

Doi: 10.11835/j. issn. 1008-5831. jg. 2024. 03. 003

欢迎按以下格式引用:李源,龚勤林,肖义.成渝地区协同创新网络特征及其对创新产出的影响研究[J].重庆大学学报(社会科  
学版),2025(5):78-92. Doi:10.11835/j. issn. 1008-5831. jg. 2024. 03. 003.



Citation Format: LI Yuan, GONG Qinlin, XIAO Yi. Research on the characteristics of synergic innovation network and its impact on innovation output in Chengdu-Chongqing area [J]. Journal of Chongqing University (Social Science Edition), 2025 (5): 78-92. Doi: 10.11835/j. issn. 1008-5831. jg. 2024. 03. 003.

# 成渝地区协同创新网络特征及其 对创新产出的影响研究

李 源<sup>1a,1b</sup>, 龚勤林<sup>1b</sup>, 肖 义<sup>2</sup>

(1. 四川大学 a. 马克思主义学院,b. 经济学院,四川成都 610065;2. 成都理工大学 商学院,四川成都 610059)

**摘要:**随着技术研究深度和广度的不断拓展,技术创新呈现出跨区域、跨主体、多技术交叉的融合发展态势,单个地区、单一主体及单项技术领域已经难以支撑起复杂的重大技术创新。协同创新模式基于创新要素的合理流动,能够形成知识协同创造和溢出效应,提升创新效率,是区域技术创新和实现高质量发展的一种必然选择。目前,成渝地区在科技创新方面与长三角等地仍存在差距,如何实现协同创新,是形成带动全国高质量发展重要增长极和新动力源的关键,也是因地制宜发展新质生产力、助推西部大开发形成新格局的重要举措。文章基于劳动分工和技术演化理论,在已有研究基础上将技术协同创新纳入分析框架,首次将协同创新划分为区域协同、主体协同、技术协同三种模式,分析三种协同创新模式对创新产出的作用机理。同时,文章利用中国专利数据库的发明专利数据刻画成渝地区协同创新网络的演化特征,实证分析三种协同模式对区域创新数量和质量的影响。研究发现:(1)成渝地区区域协同创新呈现网络化趋势,但中心—外围结构明显;在主体协同创新网络中高校、科研院所是关键节点,企业节点分布较为分散;技术协同创新网络存在明显的行业内关联现象。(2)技术协同通过技术的优化和重组效应,能提升区域创新数量,但这种“路径依赖”式的发展对创新质量有抑制作用;主体协同和地区协同能通过知识共享,更新主体和区域的知识库,进而提高区域创新质量。基于此,文章提出三条建议:一是要加速推动跨行政边界的技术创新合作,持续发挥重庆和成都关键节点地区的知识溢出作用,加快推动科创走廊建设,加强技术创新核心节点与次级节点之间的空间溢出。二是鼓励同高校进行技术研发合作,推进产学研合作,创新科技成果所有制度,鼓励高校与高校,高校和企业进行技术交流与合作研发,推动科技创新和产业创新融合发展。三是要进行关联技术协同培育,根据技术之间的关联性

**基金项目:**国家社会科学基金项目“跨界协同创新促造成渝地区双城经济圈关键核心技术突破的机制与政策研究”(25XKX003);四川省软科学研究项目“川渝毗邻地区协同创新体系的构建:理论机制、演化轨迹与推进路径”(2025NSFSCR0081)

**作者简介:**李源,四川大学马克思主义学院助理研究员,四川大学经济学院博士后,liyuan2023@scu.edu.cn;龚勤林(通信作者),四川大学经济学院教授,博士研究生导师,Email: gongqinlin@scu.edu.cn。

编制技术关联表,增加在产业发展急需、具有高度关联性技术领域的投入,实现从单一技术创新向技术集群协同发展的转变。文章分析了当前成渝地区协同创新网络的特征以及问题,实证检验了协同创新对于创新产出的正向作用,可为地方政府优化区域创新格局提供一定参考。

