



# 经济理论与经济管理

工作论文系列

Working Paper Series

## 科技创新与现代化产业体系耦合发展研究

林木西 王 聪

ETBMWP2024094

- \* 本刊编辑部推出工作论文项目，将“拟用稿”而尚未发表的稿件，以工作论文的方式在官网呈现，旨在及时传播学术成果，传递学术动态。  
本刊所展示的工作论文，与正式刊发版可能会存在差异。如若工作论文被发现存在问题，则仍有被退稿的可能。各位读者如有任何问题，请及时联系本刊编辑部，期待与您共同努力、改进完善。  
联系人：李老师；联系电话：010-62511022

# 科技创新与现代化产业体系 耦合发展研究<sup>\*</sup>

林木西 王 聪

**[提 要]** 本文构建了科技创新与现代化产业体系的耦合发展模型，基于熵权 TOPSIS 和灰色关联度评价法，对 2007—2022 年中国 30 个省份的科技创新与现代化产业体系耦合度进行了测度。在此基础上，利用 Dagum 基尼系数、 $\sigma$  收敛系数和莫兰指数对耦合度的时空特征进行分析，并通过建立 Tobit 模型探讨了科技创新与现代化产业体系耦合度的影响因素。研究发现：①在全国层面上，科技创新与现代化产业体系耦合度呈稳步上升趋势，但目前尚处于初级协调阶段。②耦合度的总体差异呈扩大趋势，且主要来源是区域间差异；除东北地区存在  $\sigma$  收敛外，全国以及东部、中部和西部地区均呈发散特征；耦合度存在空间正相关性，大部分省份呈“高一高”或“低—低”聚集特征。③金融规模、基础设施、信息化水平、人口受教育水平和社会福利对耦合度有正向影响，而政府干预则有负向影响，且这些因素对耦合度的影响存在区域异质性。

**[关键词]** 科技创新；现代化产业体系；耦合发展

2023 年 12 月，中央经济工作会议将“以科技创新引领现代化产业体系建设”放在 2024 年经济工作的首位，并强调“要以科技创新推动产业创新，特别是以颠覆性技术和前沿技术催生新产业、新模式、新动能，发展新质生产力。”<sup>①</sup> 2024 年 1 月，习近平总书记在二十届中央政治局第十一次集体学习时提出“要及时将科技创新成果应用到具体产业和产业链上，改造提升传统产业，培育壮大新兴产业，布局建设未来产业，完善现代化产业体系。”<sup>②</sup> 2024 年 7 月，党的二十届三中全会进一步提出“健全因地制宜发展新质生产力体制机制”“加强关键共性技术、前沿引领技术、现代工程技术、颠覆性技术创新”“以国家标准提升引领传统产业优化升级”。<sup>③</sup> 科技创新是发展新质生产力的核心要素，是现代化产业体系的重要支撑。加快建设现代化产业体系是推动高质量发展、全面建设社会主义现代化国家的必然要求。为此，本文对科技创新与现代化产业体系的耦合发展水平进行测度，并探讨其变化趋势及影响因素，为研究其与发展新质生产力、推动高质量发展之间的关系奠定基础。

\* 林木西，辽宁大学经济学院、辽宁大学国民经济研究院；王聪（通讯作者），辽宁大学经济学院，邮政编码：110036，电子邮箱：wangconglnu@163.com。本文文责自负。

① 《中央经济工作会议在北京举行》，《人民日报》，2023-12-13。

② 《习近平：发展新质生产力是推动高质量发展的内在要求和重要着力点》，中国政府网，2024-05-31，[https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202405/content\\_6954761.htm](https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202405/content_6954761.htm)。

③ 《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》，2024-07-22。

## 一、文献综述

根据研究视角不同，可以将关于科技创新的研究分为两类：一是基于科技创新的特征和发展要求，对其进行测度与评价。陈艳华（2017）采用熵权 TOPSIS 方法，从科研创新基础、科技创新投入水平、科技创新产出水平、科技创新技术扩散与经济效益等 4 个维度对中国各区域科技创新能力进行测度与评价。杨武等（2023）从过程—结构—时序的维度构建指标评价体系，选用合成指数的方法测度科技创新景气指数，分析科技创新景气状态及周期性变化，进而为促进地区间科技创新的协同发展与质量提升提供量化依据。二是侧重于研究科技创新的影响因素及提升路径。杜博士和吴宗法（2023）研究发现地方政府治理水平的提升能够显著促进地区科技创新能力的提高，但这种影响存在区域异质性，并指出民生服务和知识产权保护应是政府推动科技创新的重点领域。杨菲和钟书华（2024）指出基础研究与应用研究是科技创新的基础，并以 36 个 OECD 国家为研究样本探讨研究人员、研究经费投入构成比例对科技创新的影响及其异质性特征。

近年来，现代化产业体系的内涵和测度成为理论研究的重点。随着党的二十大正式将“建设现代化产业体系”提上日程，相关研究更加丰富。现有文献可分为三种研究视角：一是围绕现代化产业体系的内涵和特征展开研究。陈英武等（2023）构建了现代化产业体系的“结构—特征—支撑”分析框架，指出现代化产业体系是以先进制造业、现代服务业和现代农业为核心，以新兴产业及未来产业为增长引擎，能够实现要素协同发展，具有自主可控、数字引领、融合发展、绿色低碳等特征的产业体系。刘瑞（2023）将现代化产业体系和传统产业体系进行比较，认为现代化产业体系是指以一定发展阶段的生产技术、工艺流程和经营管理为基础的各种产业相互结合而形成的有机整体。二是关于现代化产业体系的测度。林木西和王聪（2022）基于“四位协同”的发展要求，从实体经济、科技创新、现代金融和人力资源等 4 个维度构建指标评价体系，对现代化产业体系建设水平及其区域差异进行分析。王学凯（2023）从产业的实体性、创新性、融合性、绿色性、开放性、安全性和支撑性等 7 个维度测度现代化产业体系建设水平。三是从解决现实问题的角度探讨建设现代化产业体系的路径。赵祥（2023）从部门结构、功能结构和空间结构的角度分析建设现代化产业体系的核心要义，指出目前产业体系存在部门结构有待优化、高附加值功能相对较弱和空间形态断层明显等问题，并提出相应的对策建议。许召元等（2023）指出与 2035 年基本实现社会主义现代化目标的要求相比，现代化产业体系建设的主要差距在于关键核心技术存在短板、制造业劳动生产率不高、绿色低碳水平偏低、生产性服务业发展滞后，以及研发投入的质量和投入产出效率有待提升，为此应从上述几个方面加以改进。张辉（2023）重点关注产业发展面临的结构性问题，指出优化初次分配机制、坚持创新在现代化建设全局中的核心地位、深化市场改革和实施产业空间的动态平衡战略是推动产业现代化发展的有效路径。

关于科技创新与现代化产业体系之间关系的研究主要集中在两个方面：一是科技创新对现代化产业体系的促进作用。史丹等（2023）研究发现随着国内技术转出数量的提升，转出地科研人员的收入水平会有所提升，引致该地区形成良好的创新环境，集聚更多研发机构和科研人员，为产业升级提供了源源不断的动力。杜传忠和李钰葳（2024）从科技创新促进新质生产力形成的角度展开研究，发现科技创新引发的知识创造和技术突破往往以“簇群”方式涌现，能够驱动大量战略性新兴产业和未来产业的形成和积聚，同时促进传统产业不断推出具有更高科技含量的新产品和服务，进而形成产业竞争新优势。二是现代化产业体系对科技创新的影响。黄群慧（2021）指出工业本身蕴含着生产能力和知识积累，是经济增长的源泉，特别是制造业既是技术创新的主

要来源，也是技术创新的使用者和传播者，即使在制造业比重下降的发达国家，大部分技术创新也发生在制造业。裴长洪和倪江飞（2023）指出科技力在增强综合国力中决定性作用的发挥主要是以制造业为载体实现的，制造业为科技创新提供了丰富的应用场景和坚强的根基。师应来等（2024）认为产业结构升级对科技创新的促进作用主要体现在其带来的经济效益为科技创新提供资金及人力资源支撑，产业结构升级意味着产业发展对科技创新有更高要求，从而催生出科技创新的动力。

通过梳理科技创新与现代化产业体系的既有文献发现，绝大多数文献侧重于研究二者之间的单向关系，系统研究二者之间的相互作用关系的文献相对较少。有鉴于此，本文的边际贡献如下：①构建科技创新与现代化产业体系耦合发展模型，测度二者耦合发展水平。②分析科技创新与现代化产业体系耦合度的区域差异、收敛性及空间特征。③构建面板数据 Tobit 模型，进一步分析影响科技创新与现代化产业体系耦合度的主要因素。

## 二、科技创新与现代化产业体系耦合发展的机理

### （一）科技创新引领现代化产业体系建设

科技是第一生产力，创新是第一动力，推进产业基础高级化、产业链现代化，离不开科技创新的支撑。全面提升产业基础高级化和产业链现代化水平，是建设现代化产业体系的必然要求，科技创新是实现产业发展动能转换的关键。习近平总书记强调“在激烈的国际竞争中，我们要开辟发展新领域新赛道、塑造发展新动能新优势，从根本上说，还是要依靠科技创新。”<sup>①</sup> 整合优化创新资源，推进关键核心技术攻关，特别是加强包括关键基础材料、核心基础零部件（元器件）、先进基础工艺和产业技术基础在内的“工业四基”建设，是推进产业基础高级化的有效途径。在此基础上，统筹好科技创新和产业创新，协同推动短板产业补链、优势产业延链、传统产业升链、新兴产业建链，对于全面提升产业链现代化水平具有重要意义。

