 253 | 0. 264 | 0. 278 | 0. 287 | 0. 308 | 0. 333 | 0. 356 | 0. 365 | 0. 271 |
| 四川 | 西部 | 0. 230 | 0. 254 | 0. 269 | 0. 274 | 0. 286 | 0. 311 | 0. 343 | 0. 364 | 0. 393 | 0. 419 | 0. 435 | 0. 452 | 0. 325 |
| 贵州 | 西部 | 0. 167 | 0. 176 | 0. 183 | 0. 183 | 0. 187 | 0. 200 | 0. 219 | 0. 239 | 0. 255 | 0. 258 | 0. 278 | 0. 273 | 0. 213 |
| 云南 | 西部 | 0. 184 | 0. 191 | 0. 193 | 0. 198 | 0. 201 | 0. 212 | 0. 227 | 0. 247 | 0. 259 | 0. 270 | 0. 286 | 0. 299 | 0. 224 |
| 西藏 | 西部 | 0. 117 | 0. 106 | 0. 111 | 0. 115 | 0. 109 | 0. 120 | 0. 125 | 0. 112 | 0. 121 | 0. 124 | 0. 123 | 0. 122 | 0. 117 |
| 陕西 | 西部 | 0. 234 | 0. 255 | 0. 261 | 0. 261 | 0. 266 | 0. 281 | 0. 297 | 0. 322 | 0. 334 | 0. 354 | 0. 378 | 0. 395 | 0. 295 |
| 甘肃 | 西部 | 0. 175 | 0. 179 | 0. 183 | 0. 183 | 0. 193 | 0. 202 | 0. 210 | 0. 217 | 0. 222 | 0. 236 | 0. 253 | 0. 259 | 0. 205 |
| 青海 | 西部 | 0. 111 | 0. 116 | 0. 123 | 0. 124 | 0. 129 | 0. 131 | 0. 136 | 0. 128 | 0. 131 | 0. 142 | 0. 149 | 0. 155 | 0. 129 |
| 宁夏 | 西部 | 0. 148 | 0. 156 | 0. 164 | 0. 164 | 0. 173 | 0. 176 | 0. 188 | 0. 189 | 0. 189 | 0. 199 | 0. 208 | 0. 214 | 0. 178 |
| 新疆 | 西部 | 0. 166 | 0. 177 | 0. 183 | 0. 175 | 0. 179 | 0. 185 | 0. 210 | 0. 202 | 0. 208 | 0. 225 | 0. 243 | 0. 257 | 0. 196 |

注：因数据缺失，未包含港澳台地区。

**2. 区域特征**

为进一步刻画区域间融合水平差异，对四大区域科技-产业协调水平进行区域均值测算（图 2）。结果显示，2012—2023 年四大区域耦合协调水平均值分别为：东部地区 0. 442、中部地区 0. 322、西部地区 0. 223、东北地区 0. 255，整体呈现出“东高西低”的空间分异格局。具体而言，东部地区由 2012 年的 0. 344 提升至 2023 年的 0. 565，整体由中度协调逐步迈向高度协调，增幅最为明显，说明其依托雄厚的经济基础、丰富的人才资源、完善的产业体系和开放的市场环境，已在科技与产业协同发展方面形成领先优势。中部地区整体处于中度协调水平，近年来增长较快，表现出较强的追赶态势，这与其承接东部产业转移、推动传统产业升级及培育新兴产业密切相关。东北地区整体水平略高于西部地区，但增长幅度相对有限，反映出其产业结构调整缓慢、创新动能不足、人才外流等深层次矛盾。西部地区总体水平较低，仍以低度协调为主，尽管部分省份近年有所提升，但仍受制于经济基础薄弱、创新资源不足、高层次人才匮乏及市场开放程度较低等因素，整体协同发展能力仍有待提升。

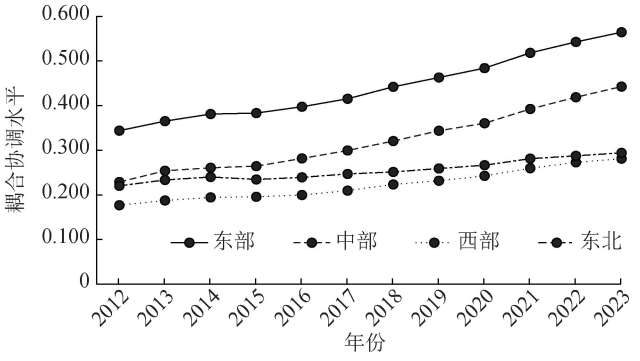



**图 2　四大区域科技-产业创新耦合协调水平**

**（二）区域差异**

**1. 总体及区域内差异**

图 3 展示了全国及四大区域科技-产业创新融合发展的差异特征。结果显示，研究期内整体基尼系数呈上升趋势，均值为 0. 228，上升幅度为 16. 75%，反映出二者协同发展水平差异逐渐扩大，但扩大幅度总体较小。从区域内差异来看，东部地区基尼系数最高，均值达 0. 193，且较考察初期呈现微弱上扬的发展趋势，表明其内部协同发展不均衡性最为显著，并有一定加剧态势。这主要源于东部区域内各省市在创新资源集聚、产业基础、经济水平等方面存在较为明显的梯度差异，江苏、浙江、广东等创新高地与部分后发城市之间形成较大落差，加剧了区域内部发展不均衡。西部地区基尼系数次之，整体呈上升趋势，意味着其创新融合发展的内部差异在逐渐扩大，这可能与西部区域跨度较大、资源禀赋不均及部分地区创新基础薄弱有关，少数省份依托资源优势、政策倾斜和节点城市带动实现了较快发展，而部分地区仍面临创新资源短缺、人才储备不足和产业支撑能力偏弱等约束，因此呈现出较强的内部分化。相比之下，中部与东北地区基尼系数接近且整体水平相对较低，上升趋势较为平缓，表明其内部发展协调性相对一致，这可能与其区域内部产业结构、经济基础和发展阶段相对接近有关。