作为发展新质生产力的核心要素，科技创新是加快建设现代化产业体系的动力源泉和决定力量。2023年9月，习近平总书记在新时代推动东北全面振兴座谈会上提出“新质生产力”的概念，并将其与“战略性新兴产业和未来产业”紧密联系在一起，对加快建设现代化产业体系提出更高要求。实际上，无论是推动传统产业改造升级，还是培育壮大新兴产业、前瞻布局未来产业，都离不开先进技术的加速迭代。2023年中央经济工作会议提出“以科技创新推动产业创新，特别是以颠覆性技术和前沿技术催生新产业、新模式、新动能，发展新质生产力。”<sup>②</sup> 2014年1月，习近平总书记在二十届中央政治局第十一次集体学习时强调“科技创新能够催生新产业、新模式、新动能，是发展新质生产力的核心要素。”<sup>③</sup> 以上论述阐明了科技创新、产业创新与发展新质生产力之间的关系，突出了颠覆性技术和前沿技术在发展新质生产力中的地位和作用。科技创新既有利于提高产业发展的科技含量，又能够推动生产力实现由量变到质变的发展。当关键性技术实现突破，必然引发生产力水平的质变，并逐步形成具有高科技、高效能、高质量特征的新质生产力，从而推动现代化产业体系建设。

① 《习近平在参加江苏代表团审议时强调牢牢把握高质量发展这个首要任务》，《人民日报》，2023-03-06。

② 《中央经济工作会议在北京举行》，《人民日报》，2023-12-13。

③ 《习近平：发展新质生产力是推动高质量发展的内在要求和重要着力点》，中国政府网，2024-05-31，[https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202405/content\\_6954761.htm](https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202405/content_6954761.htm)。

### （二）现代化产业体系建设促进科技创新

不同于传统产业体系，现代化产业体系以实体经济为支撑，以现代先进技术广泛运用为主要特征，以战略新兴产业和未来产业为主导，对科技创新具有重要影响。一方面，现代化产业体系是现代化国家的物质技术基础，能够为科技创新提供支持，为实现第二个百年奋斗目标提供坚强物质支撑。作为现代化经济体系的重要组成部分，现代化产业体系对于高质量发展的推动作用不仅仅在于产业发展本身所带来的经济效应对其他领域现代化提供有力支撑，而且有利于强化科技创新的物质保障，从持续提高科技投入、不断完善科技基础条件、营造良好的创新环境等方面推动科技创新。

另一方面，战略性新兴产业和未来产业以前沿重大科技创新或技术突破为基础，是形成和发展新质生产力的重要载体，也是科技创新的主阵地。战略性新兴产业和未来产业具有创新活跃、技术密集、发展前景广阔等特征，是现代化产业体系“先进性”的重要体现，代表着产业升级和科技创新的主要方向。2023年中央经济工作会议对培育壮大战略性新兴产业和未来产业提出要求，强调“打造生物制造、商业航天、低空经济等若干战略性新兴产业，开辟量子、生命科学等未来产业新赛道”。<sup>①</sup> 2024年1月，《工业和信息化部等七部门关于推动未来产业创新发展的实施意见》按照“技术创新—前瞻识别—成果转化”的思路，提出面向未来制造、未来信息、未来材料、未来能源、未来空间、未来健康等六大重点方向开展重大攻坚。2024年7月，党的二十届三中全会提出“健全因地制宜发展新质生产力体制机制”，强调“完善推动新一代信息技术、人工智能、航空航天、新能源、新材料、高端装备、生物医药、量子科技等战略性新兴产业发展和治理体系”。<sup>②</sup> 战略性新兴产业和未来产业的发展需求将进一步催生科技创新的突破，为加快形成新质生产力、增强发展新动能提供强大支撑。

因此，从科技创新“引领”现代化产业体系建设和现代化产业体系建设“促进”科技创新相互作用、相互支撑、协调发展的角度，构建科技创新与现代化产业体系耦合发展模型，测度二者耦合发展水平，分析二者耦合发展的时空特征，以及影响二者耦合度的主要因素，具有重要的理论和现实意义。

## 三、科技创新与现代化产业体系耦合度的测度

### （一）构建指标评价体系

基于科技创新与现代化产业体系的主要特征，以及二者耦合发展的机理，本文构建了科技创新与现代化产业体系耦合发展的指标评价体系。

1. 科技创新。科技创新过程是科研探索、技术研发、产品生产和市场应用等环节的统一。研发投入稳定增长、创新成果不断涌现以及创新环境持续优化是提升科技创新水平的关键。主要有：

创新投入是科技创新的重要支撑。科技创新离不开高水平的人才和持续稳定的资金投入：一方面，人才是第一资源，加快实现高水平科技自立自强的根本在人才，研发人员是一种重要而特殊的生产要素，能够通过知识积累和技术进步提高科技创新水平；另一方面，研发经费是创新发展的战略性资源，发达国家的经验表明，增加研发经费投入有利于提升科技创新的活跃度，尤其是对基础研究领域具有较强促进作用。

<sup>①</sup> 《中央经济工作会议在北京举行》，《人民日报》，2023-12-13。

<sup>②</sup> 《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》，2024-07-22。

创新产出是科技创新能力的集中体现。创新产出主要是指科技创新活动中所产出的成果数量 and 水平，它能够在很大程度上反映出某一地区或产业的原始创新能力、创新活跃程度和技术创新水平。从表现形式来看，创新产出可以分为知识产出和技术产出，包括但不限于科技论文发表量、专利拥有量、商标拥有量及技术市场成交量等。

良好的创新环境是科技创新的必要条件。除人才、资金等因素外，科技创新还会受到外部环境的影响。创新环境是指影响创新主体进行创新活动的各种因素和条件的总和，包括政策环境、法制环境、人文环境和市场环境等，良好的创新环境对科技创新具有激励作用。

为此，本文参考蒋天颖等（2014）、华坚和胡金昕（2019），以及葛鹏飞等（2020）的研究成果，从创新投入、创新产出和创新环境 3 个维度入手，选取 8 个指标来衡量科技创新的发展水平（见表 1）。

2. 现代化产业体系。现代化产业体系是一个动态的、与时俱进的概念，结合理论和实践要求，其主要特征为：

实体经济是现代化产业体系的重要支撑。作为各类生产要素得以优化配置并发挥作用的重要载体，实体经济是一国经济的立身之本。以实体经济为支撑的现代化产业体系，是现代化经济体系的基础和核心，是中国迈向现代化的关键因素。中国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段，在此过程中要吸取一些西方国家经济“脱实向虚”的教训，把做实做强做优实体经济作为主攻方向。

高端智能是现代化产业体系的发展方向。产业高端化、智能化是顺应新一轮科技革命和产业变革趋势的必然要求。利用高端设备和智能系统替代传统劳动力执行生产任务，是节约生产成本、提高生产效率和保障生产安全的有效方式。随着人工智能技术快速发展、数据和算力资源日益丰富、应用场景不断拓展，以信息化、智能化为杠杆培育产业发展新动能，支持和推动产业高端化、智能化发展，有助于进一步释放和发展生产力。

绿色低碳是现代化产业体系的生态底色。产业绿色化是解决资源环境约束问题、塑造国际竞争新优势的重要抓手。随着能源短缺、环境污染和气候变化等问题日益突出，产业发展面临新的约束条件，产业绿色转型成为实现高质量发展的关键环节。通过发展绿色低碳技术，推动传统产业绿色化改造，发展壮大绿色环保战略性新兴产业，以最少资源环境代价获得最大经济社会效益，有利于在落实“双碳”目标任务过程中锻造新的产业竞争优势。

融合发展是现代化产业体系的重要趋势。产业融合化是提升全要素生产率、形成产业综合优势的有效途径。通过产业渗透、产业交叉和产业重组等形式，打破行业之间界限，实现产业融合化发展，已经成为全球产业发展的重要趋势。多措并举推进产业融合化，推动现代服务业同先进制造业、现代农业深度融合，使不同产业门类、大中小企业和上下游环节之间紧密互动、高度耦合，实现资源共享和优化配置，有利于更好地发挥产业体系的整体效能。

对外开放是现代化产业体系的必然要求。现代化产业体系不是封闭的自我循环体系，而是与外界存在要素流动和信息交换的开放系统。加快构建新发展格局，着力推动高质量发展，必须坚持高水平对外开放，增强国内国际两个市场两种资源的联动效应，深度参与全球产业分工和合作，强化国内外产业链供应链联动，保持与外部世界的良性互动。

安全可控是现代化产业体系的重要前提。建设现代化产业体系，必须统筹发展与安全。随着世界经济不稳定性不确定性增强，来自外部的打压遏制随时可能升级，维护产业安全的重要性日益凸显。安全可控的关键是实现产业链供应链的安全稳定、高效畅通，强调对产业链供应链的各个环节、各种市场主体和各类生产要素具备把控能力，尤其是关键领域的技术和产品不能受制于人，必须牢牢掌握产业发展的主动权。

## 林木西等：科技创新与现代化产业体系耦合发展研究

基于以上特征，本文参考林木西和王聪（2022）、王学凯（2023）的研究成果，从实体经济、高端智能、绿色低碳、融合发展、对外开放和安全可控 6 个维度入手，选取 17 个指标来衡量现代化产业体系的发展水平（见表 1）。

表 1 科技创新与现代化产业体系耦合发展的指标评价体系

	子系统	准则层	具体测算指标	属性
科技创新与现代化产业体系耦合发展	科技创新	创新投入	R&D 人员数/就业人数	正向
			规模以上企业 R&D 经费支出/GDP	正向
			财政科学技术支出/地方政府公共财政支出	正向
		创新产出	专利申请受理数/总人口	正向
			专利授权数/总人口	正向
			技术市场成交额/GDP	正向
		创新环境	互联网接入端口数/总人口	正向
	市场化指数：中介组织发育和法律得分		正向	
	现代化产业体系	实体经济	第二产业增加值增长率	正向
			第二、三产业增加值/GDP	正向
			第二产业增加值/第二产业从业人数	正向
			第一产业增加值/第一产业从业人数	正向
			第三产业增加值/第三产业从业人数	正向
		高端智能	高新技术企业工业总产值/第二产业增加值	正向
			高技术产业新产品销售收入/主营业务收入	正向
			高技术产业利润总额增长率	正向
		绿色低碳	单位 GDP 的碳排放量	逆向
工业污染治理完成投资/GDP			正向	
融合发展		规模以上工业企业资产利润率	正向	
		农业机械总动力/耕地面积	正向	
		电子商务销售额/第三产业增加值	正向	
对外开放	进出口总额/GDP	正向		
	实际利用外资直接投资额/GDP	正向		
安全可控	对外非金融类直接投资/GDP	适度		
	外商投资企业进出口额/进出口总额	适度		

综合考虑科学性和数据的可得性，本文选取 2007—2022 年中国 30 个省份的面板数据作为研究样本（由于数据缺失不包含西藏），数据来源于国家统计局网站和 Wind 数据库。对于个别指标存在部分年份数据缺失的问题，主要根据缺失数据的具体情况，采取均值法、年均增长率或相邻年份的数据进行填补。

### （二）研究方法

1. 发展指数的测度。参考徐晔和赵金凤（2021）的做法，本文采用熵权 TOPSIS 和灰色关联度的动态评价方法分别对科技创新发展指数和现代化产业体系发展指数进行测度。具体实施步

骤如下：

第一步，对指标数据进行无量纲化处理，采用熵权法确定各指标的信息熵、权重值，得到加权指数。其中，正向、负向和适度指标的无量纲化处理参考沈丽等（2019）；信息熵、权重值和加权指数的计算方法参考陶长琪和徐茉（2021）。

第二步，参考陶长琪和徐茉（2021）的做法，根据各评价对象与理想对象、负理想对象的距离判定各评价对象与理想对象的相对贴近度  $c_i$ 。

第三步，参考徐林明等（2019）的做法，计算各评价对象与理想对象的灰色关联度  $r_i$ 。

第四步，将相对贴近度和灰色关联度合并，计算新贴近度，以此代表各评价对象的发展指数  $h_i$ ：

$$h_i = \alpha c_i + (1 - \alpha) r_i \quad (1)$$

式中， $\alpha$  表示决策者对位置和形状的偏好， $0 \leq \alpha \leq 1$ ，本文认为位置和形状同等重要，故取  $\alpha = 0.5$ 。发展指数  $h_i$  的取值范围在 0 到 1 之间，数值越接近 1 表示评价对象的科技创新或现代化产业体系的发展水平越高。

2. 耦合度的测度。参考逯进和周惠民（2013）的做法，假设系统发展度函数遵循 Cobb-Douglas 形式，具有严格拟凹性和规模报酬不变性，具体形式如下：

$$T = \lambda h_1(x)^\theta h_2(x)^{1-\theta} \quad (2)$$

式中， $T$  表示由两系统构成的复合系统的发展水平（称为系统发展度），即表示由科技创新和现代化产业体系所构成的复合系统的发展水平； $\lambda$  表示外生参数，本文取  $\lambda = 1$ ； $h_1(x)$  和  $h_2(x)$  分别表示科技创新发展指数和现代化产业体系发展指数， $\theta$  和  $1 - \theta$  分别表示科技创新发展指数和现代化产业体系发展指数的产出弹性，它们能够反映两系统相对于复合系统的重要程度，这里设定  $\theta = 1 - \theta = 0.5$ 。

进一步地，引入偏离差系数来衡量科技创新与现代化产业体系的协调态势：

$$C_v = \sqrt{\{h_1(x) - \bar{h}(x)\}^2 + \{h_2(x) - \bar{h}(x)\}^2} / \bar{h}(x) = \sqrt{2(1 - C)} \quad (3)$$

式中， $\bar{h}(x)$  表示科技创新发展指数和现代化产业体系发展指数的平均值， $\bar{h}(x) = [h_1(x) + h_2(x)] / 2$ ； $C_v$  是复合系统的偏离差系数，反映科技创新与现代化产业体系的平均偏离程度，其数值越小，说明科技创新与现代化产业体系的偏离程度越低。

由式（3）可得：

$$C = 4h_1(x) \cdot h_2(x) / [h_1(x) + h_2(x)]^2 \quad (4)$$

式中， $C$  是复合系统的协调度。其数值越大，表示科技创新与现代化产业体系的协调度越高。

由式（3）和式（4）可知，当  $C_v$  趋近于 0 时，协调度  $C$  接近 1。也就是说，科技创新与现代化产业体系的偏离差系数越小，二者的协调度越高。

虽然协调度  $C$  能够反映科技创新与现代化产业协调发展程度的强弱，但却忽略了现实中系统发展可能出现的动态变化。例如，当科技创新发展指数和现代化产业体系发展指数均处于较低水平时，通过上述计算仍然可能得出二者具有较高协调性的结论。为解决上述问题，本文计算了二者的耦合度，以此来衡量科技创新与现代化产业体系的耦合发展水平，即：

$$D = \sqrt{C \cdot T} \quad (5)$$

式中， $C$ 、 $T$  分别表示科技创新与现代化产业体系的协调度和发展度； $D$  表示二者的耦合度，其



## 林木西等：科技创新与现代化产业体系耦合发展研究

数值越大，表示科技创新与现代化产业体系的耦合发展水平越高。参考丁煜和陶长琪（2023）的做法，本文根据  $D$  值大小，将耦合度划分为 10 种类型，具体如表 2 所示。

表 2 耦合度的判别标准及划分类型

负向耦合（失调）		正向耦合（协调）	
$D$ 值	类型	$D$ 值	类型
(0.00, 0.09]	极度失调	(0.49, 0.59]	勉强协调
(0.09, 0.19]	严重失调	(0.59, 0.69]	初级协调
(0.19, 0.29]	中度失调	(0.69, 0.79]	中级协调
(0.29, 0.39]	轻度失调	(0.79, 0.89]	良好协调
(0.39, 0.49]	濒临失调	(0.89, 1.00]	优质协调

### （三）发展指数的测度结果

按照上述方法得到 2007—2022 年中国 30 个省份的科技创新发展指数和现代化产业体系发展指数，具体如表 3 所示。

1. 科技创新发展指数。全国科技创新发展指数呈逐渐上升趋势，但省份之间科技创新的发展差距较大，其中 2022 年排在全国首位的北京（科技创新发展指数达到 0.8258）与排在末位的云南（仅为 0.3474）相差 1 倍以上。就四大区域而言，目前科技创新发展指数呈东部地区 > 中部地区 > 东北地区 > 西部地区的特征。其中，东部地区科技创新发展指数始终高于全国平均水平，且保持着较高的增长率（年均增长率为 3.61%）；中部地区科技创新发展速度相对较快，发展指数的年均增长率达到 2.44%，全国排名从第三位上升至第二位；东北地区科技创新发展指数的增长较为缓慢，年均增长率仅为 1.64%，其发展指数在考察初期仅排在东部地区之后，明显高于中部和西部地区，后来逐渐被中部地区超越，排名从第二位下滑至第三位；西部地区科技创新发展指数的年均增长率为 2.03%，始终排在全国末位。

2. 现代化产业体系发展指数。全国现代化产业体系发展水平呈小幅上升趋势，省份之间存在较大差距。就四大区域而言，目前现代化产业体系发展指数呈东部地区 > 中部地区 > 东北地区 > 西部地区的特征。其中，东部地区现代化产业体系发展指数始终高于全国平均水平，但增长率相对较小（年均增长率为 0.30%）；中部地区增速最快，从全国第三位上升至第二位，且保持较为稳定的增长态势，年均增长率为 0.46%；东北地区排名从第二位下滑至第三位，年均增长率为 0.37%；西部地区现代化产业体系发展指数的年均增长率虽然相对较高，达到 0.53%，但由于前期产业基础比较薄弱，故始终排在全国末位。

总体而言，科技创新和现代化产业体系发展水平在考察期间均呈逐步上升趋势，然皆存在明显的省际差异、区域差异，发展不平衡不充分问题较为突出。

3. 科技创新与现代化产业体系的相对发展水平。参考葛鹏飞等（2020）的做法，本文计算了科技创新发展指数与现代化产业体系发展指数的比值，以此判断科技创新与现代化产业体系的相对发展水平<sup>①</sup>。如图 1 所示，二者的比值呈上升趋势：2007—2020 年科技创新总体上滞后于现代化产业体系，但差距不断缩小；2021—科技创新逐渐领先于现代化产业体系。这符合科技创新水平不断提升的实际情况，但也说明当前中国在以科技创新推动产业创新方面仍有较大提升空间，需要积极探索新路径、新模式，促进科技创新成果转化为新质生产力，充分发挥科技创新对

<sup>①</sup> 若该比值小于 1，说明科技创新滞后于现代化产业体系；若该比值等于 1，说明二者同步发展；若该比值大于 1，说明科技创新领先于现代化产业体系。