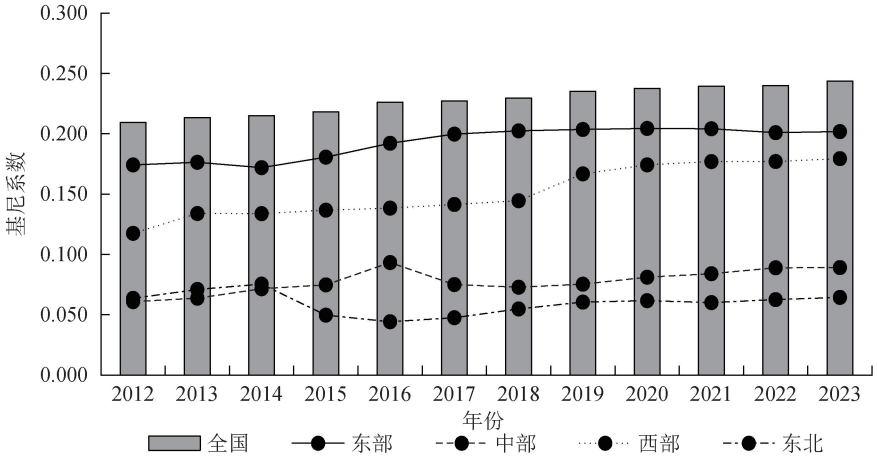



**图 3　全国及四大区域科技-产业创新融合发展水平基尼系数**

**2. 区域间差异**

2012—2023 年区域间科技-产业创新融合发展水平的变化规律如图 4 所示，东部与其他三大地区之间存在显著差异，且近年来差异较为稳定。其中，东部与西部地区差异最为突出，中部与东北地区差异最小。究其原因，东部地区在创新资源集聚、产业基础、高端人才储备、资本投入及科技成果转化能力等方面具有明显优势，能够为科技-产业创新协同发展提供更强支撑[49]；而中、西部及东北地区在创新要素集聚、产业升级速度和市场承载能力等方面相对不足，因此与东部地区形成了较为稳定的发展梯度。从动态演变看，近五年东部与其他地区差异保持相对稳定，表明东部地区在科技-产业创新协同方面领先，与其他地区形成了较大差距且相对稳定。与此同时，其他地区之间差异呈小幅上升态势，说明其协同发展不均衡性有所增加。其中，中部在与西部、东北地区的互动发展中，差异有所扩大，可能与中部地区在承接产业转移、推进成果转化和优化创新资源配置方面取得较快进展有关；西部与东北地区差异上升，表明二者在产业转型进程、政策实施效果和创新驱动能力释放方面存在不同步现象。可见，缩小东部与其他地区的发展差距，增强中、西部和东北地区科技-产业协同发展的内生动力，是推动区域协调发展的关键。

**3. 差异来源**

根据图 5 对科技-产业创新融合发展水平基尼系数的贡献度分解结果，区域间基尼系数均值占比约 70%，区域内基尼系数约占 20%，超变密度贡献度均值约 10%。在研究期内，区域间差异贡献度从约 73%降至 70%以下，超变密度贡献度从约 7%上升至 10%以上，区域间基尼系数基本维持在 20%左右，波动较小。据此可知，区域间不均衡性虽在一定程度上有所缓解，但仍占主导地位；超变密度差异逐渐扩大，成为影响协调发展的重要因素。

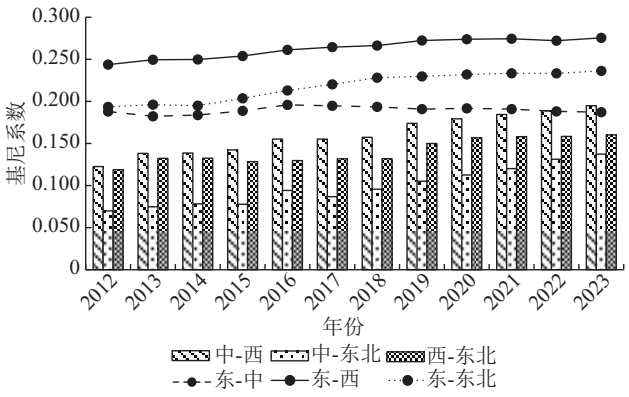



**图 4　科技-产业创新融合发展水平基尼系数分解（区域间）**

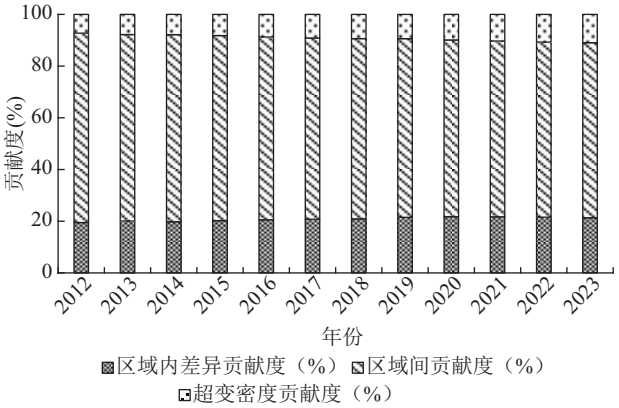



**图 5　科技-产业创新融合发展水平基尼系数贡献率**

### （三）分布动态演进

#### 1. 全域时序演化特征

图 6 展示了 2012—2023 年中国科技-产业融合发展水平的演进态势。从全国层面来看，2012 年存在 3 个波峰，主峰优势明显，之后变为 1 个波峰，主峰位置呈现先左移后右移的态势，峰值高度减半，波幅渐宽，集中趋势弱化，分布更加分散，右偏分布渐显，更高融合发展水平出现。可知，2012 年多峰分布及主峰优势反映出当时各地区科技-产业融合发展的不平衡性，之后波峰减少意味着发展趋向均衡。随后，主峰先左移后右移，整体分布重心呈向右移动的特征，说明全国融合发展水平在波动中提升，高度降低和波幅变宽意味着整体融合水平逐渐由低值的相对分散向高值的高度集聚变化，非均衡性上升，右偏分布暗示较高地区与较低地区间的极差在扩大，即随着时间的推移可能出现极化现象。