产业升级的引领作用，加快建设现代化产业体系。

表 3 科技创新发展指数和现代化产业体系发展指数

地区	科技创新					现代化产业体系				
	2007	2012	2017	2022	增长率	2007	2012	2017	2022	增长率
北京	0.479	0.588	0.701	0.826	4.83%	0.527	0.522	0.527	0.569	0.54%
天津	0.375	0.408	0.477	0.601	4.01%	0.510	0.490	0.464	0.495	-0.20%
河北	0.297	0.306	0.359	0.394	2.17%	0.379	0.385	0.397	0.456	1.35%
上海	0.422	0.439	0.492	0.648	3.58%	0.511	0.496	0.508	0.560	0.63%
江苏	0.351	0.447	0.466	0.546	3.69%	0.492	0.455	0.445	0.470	-0.29%
浙江	0.356	0.428	0.483	0.556	3.73%	0.446	0.482	0.450	0.494	0.72%
福建	0.314	0.338	0.407	0.444	2.77%	0.437	0.421	0.407	0.460	0.35%
山东	0.326	0.346	0.395	0.513	3.83%	0.420	0.407	0.429	0.439	0.30%
广东	0.348	0.371	0.449	0.548	3.82%	0.507	0.473	0.461	0.485	-0.29%
海南	0.286	0.296	0.346	0.405	2.79%	0.436	0.425	0.424	0.450	0.21%
东部地区	0.355	0.397	0.458	0.548	3.61%	0.467	0.456	0.451	0.488	0.30%
山西	0.307	0.312	0.352	0.376	1.52%	0.422	0.379	0.393	0.400	-0.36%
安徽	0.307	0.333	0.389	0.470	3.52%	0.393	0.400	0.416	0.437	0.74%
江西	0.302	0.301	0.360	0.390	1.95%	0.401	0.401	0.411	0.419	0.29%
河南	0.298	0.308	0.353	0.385	1.95%	0.375	0.397	0.430	0.418	0.75%
湖北	0.311	0.327	0.387	0.454	3.08%	0.380	0.381	0.398	0.424	0.78%
湖南	0.304	0.314	0.355	0.420	2.56%	0.391	0.386	0.414	0.429	0.65%
中部地区	0.305	0.316	0.366	0.416	2.44%	0.394	0.391	0.410	0.421	0.46%
内蒙古	0.294	0.306	0.346	0.370	1.74%	0.396	0.389	0.415	0.434	0.65%
广西	0.293	0.305	0.344	0.382	2.01%	0.358	0.363	0.376	0.406	0.88%
重庆	0.316	0.330	0.386	0.420	2.18%	0.381	0.386	0.450	0.457	1.33%
四川	0.303	0.312	0.372	0.406	2.27%	0.366	0.384	0.394	0.408	0.78%
贵州	0.291	0.295	0.332	0.356	1.48%	0.386	0.382	0.366	0.404	0.31%
云南	0.291	0.294	0.329	0.347	1.30%	0.379	0.386	0.376	0.398	0.33%
陕西	0.308	0.341	0.407	0.488	3.89%	0.368	0.387	0.405	0.409	0.75%
甘肃	0.300	0.308	0.356	0.376	1.67%	0.408	0.399	0.389	0.389	-0.30%
青海	0.291	0.299	0.359	0.363	1.66%	0.378	0.371	0.378	0.415	0.65%
宁夏	0.302	0.302	0.365	0.397	2.10%	0.408	0.397	0.397	0.408	-0.02%
新疆	0.294	0.297	0.347	0.379	1.93%	0.388	0.381	0.388	0.420	0.55%
西部地区	0.298	0.308	0.358	0.389	2.03%	0.383	0.384	0.390	0.413	0.53%
辽宁	0.331	0.340	0.391	0.419	1.78%	0.454	0.445	0.396	0.414	-0.59%
吉林	0.318	0.327	0.384	0.388	1.47%	0.363	0.370	0.391	0.435	1.33%
黑龙江	0.314	0.328	0.363	0.393	1.67%	0.380	0.382	0.391	0.414	0.59%
东北地区	0.321	0.332	0.379	0.400	1.64%	0.399	0.399	0.393	0.421	0.37%
全国	0.321	0.341	0.395	0.449	2.65%	0.415	0.411	0.415	0.441	0.41%

注：囿于篇幅限制，表中仅列出了 2007 年、2012 年、2017 年和 2022 年的数据，其中均值和增长率分别为 2007—2022 年的均值和年均增长率。

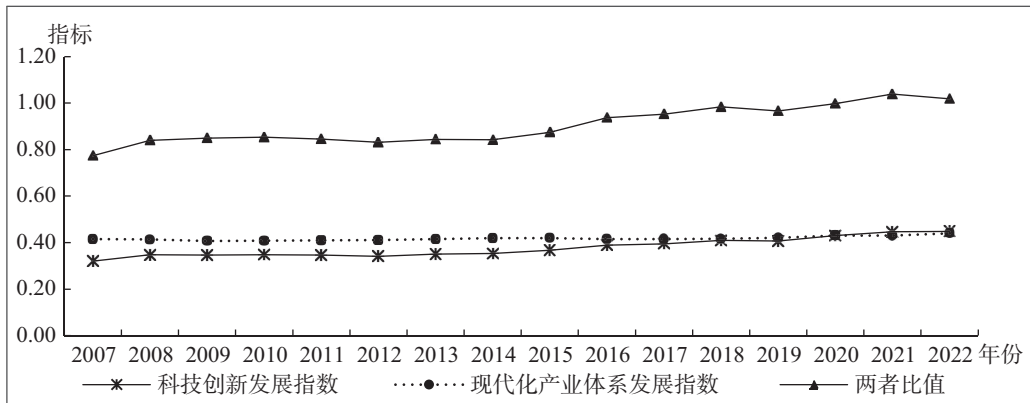


图 1 科技创新与现代化产业体系的相对发展水平

#### (四) 耦合度的测度结果

将科技创新发展指数和现代化产业体系发展指数纳入耦合协调度模型，分析得到科技创新与现代化产业体系耦合度，具体如表 4 所示。

从全国范围来看，科技创新与现代化产业体系耦合度呈稳步上升趋势，但仍处于初级协调阶段，距离优质协调阶段还有较大距离。结合科技创新和现代化产业体系各自的发展指数来看，科技创新的提升幅度较大，说明科技创新持续发展对于二者耦合发展水平的提升具有较大贡献。

从各省发展情况来看，科技创新与现代化产业体系耦合度呈现出不同程度的增长态势。就 2022 年而言，大部分省份的科技创新与现代化产业体系耦合度处于初级协调阶段，仅少数省份处于良好协调或中级协调阶段：北京的科技创新和现代化产业体系耦合度最高，处于良好协调阶段；上海、天津、浙江、广东和江苏处于中级协调阶段；其他 24 个省份均处于初级协调阶段。从变化幅度来看，浙江增长幅度最大，从 2007 年的 0.6 275 上升至 2022 年的 0.7 228，年均增长率达到 1.01%；辽宁增长幅度最小，从 2007 年的 0.6 150 上升至 2022 年的 0.6 453，年均增长率仅为 0.33%。

就四大区域而言，东部地区科技创新与现代化产业体系耦合度明显高于全国平均水平，中部、西部和东部地区则低于全国平均水平（见图 2）。其中，东部地区耦合度的增长速度最快，年均增长率达到 0.88%；中部地区年均增长率为 0.72%，耦合度逐渐接近全国平均水平；西部地区年均增长率为 0.64%，耦合度目前排在全国末位；东北地区耦合度排名从全国第二位下降至第三位，年均增长率仅为 0.52%。作为全国经济发展的“排头兵”，东部地区工业化、城市化和科技教育水平都比较高，在推动科技创新与现代化产业体系耦合发展方面具有独特优势。在国家政策的支持下，中部地区发展势头强劲，已经形成多个科技创新中心，企业也在逐渐从低成本驱动向高技术产业转型，科技创新与现代化产业体系形成良性互动，二者耦合发展水平得以提升。受自然、历史和文化等因素影响，西部地区经济发展起步较晚，产业基础薄弱，人才吸引力和培养能力不强，因此在科技创新和产业发展方面相对落后，导致科技创新与现代化产业体系的耦合发展水平不高。东北地区的科技创新和现代化产业体系发展相对缓慢，因而二者耦合发展水平也不高，导致这种情况的原因比较复杂，如体制机制不健全、产业结构不合理和人才流失严重等。

表 4 科技创新与现代化产业体系耦合度的测算结果

地区	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020	2022	增长率	类型
北京	0.731	0.734	0.743	0.751	0.754	0.770	0.782	0.814	1.00%	良好协调
天津	0.663	0.663	0.666	0.677	0.691	0.708	0.720	0.735	0.83%	中级协调
河北	0.591	0.587	0.582	0.595	0.608	0.623	0.633	0.649	0.86%	初级协调
上海	0.689	0.694	0.682	0.688	0.705	0.715	0.738	0.774	0.94%	中级协调
江苏	0.646	0.657	0.671	0.660	0.672	0.686	0.711	0.710	0.78%	中级协调
浙江	0.637	0.645	0.673	0.663	0.683	0.697	0.711	0.723	1.01%	中级协调
福建	0.615	0.615	0.611	0.618	0.638	0.649	0.666	0.672	0.80%	初级协调
山东	0.614	0.614	0.611	0.620	0.632	0.645	0.673	0.687	0.92%	初级协调
广东	0.644	0.647	0.643	0.649	0.669	0.691	0.748	0.716	0.83%	中级协调
海南	0.596	0.595	0.586	0.591	0.613	0.622	0.632	0.652	0.82%	初级协调
东部地区	0.643	0.645	0.647	0.651	0.667	0.681	0.702	0.713	0.88%	中级协调
山西	0.610	0.593	0.583	0.589	0.601	0.612	0.615	0.622	0.34%	初级协调
安徽	0.600	0.602	0.601	0.610	0.635	0.638	0.648	0.673	1.00%	初级协调
江西	0.599	0.595	0.583	0.590	0.617	0.625	0.638	0.635	0.59%	初级协调
河南	0.589	0.588	0.587	0.598	0.617	0.621	0.625	0.633	0.68%	初级协调
湖北	0.595	0.598	0.592	0.605	0.624	0.628	0.646	0.662	0.90%	初级协调
湖南	0.596	0.594	0.587	0.602	0.614	0.624	0.637	0.652	0.79%	初级协调
中部地区	0.598	0.595	0.589	0.590	0.618	0.625	0.635	0.646	0.72%	初级协调
内蒙古	0.592	0.588	0.583	0.594	0.609	0.612	0.614	0.631	0.62%	初级协调
广西	0.585	0.581	0.574	0.581	0.597	0.604	0.615	0.627	0.71%	初级协调
重庆	0.606	0.605	0.596	0.611	0.626	0.635	0.641	0.661	0.85%	初级协调
四川	0.590	0.590	0.585	0.593	0.610	0.626	0.634	0.638	0.74%	初级协调
贵州	0.588	0.581	0.574	0.578	0.589	0.597	0.608	0.614	0.48%	初级协调
云南	0.587	0.584	0.575	0.579	0.591	0.596	0.601	0.608	0.43%	初级协调
陕西	0.592	0.600	0.602	0.620	0.637	0.643	0.653	0.666	1.02%	初级协调
甘肃	0.596	0.593	0.587	0.590	0.606	0.610	0.612	0.618	0.38%	初级协调
青海	0.582	0.580	0.574	0.585	0.613	0.613	0.614	0.622	0.59%	初级协调
宁夏	0.609	0.590	0.583	0.609	0.623	0.623	0.629	0.634	0.55%	初级协调
新疆	0.594	0.588	0.576	0.590	0.608	0.614	0.612	0.631	0.64%	初级协调
西部地区	0.593	0.589	0.583	0.594	0.610	0.616	0.621	0.632	0.64%	初级协调
辽宁	0.625	0.628	0.618	0.623	0.627	0.635	0.636	0.645	0.33%	初级协调
吉林	0.599	0.591	0.588	0.595	0.616	0.620	0.632	0.640	0.67%	初级协调
黑龙江	0.601	0.596	0.593	0.598	0.616	0.621	0.634	0.635	0.57%	初级协调
东北地区	0.608	0.605	0.600	0.605	0.619	0.626	0.634	0.640	0.52%	初级协调
全国	0.612	0.611	0.607	0.615	0.631	0.640	0.652	0.663	0.73%	初级协调

注：囿于篇幅限制，表中仅列出了偶数年份的数据，其中增长率为 2007—2022 年的年均增长率，耦合类型根据 2022 年的数据给出。

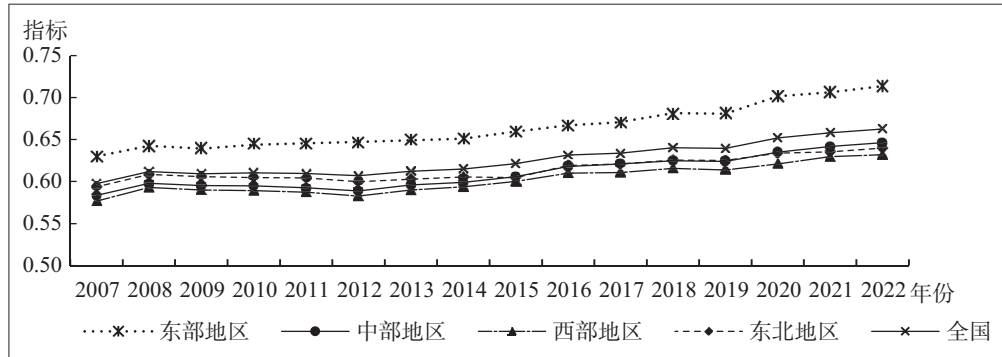


图2 科技创新与现代化产业体系的耦合发展趋势

#### 四、科技创新与现代化产业体系耦合发展的时空特征

##### (一) 耦合度的区域差异及来源分析

本文采用 Dagum 基尼系数法对总体差异、区域内差异、区域间差异进行计算。公式如下：

$$G = \frac{1}{2n^2\mu} \sum_{j=1}^k \sum_{h=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_h} |y_{ji} - y_{hr}| \quad (6)$$

式中， $G$  表示科技创新和现代化产业体系耦合度的基尼系数，其数值越大，说明科技创新和现代化产业体系耦合度的区域差异越大； $n$  表示样本中包含  $n$  个研究对象，即 30 个省份； $\mu$  表示科技创新与现代化产业体系耦合度的平均值； $k$  表示将研究对象的分组数（本文将 30 个省份划分为东部、中部、西部和东北四大地区）； $y_{ji}$  和  $y_{hr}$  分别表示第  $j$  ( $h$ ) 个研究区域内第  $i$  ( $r$ ) 个省份的科技创新与现代化产业体系耦合度；

进一步地，将基尼系数  $G$  分解为地区内差异  $G_w$ 、地区间净值差异  $G_{nb}$  和超变密度  $G_t$ 。三者之间满足  $G = G_w + G_{nb} + G_t$ 。具体计算公式如下：

$$G_{jj} = \frac{1}{2n_j^2\mu_j} \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_j} |y_{ji} - y_{jr}| \quad (7)$$

$$G_w = \sum_{j=1}^k G_{jj} p_j s_j \quad (8)$$

$$G_{jh} = \frac{1}{n_j n_h (\mu_j + \mu_h)} \sum_{i=1}^{n_j} \sum_{r=1}^{n_h} |y_{ji} - y_{hr}| \quad (9)$$

$$G_{nb} = \sum_{j=2}^k \sum_{h=1}^{j-1} G_{jh} (p_j s_h + p_h s_j) D_{jh} \quad (10)$$

$$G_t = \sum_{j=2}^k \sum_{h=1}^{j-1} G_{jh} (p_j s_h + p_h s_j) (1 - D_{jh}) \quad (11)$$

式中， $G_{jj}$  表示区域内基尼系数； $G_{jh}$  表示  $j$  和  $h$  的区域间基尼系数； $p_j = n_j/n$ ， $s_j = p_j \mu_j / \mu$ ， $D_{jh} = (d_{jh} - p_{jh}) / (d_{jh} + p_{jh})$  表示区域间科技创新与现代化产业体系耦合度的相对差距； $d_{jh}$  表示区域间科技创新与现代化产业体系耦合度的差值，即在  $y_{ji} - y_{hr} > 0$  条件下的所有地区科技创新与现代化产业体系耦合度的加权平均数； $p_{jh}$  是满足  $y_{ji} - y_{hr} < 0$  条件下的所有地区科技创新与现代化产业体系耦合度的加权平均数。对于连续的密度分布函数  $F(y)$ ， $d_{jh}$  和  $p_{jh}$  可分别表示为：

$$d_{jh} = \int_0^{\infty} dF_j(y) \int_0^y (y-x) dF_h(x) \tag{12}$$

$$d_{jh} = \int_0^{\infty} dF_h(y) \int_0^y (y-x) dF_j(x) \tag{13}$$

1. 总体差异及区域内差异。由图 3 可知，全国层面的科技创新与现代化产业体系基尼系数从 2007 年的 0.0 269 上升至 2022 年的 0.0 370，年均增长率为 2.50%，说明总体差异呈扩大趋势。从区域层面来看，东部、中部和西部地区的基尼系数呈不同程度的上升趋势，而东北地区则有所下滑。其中，东部地区基尼系数变化幅度相对较小，年均增长率仅为 0.56%，但其数值明显高于其他地区。这主要是因为北京、上海、天津、浙江、广东和江苏的科技创新与现代化产业体系耦合度处于全国领先水平，所以区域内不同省份之间的差距十分显著。中部地区基尼系数年均增长率达到 15.04%，说明中部地区各省份科技创新与现代化产业体系耦合度差异呈逐渐扩大趋势。西部地区科技创新与现代化产业体系耦合度的年均增长率为 9.51%，总体差异也呈扩大趋势。东北地区基尼系数年均增长率为-4.71%，区域内差异有所缩小，究其原因主要是耦合度较高的辽宁上升趋势较为平缓，而吉林、黑龙江则有明显提升，故三者之间的差异逐渐缩小。

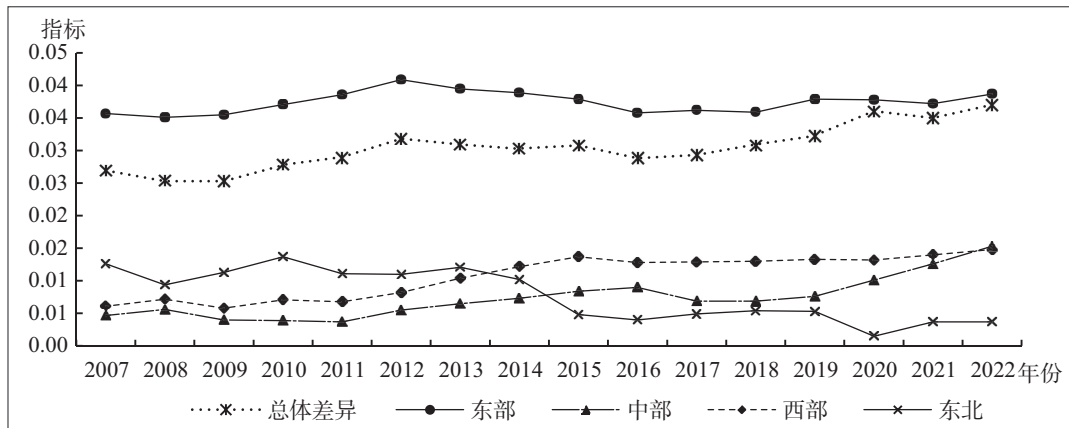


图 3 科技创新与现代化产业体系的耦合度的总体差异及区域内差异

2. 区域间差异。由图 4 可知，东部—中部、东部—西部、东部—东北、中部—西部及中部—东北的基尼系数均呈上升趋势；仅西部—东北呈下滑趋势。从基尼系数的大小来看，东部与西部地区科技创新与现代化产业体系耦合度的差异最大，2022 年区域间基尼系数达到 0.0 612；中部与东北地区发展情况最为接近，2022 年区域间基尼系数仅为 0.0 125。从曲线的相对位置来看，东部—中部、东部—西部和东部—东北的区域间差异曲线明显高于中部—西部、中部—东北和西部—东北，说明东部地区与其他三个地区的区域间差异较高。究其原因是东部地区的科技创新与现代化产业体系耦合度远高于全国均值，虽然其他三个地区在努力追赶，但差距仍然较大。