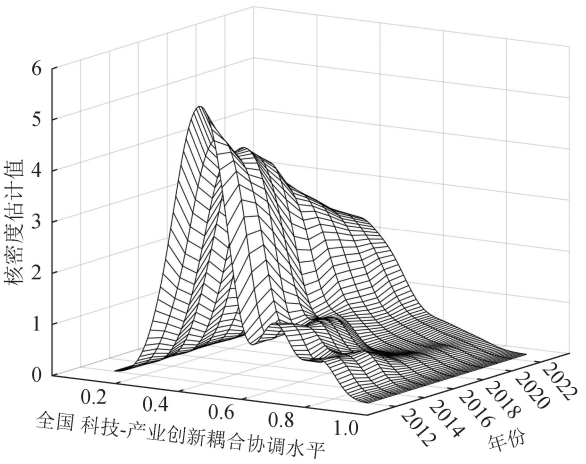
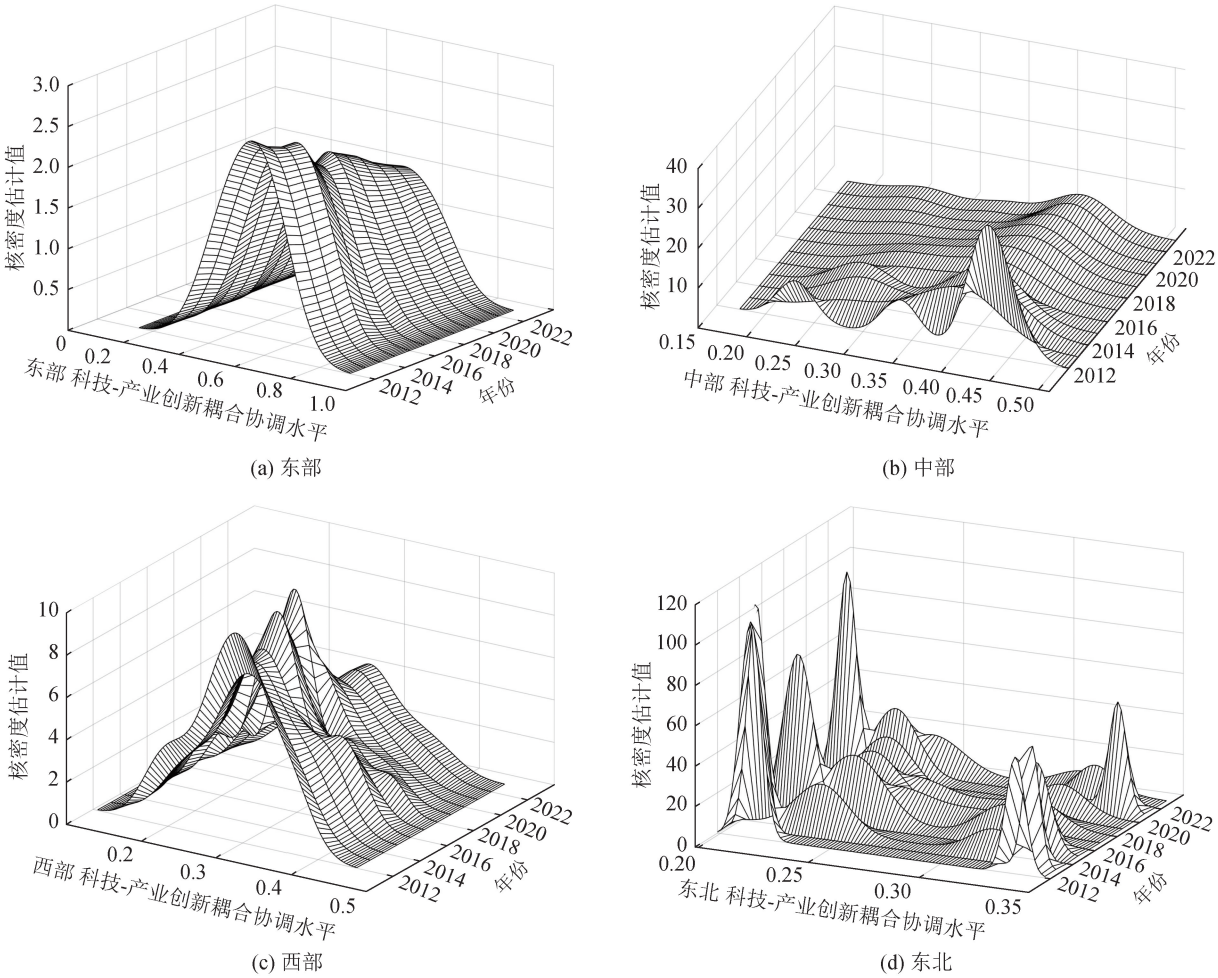



**图 6　中国科技-产业创新融合发展水平的 Kernel 密度估计（三维）**

#### 2. 区域时序演化特征

图 7 进一步刻画了四大地区科技创新与产业创新融合发展水平的动态演进趋势。从分布位置看，东部地区核密度分布重心持续向右移动，中部和西部地区分布重心呈“先左后右”的变化特征，东北地区波峰位置




(a) 东部　(b) 中部

(c) 西部　(d) 东北

**图 7　四大区域科技-产业创新融合发展水平的 Kernel 密度估计（三维）**

左右波动,分布重心总体右移。这说明在样本期内东部地区科技-产业耦合协调水平持续呈上升态势,中、西部地区融合水平发展态势逐渐转好,东北地区融合水平在发展过程中有所起伏,但最终呈现向好态势。从分布形态看,东、中、西部地区主峰高度上下波动,总体呈下降趋势,峰宽增大,东北地区波峰高度交替变化,较十年前略降,但整体相当,波幅渐窄。表明东、中、西三个地区内部科技-产业融合水平的不均衡程度有所上升,东北地区在发展进程中存在一定波动性和不均衡性,可能是资源和发展重点向特定领域或区域集中。从波峰数量来看,东部地区在样本期内始终保持单峰形态,中、西部地区在发展前期出现侧峰,东北地区呈现多峰分布。这说明东部地区内部融合水平相对均衡,中、西部和东北地区内部可能出现多极化的发展格局,主要原因在于不同地区创新发展基础与政策环境不同。东部地区得益于优越的区位条件、高水平开放政策、创新资源集聚以及雄厚的产业基础,科技-产业创新融合始终处于全国领先水平。中、西部地区早期可能受制于产业转型缓慢、科技投入不足或政策滞后等因素,融合水平出现短暂下滑,随后在“中部崛起”“西部大开发”等区域协调发展战略的推动下,借助产业转移与创新政策红利,逐步实现追赶。东北地区受传统工业结构制约、体制机制改革滞后等影响,整体融合进程较为波折,多峰形态反映出区域内部分城市或产业率先突破,形成局部高地,但整体协同能力仍有待加强。