3. 区域差异的来源及贡献度。表 5 列出了科技创新与现代化产业体系耦合度的区域差异来源与贡献率。整体来看，区域间差异的数值波动比较频繁且始终处于较高水平，贡献率最大值达到 76.73%，平均贡献率为 73.29%，说明科技创新与现代化产业体系耦合度的总体差异主要在于区域间差异。这主要由于经济发展、创新要素配置、产业基础和特色优势等条件不同，各地区的科技创新和现代化产业体系发展水平存在明显差距，所以二者的耦合度也必然存在参差。因此，现阶段大力推进科技创新、加快建设现代化产业体系应充分关注缩小区域间差异。

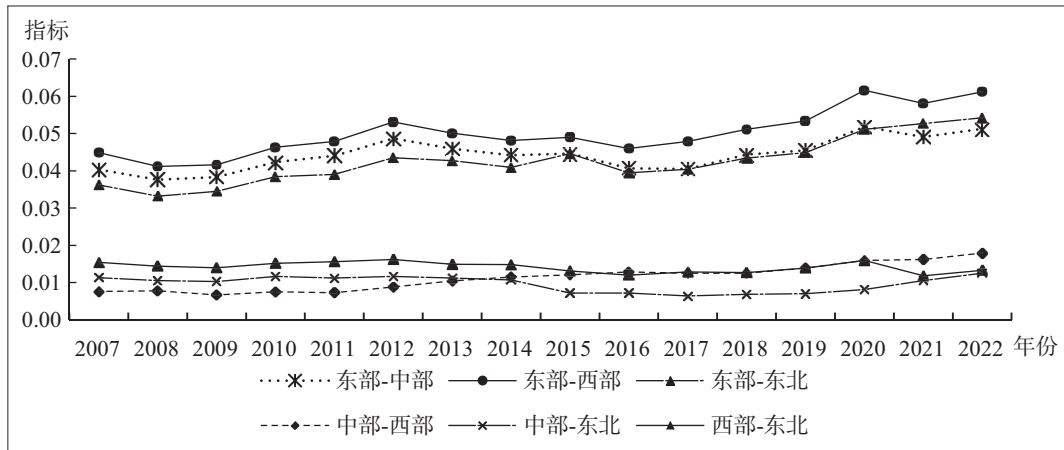


图 4 科技创新与现代化产业体系耦合度的区域间差异

表 5 科技创新与现代化产业体系耦合度的区域差异来源与贡献率

年份	区域间差异		区域内差异		超变密度	
	数值	贡献率 (%)	数值	贡献率 (%)	数值	贡献率 (%)
2007	0.020	75.48	0.005	19.63	0.001	4.89
2008	0.019	72.68	0.005	21.06	0.002	6.26
2009	0.019	73.37	0.005	20.38	0.002	6.25
2010	0.021	74.77	0.006	19.92	0.002	5.31
2011	0.022	75.30	0.006	19.72	0.001	4.98
2012	0.024	75.29	0.006	19.56	0.002	5.15
2013	0.022	71.75	0.006	20.68	0.002	7.58
2014	0.021	69.67	0.006	21.57	0.003	8.77
2015	0.021	69.18	0.007	21.50	0.003	9.32
2016	0.020	69.66	0.006	21.73	0.003	8.61
2017	0.021	72.07	0.006	21.31	0.002	6.62
2018	0.023	73.67	0.006	20.29	0.002	6.04
2019	0.024	73.39	0.007	20.29	0.002	6.32
2020	0.028	76.73	0.007	18.37	0.002	4.91
2021	0.026	74.80	0.007	19.34	0.002	5.86
2022	0.028	74.84	0.007	19.35	0.002	5.81
均值	0.022	73.29	0.006	20.29	0.002	6.42

## (二) 耦合度的收敛性分析

参考华坚和胡金昕 (2019) 的做法, 本文采用  $\sigma$  收敛法对耦合度进行分析。表 6 列出了科技创新与现代化产业体系耦合度的收敛系数。从全国层面来看, 收敛系数在 2007—2012 年呈上升趋势, 2013 年开始有所下降, 在 2016 年之后再次呈上升趋势。收敛系数从 2007 年的 0.0336 上

升至 2022 年的 0.0479，年均增长率达到 2.85%，说明不存在  $\sigma$  收敛，即科技创新与现代化产业体系耦合度的省际差异逐步扩大。与全国层面的变化趋势类似，东部、中部和西部地区的收敛系数均呈上升趋势，说明区域内的省际差异逐步扩大。东北地区的收敛系数呈下降趋势，存在  $\sigma$  收敛，说明东北三省科技创新与现代化产业体系耦合度的差异逐步缩小。

综上所述，除东北地区科技创新与现代化产业体系耦合度存在  $\sigma$  收敛外，全国及其他三个区域均呈发散特征，这些收敛特征与前文基尼系数的分析结论相一致。

表 6 科技创新与现代化产业体系耦合度的  $\sigma$  收敛系数

年份	全国	东部地区	中部地区	西部地区	东北地区
2007	0.034	0.040	0.005	0.006	0.015
2008	0.033	0.041	0.006	0.008	0.012
2009	0.033	0.041	0.005	0.006	0.014
2010	0.036	0.043	0.004	0.008	0.017
2011	0.037	0.045	0.004	0.008	0.014
2012	0.040	0.048	0.006	0.009	0.013
2013	0.039	0.047	0.007	0.011	0.014
2014	0.038	0.046	0.008	0.013	0.012
2015	0.039	0.045	0.009	0.015	0.006
2016	0.037	0.043	0.010	0.014	0.005
2017	0.038	0.045	0.008	0.014	0.005
2018	0.040	0.044	0.008	0.014	0.007
2019	0.042	0.047	0.009	0.015	0.006
2020	0.046	0.047	0.012	0.015	0.002
2021	0.045	0.047	0.014	0.016	0.005
2022	0.048	0.050	0.016	0.017	0.004

### （三）耦合度的空间特征

本文使用全局莫兰指数和局部莫兰指数对科技创新与现代化产业体系耦合度的空间相关性与集聚情况进行考察。如表 7 所示，全局莫兰指数统计值为正值，且均通过了 1% 的显著性水平 ( $P < 0.01$ )，表明科技创新与现代化产业体系耦合度具有较为明显的空间正相关性。全局莫兰指数呈波动状态，主要是因为影响耦合度空间相关性的因素有很多。例如，经济发达省份在科技创新和现代化产业体系方面具有先发优势，其自身发展态势会带动其周边地区，但这种带动作用也受自然资源、基础设施和政策环境等因素影响，所以科技创新与现代化产业体系耦合度的全局莫兰指数不断变化。

为进一步分析地区间的空间聚集现象，本文计算了科技创新与现代化产业体系耦合度的局部莫兰指数，表 8 列出了 2007 年和 2022 年各省份科技创新与现代化产业体系耦合度的聚集特征。从空间分布来看，耦合度高或低的地区具有空间集聚效应，这意味着要促进科技创新与现代化产业体系耦合发展应着力缩小各省份之间的差距。



表 7 科技创新与现代化产业体系耦合度的全局莫兰指数计算结果

Variables	I	E (I)	sd (I)	z	p-value*
2007	0.344	-0.035	0.116	3.259	0.001
2008	0.325	-0.035	0.112	3.200	0.001
2009	0.336	-0.035	0.114	3.241	0.001
2010	0.354	-0.035	0.115	3.392	0.001
2011	0.369	-0.035	0.115	3.527	0.000
2012	0.392	-0.035	0.116	3.669	0.000
2013	0.371	-0.035	0.115	3.521	0.000
2014	0.367	-0.035	0.114	3.526	0.000
2015	0.413	-0.035	0.116	3.849	0.000
2016	0.395	-0.035	0.116	3.697	0.000
2017	0.363	-0.035	0.113	3.516	0.000
2018	0.414	-0.035	0.117	3.821	0.000
2019	0.398	-0.035	0.116	3.734	0.000
2020	0.386	-0.035	0.120	3.492	0.000
2021	0.462	-0.035	0.119	4.193	0.000
2022	0.441	-0.035	0.118	4.035	0.000

表 8 各省份科技创新与现代化产业体系耦合度的聚集特征

年份	“高一高”聚集	“低一高”聚集	“低一低”聚集	“高一低”聚集
2007	北京、天津、上海、江苏、浙江、福建	河北、安徽、江西、海南	山西、内蒙古、吉林、黑龙江、河南、湖北、湖南、广西、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆	辽宁、山东、广东
2022	北京、天津、上海、江苏、浙江、安徽、福建、山东	河北、江西、海南	山西、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、河南、湖北、湖南、广西、重庆、四川、贵州、云南、甘肃、青海、宁夏、新疆	广东、陕西

## 五、科技创新和现代化产业体系耦合度的影响因素

### (一) 变量选择

由上可知，全国科技创新与现代化产业体系的耦合发展水平存在较大的提升空间，且区域差异明显。分析科技创新与现代化产业体系耦合度的主要驱动因素，能够更有针对性地提出促进科技创新与现代化产业体系耦合发展的对策建议。为此，本文将科技创新与现代化产业体系耦合度作为被解释变量，在充分借鉴已有研究的基础上，选取 6 个解释变量作为可能的影响因素（见表 9）。具体如下：

1. 金融规模 (*Fin*)，用金融机构资产总额与国内生产总值之比来衡量。推动科技创新与现

代化产业体系耦合发展，离不开资金支持。随着金融规模持续扩张，金融产品和服务供给日益丰富，有利于满足不同发展阶段、不同规模和不同类型项目的融资需求。

2. 基础设施 ( $LnInf$ )，用公路密度来衡量，即每平方公里行政面积上的公路里程长度。由于变量数值较大，文中进行了取对数处理。高质量的基础设施，如道路、铁路、桥梁、机场、港口和通信等，能够有效降低生产和交易成本，为科技创新与现代化产业体系耦合发展提供支撑。

3. 信息化水平 ( $Dig$ )，用软件业务收入与国内生产总值之比来衡量。随着科技不断进步，现代科技知识所支撑起来的信息技术产业快速发展。信息技术的广泛应用打破了信息分割约束，使知识和技术的传播更加便捷、高效，有利于资源的均衡配置。

4. 政府干预 ( $Gov$ )，用地方政府财政支出与国内生产总值之比来衡量。一方面，政府可以通过政策引导和资金支持等方式促进科技创新与现代化产业体系耦合发展；另一方面，如果政府对经济活动干预过多，也可能导致资源配置效率低下、行政成本过高和市场不确定性等问题，进而对科技创新与现代化产业体系耦合发展产生负向影响。

5. 人口受教育水平 ( $Edu$ )，用6岁以上人口平均受教育年限来衡量。科技创新与现代化产业体系耦合发展，既要有具备高水平的研究能力和创新能力的研究型人才，又要有能够将创新成果转化为现实生产力的应用型人才，而人口受教育水平高的地区在人才储备和人才培养方面更具优势。

6. 社会福利 ( $Wel$ )，用平均每千人口拥有卫生人员数来衡量。除经济因素外，社会因素也是影响科技创新与现代化产业体系耦合发展的重要因素。社会福利水平的提高能够为劳动者创造更好的工作环境，激发技术创新的热情和能动性，进而推动产业高质量发展。

表9 变量的描述性统计结果

变量	观测数	平均值	标准差	最小值	最大值
$D$	480	0.626	0.044	0.567	0.814
$Fin$	480	2.440	1.227	0.920	8.543
$LnInf$	480	8.933	0.891	6.597	18.637
$Dig$	480	0.038	0.052	0.000	0.339
$Gov$	480	0.235	0.099	0.087	0.643
$Edu$	480	9.119	0.982	6.785	12.681
$Wel$	480	6.089	2.030	2.140	15.460

## (二) 模型构建

科技创新与现代化产业体系耦合度是由多种因素共同推动的综合结果，具有动态性和复杂性，且其取值范围限定在0到1之间，属于典型的受限变量。Tobit模型是针对部分连续分布和部分离散分布的因变量而提出的经济计量模型，能有效解决因变量取值受到限制的问题。基于此，本文选择使用Tobit模型对科技创新与现代化产业体系耦合度的影响因素进行分析。具体的形式如下：

$$D_{it} = \beta_0 + \beta_1 Fin_{it} + \beta_2 LnInf_{it} + \beta_3 Dig_{it} + \beta_4 Gov_{it} + \beta_5 Edu_{it} + \beta_6 Wel_{it} + \mu_i \lambda_t \epsilon_{it} \quad (14)$$

式中， $D_{it}$  是第  $i$  个省份在第  $t$  年的科技创新与现代化产业体系耦合度； $\beta_0 \cdots \beta_6$  是待估参数； $\mu_i$  是个体效应； $\lambda_t$  是时间效应； $\epsilon_{it}$  是误差项。

### （三）回归分析

1. 全国层面的回归分析。经检验，随机效应 Tobit 模型中 LR 检验结果的 P 值小于 0.01，强烈拒绝“所有个体虚拟变量都为 0”的原假设，说明存在个体效应，应选择随机效应 Tobit 模型对科技创新与现代化产业体系耦合度的影响因素进行分析（见表 10）。具体如下：

金融规模对科技创新与现代化产业体系耦合度在 1% 的统计水平上呈现显著的正向影响。说明随着金融规模的持续扩张，金融支持科技创新的力度和广度有所提升，同时也使企业的经营、投资等一系列活动更容易获得资金支持，从而有利于推动“科技—产业—金融”良性循环。

基础设施对科技创新与现代化产业体系耦合度在 1% 的统计水平上呈现显著的正向影响，但其系数的绝对值最小。说明随着基础设施的不断完善，科技创新与现代化产业体系耦合发展的外部环境逐渐优化，但这种变化是一个长期的、渐进的过程，所以当期的效果可能并不明显。

信息化水平对科技创新与现代化产业体系耦合度在 1% 的统计水平上呈现显著的正向影响，且其系数的绝对值最大。说明相较于其他变量，信息化水平对科技创新与现代化产业体系耦合度具有更大影响。这可能是因为“大科技”时代，云计算、物联网、大数据、人工智能等新一代信息技术已经成为科技创新和产业变革的核心驱动力。

政府干预对科技创新与现代化产业体系耦合度的影响在 1% 的统计水平上显著，但与其他变量不同的是，其系数估计值为负。说明政府过度干预对科技创新与现代化产业体系的耦合发展产生了抑制作用。究其原因，建立以企业为主体、市场为导向、产学研用深度融合的技术创新体系是推进科技创新与现代化产业体系耦合发展的关键，而政府过度干预可能导致资源分配不公平，甚至制约企业的创新活动。

人口受教育水平对科技创新与现代化产业体系耦合度在 1% 的统计水平上呈现显著的正向影响。说明随着经济发展阶段的变化，科技和产业的竞争归根结底是人才的竞争，通过教育来全面提升人口素质是现代化建设最基本、最重要的支撑，也是促进科技创新与现代化产业体系耦合发展的有效途径。

社会福利对科技创新与现代化产业体系耦合度在 1% 的统计水平呈现显著的正向影响。说明随着现代化进程的推进，社会福利水平的提升为知识积累、技术开发及产业发展提供了有利条件，从而促进了科技创新与现代化产业体系耦合发展。

2. 四大区域的回归分析。在不同区域下，随机效应 Tobit 模型中 LR 检验结果的 P 值均小于 0.01，说明应选择随机效应 Tobit 模型进行分析（见表 10）。从回归结果来看，科技创新与现代化产业体系耦合度的影响因素存在区域异质性。具体如下：

东部地区：金融规模和基础设施对科技创新与现代化产业体系耦合度的影响不显著。可能的原因是东部地区经济基础好，金融规模和基础设施的发展水平远远领先于其他地区，继续提高资金投入或优化基础设施可能对科技创新和现代化产业体系建设的拉动作用并不明显。

中部地区：人口受教育水平的回归系数不显著。可能的原因是，虽然中部地区正处于快速崛起阶段，但是总体上存在创新发展基础不牢、整体创新能力不强，以及新产业、新业态、新模式的总体发展水平不高等问题，所以人口素质的提升对于经济和社会发展的驱动作用尚未充分显现。

西部地区：金融规模的回归系数不显著，可能的原因是西部地区产业基础比较薄弱，增加资金投入能够带动产值增加，但对于科技创新和现代化产业体系的作用有限。人口受教育水平的回归系数不显著，可能是因为西部地区距离实现创新驱动仍有较大差距，所以人口素质的提升对科技创新与现代化产业体系协调发展没有产生明显的促进作用。

东北地区：金融规模的回归系数不显著，可能是因为东北地区虽然具备较好的金融发展基

础,但重复投资、有效投资不足、投资效应递减等问题比较突出,如果制约其发展的深层次问题得不到解决,仅靠扩大金融规模难以实现科技创新和产业创新。信息化水平的回归系数不显著,可能是因为在信息化快速发展的过程中,新兴产业对于传统产业产生强烈冲击,而东北地区的产业结构偏重、传统产业占比较高,在信息化浪潮中难免要经历产业转型的“阵痛期”。此外,不同于其他地区,政府干预对东北地区具有显著的正向影响。可能的原因是,东北地区国有经济占比相对较高,政府在经济活动中具有较强的影响力,所以增加政府支出对科技创新与现代化产业体系耦合发展具有一定的积极影响。

表 10 全国及四大区域的影响因素 Tobit 回归结果

变量	全国层面	东部地区	中部地区	西部地区	东北地区
<i>Fin</i>	0.006***	0.002	0.023***	0.005	-0.003
<i>LnInf</i>	0.004***	0.002	0.022**	0.004*	0.035**
<i>Dig</i>	0.228***	0.133***	0.259*	0.157***	-0.021
<i>Gov</i>	-0.062***	-0.135***	-0.254***	-0.035*	0.129***
<i>Edu</i>	0.010***	0.033***	-0.006	0.001	-0.013**
<i>Wel</i>	0.006***	0.005***	0.011***	0.007***	0.009***
<i>_cons</i>	0.454***	0.303***	0.406***	0.520***	0.356**
<i>P&gt;chi2</i>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