## 六、耦合协调水平的时空演化及收敛特征

### (一)时空演化

#### 1. 全局相关性分析

从表 4 可以看出,2012—2023 年科技-产业创新融合发展水平的全局 Moran's *I* 指数皆为正,且在 1%显著性水平下通过检验,即存在空间正相关性。从图 8 呈现的时间发展趋势可知,全局 Moran's *I* 指数由 2012 年的 0.216 增长至 2023 年的 0.228,最小值为 2018 年的 0.180,整体呈波动上升态势,反映出科技-产业融合在空间上的集聚效应增强,地区之间的相互促进和协同发展态势逐步强化。具体来看,2012—2015 年指数基本保持平稳,波动幅度较小;2016—2017 年出现明显回落,可能源于部分区域在创新资源配置和产业结构转型中出现阶段性失衡,导致区域协同节奏放缓;2018 年后指数逐步回升,尤其在 2021—2023 年持续上升,说明随着区域协调发展战略的深入推进,各地区在科技合作、产业联动与创新要素流动方面的机制不断完善,实现了更高效的创新协同发展。

**表 4　全局 Moran's *I* 指数统计检验结果**

| 年份 | 莫兰指数 | *Z* | *P* |
|---|---|---|---|
| 2012 | 0.216 | 2.751 | 0.003 |
| 2013 | 0.221 | 2.805 | 0.003 |
| 2014 | 0.223 | 2.819 | 0.002 |
| 2015 | 0.225 | 2.849 | 0.002 |
| 2016 | 0.222 | 2.825 | 0.002 |
| 2017 | 0.189 | 2.478 | 0.007 |
| 2018 | 0.180 | 2.396 | 0.008 |
| 2019 | 0.191 | 2.520 | 0.006 |
| 2020 | 0.200 | 2.610 | 0.005 |
| 2021 | 0.208 | 2.684 | 0.004 |
| 2022 | 0.221 | 2.811 | 0.002 |
| 2023 | 0.228 | 2.884 | 0.002 |

#### 2. 局部相关性分析

在局部空间自相关分析中,基于空间地理距离矩阵,对 2012 年、2016 年、2020 年和 2023 年这四个关键年份展开研究。从图 9 可以看出,多数省份数据点分布在第一、三象限,表明科技创新与产业创新融合发展水平在地域上呈现显著空间聚集现象。拟合线斜率为正,数值较小且较为平缓,分布相对稳定。其中,江苏和浙江位居第一象限拟合线之上的最右上角,而甘肃和青海则处于第三象限拟合线之下的最左下角。多数省份聚集在原点附近的第一象限或第三象限,且有逐渐向第一象限过渡的趋势,表明在政策推动和区域协同发展作用下,各地科技创新与产业创新融合水平持续提升,省际差距有所收敛。