注:\*\*\*、\*\*、\*分别表示回归系数在1%、5%、10%的水平下显著。

## 六、结论与建议

基于熵权 TOPSIS 和灰色关联度的动态评价方法,本文首先对 2007—2022 年全国科技创新发展指数和现代化产业体系发展指数进行实际测度。在此基础上,构建由科技创新和现代化产业体系组成的复合系统,通过计算得到科技创新与现代化产业体系耦合度。进一步地,利用 Dagum 基尼系数、 $\sigma$  收敛系数和莫兰指数分析科技创新与现代化产业体系耦合度的区域差异及来源、收敛趋势和空间特征。最后,采用面板数据 Tobit 模型分析影响科技创新与现代化产业体系耦合度的主要因素及其区域异质性。主要结论如下:

第一,科技创新与现代化产业体系耦合度整体呈稳步上升趋势,但目前处于初级协调阶段,仍有较大提升空间;四大地区的耦合度存在明显差距,东部地区的耦合度明显高于其他地区。

第二,科技创新与现代化产业体系耦合度的总体差异呈扩大趋势,且主要来源是区域间差异;从收敛性来看,除东北地区的耦合度存在  $\sigma$  收敛外,全国以及东部、中部和西部地区都呈现发散特征;从空间分布来看,科技创新与现代化产业体系耦合度具有较为明显的空间正相关性,大部分省份的耦合度呈现“高一高”或“低—低”聚集特征。

第三,金融规模、基础设施、信息化水平、政府干预、人口受教育水平和社会福利在全国层面上对科技创新与现代化产业体系耦合度均有显著影响;金融规模、基础设施、信息化水平、人口受教育水平和社会福利的回归系数为正,政府干预的回归系数为负;这些因素对科技创新与现代化产业体系耦合度的影响存在区域异质性。

据此,为进一步促进科技创新与现代化产业体系耦合发展,建议如下:

第一,不断提升科技创新和现代化产业体系的发展水平。从 30 个省份的发展情况来看,仅

## 林木西等：科技创新与现代化产业体系耦合发展研究

有北京的耦合度达到良好协调阶段，最主要的原因是北京的科技创新发展指数和现代化产业体系发展指数都处于全国前列。这与其“国际科技创新中心”的定位，以及“构建具有首都特点的现代化产业体系”的发展要求相契合。各省份应积极借鉴北京经验，结合自身条件，围绕科技创新和现代化产业体系有的放矢地解决实践中的各种问题。

第二，着力缩小区域间科技创新与现代化产业体系耦合度的差异。东部地区应充分发挥示范带动作用，打造全国先行先试示范区，探索科技创新与现代化产业体系耦合发展的有效路径。对于耦合度较低的中部、西部和东北地区来说，在保持自主创新与产业竞争优势的同时，应加强区域间的合作和资源优化配置，引导创新资源向优势产业集中，逐步提高综合竞争力。

第三，关注科技创新与现代化产业体系耦合发展的近邻效应。政府在制定发展规划时，应充分考虑相邻省份之间的相互作用。例如，当某个省份与周围省份呈“低—低”空间集聚特征时，应积极开展创新合作，优化产业布局，避免低质量聚集效应引发的产业趋同和恶性竞争。当某个省份与周围省份呈“低—高”空间集聚特征时，应发挥要素禀赋优势，努力吸收来自邻域的正向辐射，不断提高科技创新水平，加快建设具有自身特色优势的现代化产业体系。

第四，准确把握影响因素的区域异质性，因地制宜、精准施策。在全国层面要处理好政府和市场的关系，提高金融规模、基础设施、信息化水平、人口受教育水平和社会福利对科技创新与现代化产业体系耦合发展的支持力度。在区域层面应根据影响因素的作用方向和作用程度，实施有针对性的政策措施，继续保持东部地区的良好发展态势，对中部、西部和东北地区要加强重点政策支持，进一步激发其发展活力。

### 参考文献

- 陈艳华，2017：《基于熵权 TOPSIS 的区域科技创新能力实证研究》，《工业技术经济》第 5 期。
- 陈英武、孙文杰、张睿，2023：《“结构—特征—支撑”：一个分析现代化产业体系的新框架》，《经济学家》第 4 期。
- 丁煜、陶长琪，2023：《创新要素配置与数字经济耦合协调发展的时空特征及动态演进》，《统计与信息论坛》第 11 期。
- 杜博士、吴宗法，2023：《地方政府治理对科技创新的作用机制：理论与实证》，《当代经济研究》第 12 期。
- 杜传忠、李钰葳，2024：《强化科技创新能力加快形成新质生产力的机理研究》，《湖南科技大学学报（社会科学版）》第 1 期。
- 葛鹏飞、韩永楠、武宵旭，2020：《中国创新与经济耦合协调性测度与评价》，《数量经济技术经济研究》第 10 期。
- 华坚、胡金昕，2019：《中国区域科技创新与经济高质量发展耦合关系评价》，《科技进步与对策》第 8 期。
- 黄群慧，2021：《2020 年我国已经基本实现了工业化——中国共产党百年奋斗重大成就》，《经济学动态》第 11 期。
- 蒋天颖、华明浩、许强、王佳，2014：《区域创新与城市化耦合发展机制及其空间分异——以浙江省为例》，《经济地理》第 6 期。
- 林木西、王聪，2022：《现代化产业体系建设水平测度与区域差异研究》，《经济学动态》第 12 期。
- 刘瑞，2023：《中国产业转型升级：国际比较与前景展望》，《人民论坛·学术前沿》第 7 期。
- 逯进、周惠民，2013：《中国省域人力资本与经济增长耦合关系的实证分析》，《数量经济技术经济研究》第 9 期。
- 裴长洪、倪江飞，2023：《把发展经济着力点放在实体经济上的理论与方法》，《经济学动态》第 9 期。
- 沈丽、张影、李文君、刘媛，2019：《我国区域金融风险的时空演化及驱动机制——基于经济四部门视角》，《南方经济》第 9 期。
- 师应来、赵一帆、肖焱岚，2024：《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》，《统计与

决策》第1期。

史丹、叶云岭、于海潮，2023：《双循环视角下技术转移对产业升级的影响研究》，《数量经济技术经济研究》第6期。

陶长琪、徐茉，2021：《经济高质量发展视阈下中国创新要素配置水平的测度》，《数量经济技术经济研究》第3期。

王学凯，2023：《现代化产业体系水平的测度与时空演变特征》，《现代经济探讨》第10期。

徐林明、李美娟、欧忠辉、谢雅萍，2019：《基于虚拟最劣解 TOPSIS 和灰关联度的动态评价方法》，《系统科学与数学》第3期。

徐晔、赵金凤，2021：《中国创新要素配置与经济高质量耦合发展的测度》，《数量经济技术经济研究》第10期。

许召元、许振凌、刘凡、胡秀蓉，2023：《现代化产业体系建设的主要方向与重点任务》，《改革》第8期。

杨菲、钟书华，2024：《基础研究与应用研究投入构成比例对科技创新的影响——来自36个OECD国家的证据》，《中国科技论坛》第1期。

杨武、许红丹、孙世强，2023：《区域科技创新的波动周期、分布动态与空间差异研究》，《中国科技论坛》第9期。

张辉，2023：《我国产业现代化发展的结构性问题与应对策略》，《人民论坛·学术前沿》第5期。

赵祥，2023：《准确把握新时代建设现代化产业体系的多维路径——基于部门、功能和空间三维视角的研究》，《经济学家》第5期。

(责任编辑：刘彻)

## Research on the Coupling Development of Scientific and Technological Innovation and Modern Industrial System

LIN Mu-xi WANG Cong

(School of Economics, Liaoning University)

**Summary:** Building a modern industrial system is an important way to promote high-quality development and comprehensively build a socialist modernized country. Scientific and technological innovation is the core element for developing new quality productivity and an important support for the modern industrial system. This article constructs a coupling development model between scientific and technological innovation and modern industrial system, and measures the coupling degree in 30 provinces of China from 2007 to 2022 based on entropy weight TOPSIS and grey correlation evaluation method. On this basis, this article analyzes the spatiotemporal characteristics of the coupling degree using Dagum Gini coefficient,  $\sigma$  convergence coefficient, and Moran index, and explores the influencing factors of the coupling degree by establishing Tobit model. The main conclusions are as follows:

Firstly, the overall coupling degree between scientific and technological innovation and modern industrial system is steadily increasing, but it is currently in the primary coordination stage and there is still a lot of room for improvement; there is a significant gap in the coupling degree among the four major regions, with the coupling degree in the eastern region being much higher than in other regions.

Secondly, the overall difference in the coupling degree between scientific and technological innovation and modern industrial systems is widening, and its main source is regional differences; except for the coupling degree in Northeast China, which exhibits convergence characteristics, the whole country, as well as the eastern, central, and western regions, exhibit divergence characteristics; the coupling degree between scientific and technological innovation and modern industrial system has a significant spatial positive correlation, and the coupling degree of most provinces shows a clustering feature of “high-high” or “low-low” .

Thirdly, financial scale, infrastructure, information technology level, population education level, and social welfare have a positive impact on the coupling degree between scientific and technological innovation and modern industrial system, while government intervention has a negative impact, and these driving effects exhibit regional heterogeneity.

Based on the above research results, this article proposes suggestions to promote the coupling development of scientific and technological innovation and modern industrial system: enhance the development level of scientific and technological innovation and modern industrial system; narrow the regional differences in the coupling degree between scientific and technological innovation and modern industrial system; pay attention to the close neighbor effect of the coupling development of scientific and technological innovation and modern industrial system; grasp the regional heterogeneity of influencing factors and implement targeted policies according to local conditions.

**Key words:** scientific and technological innovation; modern industrial system; the coupling development