表 5 进一步展示了不同年份局部莫兰指数的集聚类型分布。总体来看,多数省份在考察期内未发生显著

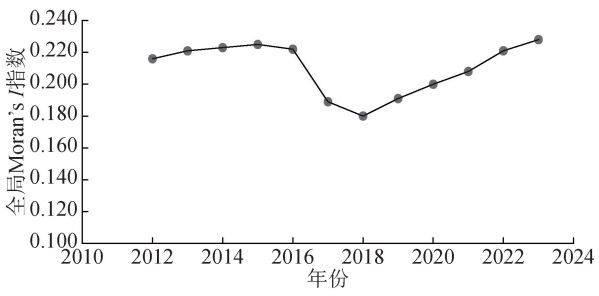



**图 8　科技-产业创新融合发展水平全局 Moran's *I* 指数时间趋势**

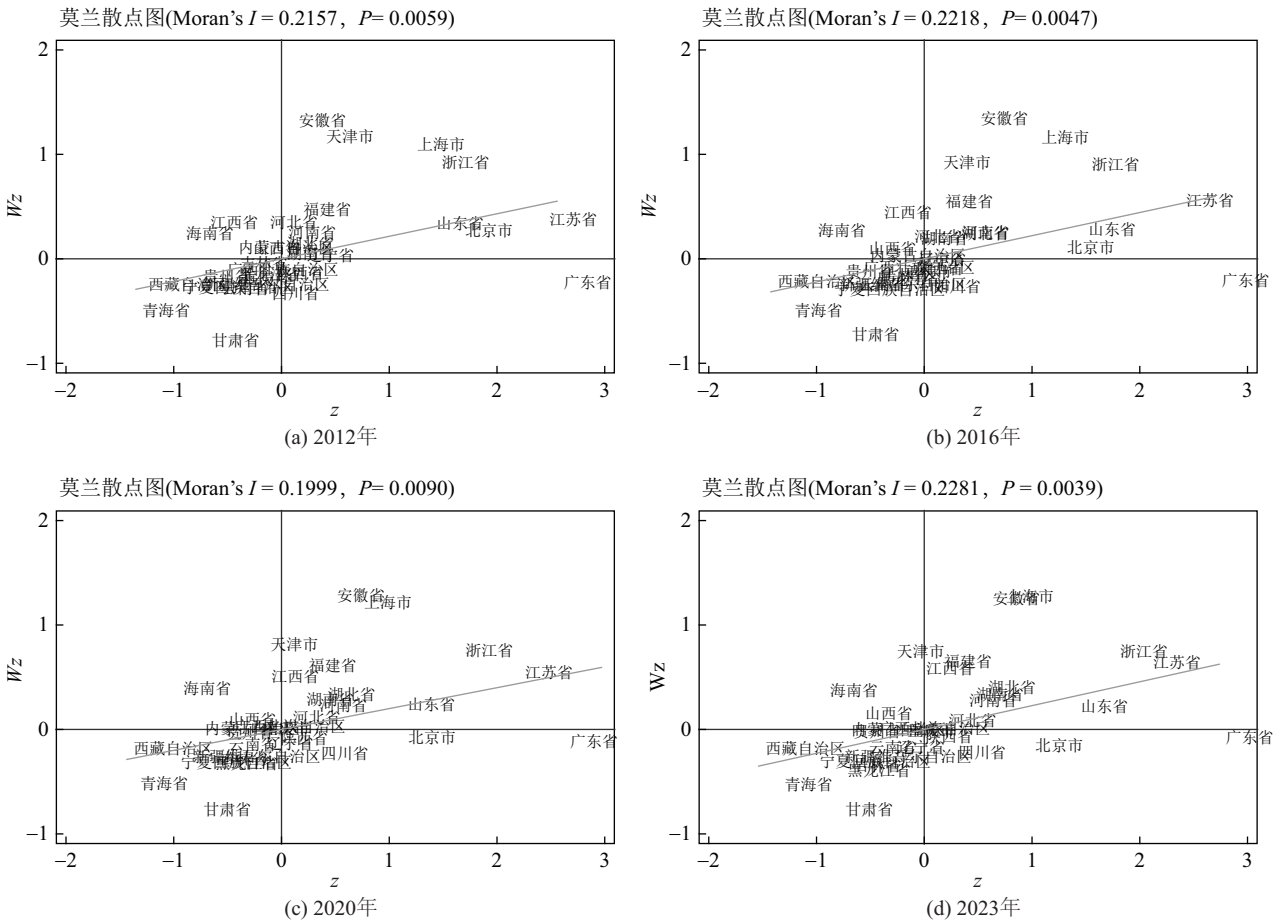



**图 9　科技-产业创新融合发展水平局部 Moran's *I* 指数散点分布**

**表 5　不同年份科技-产业创新融合发展水平局部莫兰指数分布情况**

| 年份 | “高-高”集聚区 | “低-高”集聚区 | “低-低”集聚区 | “高-低”集聚区 |
|---|---|---|---|---|
| 2012 | 北京、天津、辽宁、上海、江苏、浙江、安徽、福建、山东、河南 | 河北、山西、内蒙古、江西、湖北、湖南、海南 | 吉林、黑龙江、广西、重庆、四川、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆 | 广东 |
| 2016 | 北京、天津、上海、江苏、浙江、安徽、福建、山东、河南、湖北 | 河北、山西、内蒙古、江西、湖南、海南 | 辽宁、吉林、黑龙江、广西、重庆、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆 | 广东、四川 |
| 2020 | 河北、上海、江苏、浙江、安徽、福建、山东、河南、湖北、湖南 | 天津、山西、江西、广西、海南 | 内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、重庆、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆 | 北京、广东、四川 |
| 2023 | 河北、上海、江苏、浙江、安徽、福建、山东、河南、湖北、湖南 | 天津、山西、江西、海南 | 内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、广西、重庆、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆 | 北京、广东、四川 |

类型转换，说明其空间分布格局具有较强稳定性。具体而言，天津、上海、江苏、浙江等东部省份长期处于“高-高”集聚区，表明高水平地区之间已形成较强的空间关联和协同集聚效应。这主要是由于这些地区科技资源丰富、产业体系完善、创新平台集聚度较高，且科技成果转化机制相对成熟，能够持续推动科技创新与产业创新深度融合。与此同时，“高-低”集聚区省份有所增加，表明部分高水平省份对周边地区的辐射带动作用逐步增强。“低-高”集聚区的省份数量有所减少，部分低水平省份在邻近高水平地区的溢出带动下有所改善，但其内生融合能力仍有待提升。此外，“低-低”集聚区主要集中于西部和东北部分地区，如吉林、黑龙江、贵州、青海、宁夏、新疆等。其原因可能在于，这些地区受经济基础、创新投入、人才储备和产业支撑能力等因素制约，科技创新对产业发展的带动作用尚未充分释放，融合发展水平提升相对缓慢。总体而言，

中国科技创新与产业创新融合发展的空间演化呈现出高值地区稳定集聚、低值地区缓慢调整、过渡类型动态分化的特征。

### (二)收敛性特征

#### 1. 收敛模型检验

基于前文分析,科技-产业创新融合发展具有明显的空间正相关性。为确保估计结果的一致性,选用 Lee 和 Yu[50] 提出的拟极大似然估计法(QML) 进行空间 $\beta$ 收敛检验。在考察绝对 $\beta$ 收敛与条件 $\beta$ 收敛之前,需对空间计量模型的适用性进行评估。从表 6 可以看出,两类收敛的 LM(lag)与 LM(error)检验均显著,但绝对 $\beta$ 收敛 Robust-LM(lag)检验不显著,条件 $\beta$ 收敛 Robust-LM(lag)和 Robust-LM(error)检验未通过显著性检验,需进一步考虑空间滞后项和空间误差项的影响。Wald 检验和 LR 检验结果显示,绝对 $\beta$ 收敛与条件 $\beta$ 收敛均在 5%水平上显著,同时 Hausman 检验也支持使用固定效应模型。综上,采取双向固定的空间杜宾模型进行 $\beta$ 收敛分析。

**表 6 空间杜宾模型适用性检验**

| 检验 | 绝对 $\beta$ 收敛 | | 条件 $\beta$ 收敛 | |
|---|---|---|---|---|
| | 统计量 | $P$ | 统计量 | $P$ |
| LM(lag)检验 | 16.415 | 0.000 | 32.416 | 0.000 |
| Robust-LM(lag)检验 | 0.867 | 0.352 | 3.615 | 0.057 |
| LM(error)检验 | 36.804 | 0.000 | 31.151 | 0.000 |
| Robust-LM(error)检验 | 21.256 | 0.000 | 2.350 | 0.125 |
| LR test spatial lag | 38.550 | 0.000 | 23.660 | 0.001 |
| Wald (lag)检验 | 45.280 | 0.000 | 24.340 | 0.001 |
| LR (error)检验 | 27.320 | 0.000 | 15.680 | 0.016 |
| Wald (error)检验 | 21.590 | 0.000 | 14.210 | 0.027 |
| Hausman 检验 | 47.852 | 0.000 | 66.046 | 0.000 |

#### 2. 绝对 $\beta$ 收敛

由表 7 可知,全国及东部、中部、西部和东北四大区域的绝对 $\beta$ 收敛系数均通过 5%显著性水平检验且为负值,表明在不考虑其他因素影响的条件下,中国科技创新与产业创新融合发展水平存在绝对 $\beta$ 收敛态势。这意味着相对落后地区具备更快的发展速率,将逐步追赶先进地区,并且随着时间的推移,有可能实现收敛,最终达到整体趋同。进一步考虑空间相关性分析后,全国整体的收敛速度处于中等水平,约为 0.023。各区域的收敛速度呈现出明显差异,表现为东北>西部>中部>东部的次序。从空间自回归系数来看,除东北地区外,全国及其他区域均通过 1%水平显著性检验,且为正数,表明存在正向空间溢出效应。全国水平约为 0.551,呈现出中部>西部>东部的梯度特征,表明各地区融合发展水平显著受到邻近区域正的空间溢出效应影响。具体来看,东部地区经济发达但增速平稳,或面临创新转型瓶颈与资源饱和压力。中部地区稳步发展,积极承接产业转移并引入先进技术,为创新融合发展创造条件。西部地区虽受经济基础、人才储备和创新环境等多重限制,收敛较慢,但正向的空间溢出效应表明其发展受到周边区域的积极辐射。东北地区 $\rho$ 值为正但不显著,表明区域内初步显现出积极的空间联动苗头,但可能受限于产业结构同质化、体制转型滞后及人才外流等深层次矛盾,尚未形成稳定有效的空间协同机制,溢出效应仍较弱。

**表 7 全国及四大区域科技-产业创新融合发展水平的空间绝对 $\beta$ 收敛**

| 地区 | 全国 | 东部 | 中部 | 西部 | 东北 |
|---|---|---|---|---|---|
| $\beta$ | −0.206*** | −0.142*** | −0.230*** | −0.235*** | −0.370** |
| $\rho$ | 0.551*** | 0.276*** | 0.550*** | 0.457*** | 0.164 |
| $\eta$ | 0.023 | 0.015 | 0.026 | 0.027 | 0.046 |
| 个体固定 | 是 | 是 | 是 | 是 | 是 |
| 时间固定 | 是 | 是 | 是 | 是 | 是 |
| $N$ | 310 | 100 | 60 | 120 | 30 |
| $R^2$ | 0.022 | 0.005 | 0.007 | 0.056 | 0.010 |

注:***、**、*分别表示在 1%、5%、10%的水平上显著。

**3. 条件$\beta$收敛**

由表8可知，考虑一系列控制变量综合影响后，条件$\beta$收敛系数仍通过1%显著性检验，数值为负且绝对值增大，收敛速度也有大幅提升。这表明经济资源基础、数字基础设施、金融发展水平、政府支持力度、高素质人才储备及地区开放程度的综合作用，能够加速推动全国及四大区域实现科技创新与产业创新深度融合，从而为区域协调发展提供强有力支撑。从全国层面看，金融发展水平、政府支持和对外开放程度显著为正，表明完善的金融体系、积极的政策扶持及更高水平的开放合作，有助于缓解创新融资约束、优化资源配置并促进技术溢出，从而加快融合协调水平提升；而人力资本水平显著为负，可能是因为人才集聚尚未完全转化为本地融合发展优势，存在人才错配或跨区域流动现象。

分区域来看，东部地区政府支持和对外开放程度显著为正，说明政策引导和开放合作是推动东部地区融合水平提升的核心动力；金融发展水平显著为负，可能是由于金融资源更多集聚于北京、广东、浙江等核心省市，强化了其对人才、技术和资本的虹吸效应，而未能有效带动东部地区其他省份共享金融支持与创新溢出[51]，进而加剧区域内部发展分化，在一定程度上延缓了融合发展的收敛进程。中部地区经济发展水平、数字基础设施和金融发展水平显著为正，表明其依托产业基础、数字赋能和金融支撑，能够有效促进科技创新与产业创新深度融合；而政府支持和对外开放程度显著为负，可能反映部分地区政策投入效率不高、开放型经济发展质量仍有待提升。西部地区金融发展水平和对外开放程度显著为正，说明资金支持和开放合作对技术引进、产业承接及创新扩散具有明显促进作用；人力资本水平显著为负，可能与优质人才外流及人才资源转化不足有关。东北地区经济发展水平和政府支持显著为正，表明经济基础和政策扶持仍是推动该地区融合协调发展的关键力量。

**表8　全国及四大区域科技-产业创新融合发展水平的空间条件$\beta$收敛**

| 地区 | 全国 | 东部 | 中部 | 西部 | 东北 |
|---|---|---|---|---|---|
| $\beta$ | −0.300*** | −0.264*** | −0.778*** | −0.358*** | −0.818*** |
| *EF* | −0.000 | 0.000 | 0.035** | 0.004 | 0.066*** |
| *DF* | −0.000 | 0.002 | 0.007* | 0.001 | 0.001 |
| *FN* | 0.046* | −0.065* | 0.627*** | 0.091** | 0.083 |
| *ER* | −0.271*** | 0.084 | −0.102 | −0.268*** | −0.111 |
| *GS* | 0.093*** | 0.160*** | −0.315*** | −0.018 | 0.377*** |
| *OU* | 0.007* | 0.015* | −0.034* | 0.009* | 0.017 |
| $\rho$ | 0.437*** | 0.030 | 0.329** | 0.212 | −0.130 |
| $\eta$ | 0.036 | 0.031 | 0.151 | 0.044 | 0.170 |
| 个体固定 | 是 | 是 | 是 | 是 | 是 |
| 时间固定 | 是 | 是 | 是 | 是 | 是 |
| *N* | 310 | 100 | 60 | 120 | 30 |
| $R^2$ | 0.053 | 0.033 | 0.205 | 0.008 | 0.040 |

注：***、**、*分别表示在1%、5%、10%的水平上显著。

## 七、结论与启示

扎实推动科技创新与产业创新融合发展，对推动高质量发展、培育壮大新质生产力具有重要意义。以中国31个省份（因数据缺失，未含港澳台地区）2012—2023年数据为样本，运用熵值法构建综合指数，借助耦合协调度模型及多种方法深入探究科技创新与产业创新融合发展问题。研究结果表明：①就耦合协调水平看，科技创新与产业创新融合发展水平呈逐年上升的时间趋势和“东高西低”的空间特征。②就耦合协调水平差异分解看，整体基尼系数呈上升趋势，但差异幅度较小。从区域内差异看，东部地区差异最大，西部地区次之，中部和东北地区差异较小，并且西部地区内部差异呈扩大趋势。从区域间差异看，东部与西部地区之间差异最大，中部与东北地区之间差异最小。从差异贡献度看，整体差异主要来源于区域间差异，且呈逐步缩小态势。③就融合态势的动态演变看，整体融合水平逐渐由低值的相对分散向高值的高度集聚变化，非均衡性上升，较高地区与较低地区间的极差在扩大，随时间推移可能出现极化现象。四大地区的演变

特征差异显著,东部地区发展态势良好,中、西部和东北地区出现多极化特征,但发展态势逐渐转好。④就空间效应层面的关系,各省份耦合协调水平整体收敛与正空间溢出效应并行。特定省份创新融合发展成果既推动自身发展,又经空间溢出效应带动邻近省份,促进区域及全国融合水平提升。基于研究结论,提出如下对策建议:

第一,实施差异化发展路径,提升区域创新融合的针对性与适配性。各地区应立足资源禀赋、产业基础和创新条件,因地制宜推进科技创新与产业创新深度融合。东部地区应依托科技、人才和资本优势,聚焦关键核心技术攻关和前沿领域突破,持续发挥创新策源与示范带动作用。中部地区应立足区位优势和产业基础,积极承接东部地区产业转移与技术外溢,推动传统产业改造升级和新兴产业培育。西部地区应结合资源禀赋和生态优势,探索特色化、绿色化融合发展路径,增强内生发展动力。东北地区应加快老工业基地转型,推动传统产业更新和战略性新兴产业培育,增强科技成果本地转化能力和产业协同能力。

第二,强化关键要素支撑,夯实科技创新与产业创新融合发展的基础条件。围绕创新链、产业链和资金链协同发力,持续加强数字基础设施、创新平台、科技金融和人才队伍建设。一方面,加快新型基础设施和公共创新平台布局,完善技术研发、成果转化和产业应用的支撑体系,提升区域创新承载能力;另一方面,优化科技金融服务体系,引导金融资源更多流向实体创新和产业升级领域,缓解企业特别是中小科技企业融资难题。同时,要更加重视高层次人才引育和本地人才培养,完善人才激励、流动和保障机制,提升人才资源与区域产业发展的匹配度。对于基础相对薄弱地区,应着力补齐创新环境、产业配套和人才储备等短板,不断增强技术承接、成果转化和协同创新能力。

第三,健全区域协同发展机制,充分发挥空间溢出效应的带动作用。坚持开放协同、共建共享的发展理念,推动区域间创新合作由分散对接走向系统联动。以核心区域、优势省份和重要节点城市为牵引,推动技术、资本、人才、数据和信息等要素跨区域有序流动,形成由点到线、由线到面的协同发展格局。重点支持跨区域共建实验平台、产业协作园区、成果转化基地和技术转移网络,推动创新资源由“单点集聚”向“网络扩散”转变,促使优势地区的创新成果更好辐射带动周边地区。与此同时,加快打破行政壁垒和地方保护,完善跨区域利益共享、成本分担和合作激励机制,提升区域合作的稳定性和持续性,促进区域间优势互补、联动发展,进一步形成科技创新与产业创新深度融合的整体合力。

## 参考文献


[1] 姚树洁, 王洁菲. 中国式现代化的内在逻辑和高质量发展的实现路径[J]. 宏观质量研究, 2023, 11(6): 29-42.

[2] 谷业凯, 喻思南, 李君强. 创新创造催生新质生产力——从全球榜单看中国创新[N]. 人民日报, 2026-01-19(001).

[3] 张海莺. “十四五”科技创新成绩斐然数个“世界第一”夯实根基[N]. 中国改革报, 2025-09-19(001).

[4] 刘坤. 新型工业化持续走深走实[N]. 光明日报, 2025-09-10(004).

[5] 国家统计局. 国家统计局局长就2024年全年国民经济运行情况答记者问[EB/OL]. 北京: 国家统计局, 2025 [2026-01-17]. https://www.stats.gov.cn/zwfwck/sjfb/202501/t20250117_1958346.html.

[6] UTTERBACK J M. Mastering the dynamics of innovation[J]. Research-Technology Management, 1994, 37(1): 1-16.

[7] GEROSKI P A. What do we know about entry[J]. International Journal of Industrial Organization, 1995, 13(4): 421-440.

[8] KLEPPER S. Firm survival and the evolution of oligopoly[J]. RAND Journal of Economics, 2002(1): 37-61.

[9] 董长瑞, 邵瑛瑛. 企业科技创新对产业结构升级的驱动效应——基于山东省的实证分析[J]. 济南大学学报(社会科学版), 2020, 30(6): 125-135, 159-160.

[10] 徐银良, 王慧艳. 中国省域科技创新驱动产业升级绩效评价研究[J]. 宏观经济研究, 2018(8): 101-114, 158.

[11] 陈堂, 陈光. 科技创新对产业结构升级的空间外溢效应研究——基于省域空间面板模型的分析[J]. 云南财经大学学报, 2020, 36(1): 21-31

[12] 李业锦, 刘潇忆, 王嘉宁, 等. 科技创新对产业转型升级的影响——以我国首批产业转型升级示范区为例[J]. 城市发展研究, 2022, 29(9): 108-117.

[13] 李旭辉, 杨梦成, 严晗, 等. 中国人工智能产业科技创新能力测度及趋势演进[J]. 科研管理, 2023, 44(1): 1-7.

[14] 王洪庆, 侯毅. 中国高技术产业技术创新能力评价研究[J]. 中国科技论坛, 2017(3): 58-63.

[15] 杨武, 田雪姣. 中国高技术产业发展的科技创新驱动效应测度研究[J]. 管理学报, 2018, 15(8): 1187-1195.

[16] 易明, 彭甲超, 吴超. 基于SFA方法的中国高新技术产业创新效率研究[J]. 科研管理, 2019, 40(11): 22-31.

[17] 张冀新，胡维丽. 基于“四三结构”的战略性新兴产业创新能力非均衡判别与评价[J]. 科技进步与对策，2018，35(21)：65-72.
[18] 任继球，魏丽，刘振中，等. “十五五”时期推动产业新旧动能转换：发展环境、问题瓶颈与路径任务[J]. 经济学家，2025(2)：96-105.
[19] 吴和成，李翠. 中国高技术产业技术创新效率动态演进[J]. 河海大学学报(哲学社会科学版)，2020，22(3)：58-65，107.
[20] 毛炜圣，钟业喜，吴思雨. 长江经济带战略性新兴产业创新能力时空演化及空间溢出效应[J]. 长江流域资源与环境，2020，29(6)：1268-1279.
[21] 刘亦文，欧阳莹. 我国新一代信息技术产业创新效率的时空特征与动态演进[J]. 湖南大学学报(社会科学版)，2020，34(5)：52-61.
[22] 周军，吴红. 科技创新与产业创新融合发展：理论逻辑与实现路径[J]. 求是学刊，2025，52(3)：12-22.
[23] 卞元超，白俊红. 新型举国体制下产业创新与科技创新的深度融合——理论逻辑、典型模式与政府作为[J]. 齐鲁学刊，2025(3)：150-160.
[24] 王伟光，白雪飞. 科技创新产业创新深度融合：关系、模式与机制[J]. 河南社会科学，2025，33(4)：74-82.
[25] 杜传忠，李钰葳. 科技创新与产业创新深度融合：机制、模式与路径选择[J]. 社会科学战线，2025(4)：21-34.
[26] 赵放，张淼，蒋国梁，等. 科技创新和产业创新深度融合时空演化特征与机制研究——以高技术产业为例[J]. 科技进步与对策，2025，42(13)：71-84.
[27] 袁金星. 中部地区科技创新和产业创新深度融合的多维测度及推进策略研究[J]. 区域经济评论，2025(5)：85-93.
[28] 孙莉，姜念，钟辉. 科技创新与产业创新融合发展的统计测度与优化路径[J]. 统计与决策，2026，42(7)：99-107.
[29] 刘伟. 科学认识与切实发展新质生产力[J]. 经济研究，2024，59(3)：4-11.
[30] 蔡跃洲，陈楠. 新技术革命下人工智能与高质量增长、高质量就业[J]. 数量经济技术经济研究，2019，36(5)：3-22.
[31] 王林辉，钱圆圆，宋冬林，等. 机器人应用的岗位转换效应及就业敏感性群体特征——来自微观个体层面的经验证据[J]. 经济研究，2023，58(7)：69-85.
[32] 陈钊，初运运. 新兴企业进入与产业链升级：来自中国无人机行业的证据[J]. 世界经济，2023，46(2)：85-107.
[33] 姚树洁，陈锡毅. 科技创新与产业创新融合发展：意义、挑战与战略[J]. 重庆大学学报(社会科学版)，2025，31(3)：1-19.
[34] 余东升，余娟娟，陈梦园. 人工智能赋能何以助推新质生产力提升：基于企业绿色全要素生产率视角[J]. 中国软科学，2026(2)：137-148.
[35] 任保平，司聪. 以科技创新与产业创新的深度融合推动形成新质生产力研究[J]. 经济学家，2025(2)：76-86.
[36] 姜春. 双螺旋共振：文化和科技融合协调评价与影响因素研究[J]. 求索，2025(3)：193-206，208.
[37] 夏海利，孙巍. 质量-效率-动力变革与绿色低碳转型——基于动态一般均衡理论的研究[J]. 财经科学，2026(1)：108-123.
[38] 白雪洁，陈晓英，宋培. 科技创新和产业创新深度融合的政策需求与实践路径[J]. 财经问题研究，2026(5)：76-88.
[39] 赵放，祝晓薇，刘凡琪. 科技创新与产业创新深度融合赋能新质生产力发展的逻辑与进路[J]. 学术交流，2026(2)：92-110.
[40] 王淑佳，孔伟，任亮，等. 国内耦合协调度模型的误区及修正[J]. 自然资源学报，2021(3)：793-810.
[41] 沈丽，张好圆. 中国绿色金融与经济高质量发展耦合协调的时空格局演化及收敛性研究[J]. 中国管理科学，2025，33(2)：50-60.
[42] 张虎，韩爱华. 制造业与生产性服务业耦合能否促进空间协调——基于285个城市数据的检验[J]. 统计研究，2019，36(1)：39-50.
[43] DAGUM C. A new approach to the decomposition of the gini income inequality ratio[J]. Empirical Economics，1997(4)：515-531.
[44] YUAN Y，WEI S，WAN D，et al. A study of land-economy-society-ecology coordination in the Yangtze River Delta based on coupled coordination degree model[J]. International Review of Economics and Finance，2024，95：103474.
[45] 师应来，赵一帆，肖烯岚. 产业结构升级、科技创新与经济高质量发展的耦合协调研究[J]. 统计与决策，2024，40(1)：119-124.
[46] 刘静，崔兰花，齐巧玲. 科技创新、产业结构与制造业碳排放的耦合协调时空演变分析[J]. 生态经济，2024，40(2)：61-66，85.
[47] 胡平，周森，温春龙. 产业集群网络特征与创新活跃性的关系研究[J]. 中国科技论坛，2012(10)：10-16，57.
[48] 杨骞，刘鑫鹏，孙淑惠. 中国科技创新效率的时空格局及收敛性检验[J]. 数量经济技术经济研究，2021，38(12)：105-123.
[49] 庞国光，李琳，郭东，等. 中国城市科技创新和产业创新融合：互动逻辑、时空演化及影响因素[J]. 经济问题探索，2025(11)：135-155.
[50] LEE L F，YU J. Some recent developments in spatial panel data models[J]. Regional Science and Urban Economics，2010，40(5)：255-271.
[51] 张少华，陈治. 数字金融集聚空间分布模式与区域创新能力提升[J]. 统计与决策，2026，42(4)：147-153.

# Research on the Integration and Coordination Evaluation, Spatio-Temporal Evolution, and Convergence Characteristics of Scientific Innovation and Industrial Innovation

Yang Chengjia, Wang Tingmei, Zou Que

(School of Economics, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

**Abstract**: At present, the integration and development of scientific and technological innovation and industrial innovation, along with their same-frequency resonance, are regarded as the two wings for the development of new productive forces. A comprehensive evaluation system was constructed based on the entropy method and the coupling coordination degree model to measure the level of integrated development of scientific and technological innovation and industrial innovation in 31 provinces of China (Due to the lack of data, the statistical data mentioned here do not include the Hong Kong Special Administrative Region, the Macao Special Administrative Region and Taiwan Province.) from 2012 to 2023. Then, the Dagum Gini coefficient decomposition, Kernel density estimation, Moran's $I$ index, and spatial convergence model were used to explore the regional differences, spatiotemporal evolution, and convergence characteristics of the integration development level of the two. It is found that the level of integration of scientific and technological innovation and industrial innovation in China is generally increasing year by year, showing spatial characteristics of "high in the east and low in the west". The regional gap in the integration development level showed a rising trend. The gap within the eastern region was the largest, and the gap between the eastern and western regions was also the largest. The overall difference mainly came from regional disparities. The overall integration level changed from relative dispersion of low values to high concentration of high values, the imbalance increased obviously, and multi-polarization characteristics appeared in the central, western, and northeastern regions. The positive spatial aggregation effect is significant, and absolute $\beta$ convergence and conditional $\beta$ convergence existed in the whole country and the four major regions. Consequently, the current situation of the integration of scientific and technological innovation and industrial innovation in China is clarified. Efficient allocation of innovative development resources, optimization of the economic structure, and enhancement of development coordination, and strong support for the construction of a new development pattern are thus provided.

**Keywords**: scientific and technological innovation; industrial innovation; convergence development; spatio-temporal evolution; convergence