**关键词:**协同创新网络;网络特征;创新产出;三维协同;成渝地区

**中图分类号:**F124.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1008-5831(2025)05-0078-15

## 引言

科技创新是经济高质量发展的核心动力,也是发展新质生产力的核心要素。当前科技逐渐呈现出集成化和融合化的趋势,单一主体难以独自完成重大的科技创新,创新的空间边界也逐渐被打破。跨区域、跨主体、多技术协同的能力已经成为区域发展的重要战略竞争力。2024年4月,习近平总书记在重庆考察时强调,积极推进成渝地区双城经济圈建设,更好发挥全国高质量发展的重要增长极和新的动力源作用<sup>[1]</sup>。打造全国重要的科技创新和协同创新示范区,建设具有全国影响力的科技创新中心是中央赋予成渝地区双城经济圈的战略定位和战略使命之一,也是打造区域创新高地,推动西部大开发形成新格局的应有之义。不同于单一地区科创中心的建设,城市群的科技创新发展需要在科研要素有序流动的前提下,通过发挥主体间聚合效应、规模效应和融合效应来实现。近年来成渝地区科技创新已经取得一定成效,西部科学城正加快建设,在“人造太阳”“大数据处理”等关键技术领域实现重大突破,但与京津冀、长三角、粤港澳等发达地区仍有较大差距。在此背景下,成渝地区如何实现协同创新,将是共建具有全国影响力的科技创新中心、形成带动全国高质量发展重要增长极和新动力源的关键。与此同时,推进成渝地区协同创新,有助于各地发挥比较优势,因地制宜发展新质生产力,有助于增强产业链供应链韧性和稳定性,加速成渝地区建设成为国家战略腹地核心承载区。因此,分析和研究成渝地区协同创新的网络特征演化及其对创新产出的影响具有重要的现实意义。

## 一、文献综述

协同创新是伴随着创新的系统化而诞生的。1965年Ansoff<sup>[2]</sup>首次对协同这一概念进行阐述,随后德国物理学家Haken<sup>[3]</sup>在此基础上创立协同学理论,该理论认为系统内各要素在协同状态下产生的效用大于各个要素单独作用之和。Tidd和Bessant将协同理论应用到技术创新领域,就企业内各种创新要素的协同进行研究,使得协同学和创新理论实现有机融合<sup>[4]</sup>。协同创新的系统性研究始于微观企业主体,随后逐渐拓展到跨区域的创新合作。目前,协同创新已经超越传统“产学研”的边界<sup>[5-6]</sup>。结合已有研究,本文认为协同创新是以知识增值为核心<sup>[7]</sup>,不同创新主体的创新要素协调配合,创新要素与资源在区域、行业间合理有序流动,最终实现最优整体效应的协同过程<sup>[8]</sup>。

目前学者对协同创新的研究主要集中在协同创新的测度、协同创新的效益分析,以及协同创新网络的刻画<sup>[9-10]</sup>。协同创新能够提升创新效益这一观点在学界已经成为共识,在研究范式上逐渐经历了理论分析到理论实证分析结合的转变。陈劲强调高校与企业等主体间的合作,认为知识创造主体和技术创新主体间的深入合作和资源整合,能够产生  $1+1+1>3$  的非线性效用<sup>[11]</sup>。解学梅和刘丝雨将中小企业协同创新划分为四种模式,研究发现这四种模式均与企业创新绩效正相关<sup>[12]</sup>。范斐等认为区域协同创新有利于促进区域间创新要素流动,加速知识溢出,提升区域创新绩效<sup>[13]</sup>。

与此同时,为探究协同创新能力的高低,学者也对协同创新进行定量的测度和评估。鲁继通基于复合系统协同度模型,从协同创新有序度和整体协同度两个维度对京津冀地区进行分析<sup>[14]</sup>。孙瑜康和李国平从主体间协同创新、区域间协同创新两个方面,分析京津冀不同地区和主体间的创新协作水平<sup>[15]</sup>。除了协同创新指标分析,也有学者从协同创新所呈现出来的网络结构特征入手,探究创新网络的演变、效益和优化措施。彭华涛和范丹利用社会网络方法揭示“光谷”“药谷”等“谷”现象中产学研、产业链和区域协同创新的内在逻辑<sup>[16]</sup>。解学梅基于协同创新网络的四种类型,通过问卷调研的方式分析不同协同网络与创新绩效的关系<sup>[17]</sup>。吕丹和王等从区域协同层面,运用社会网络方法对成渝城市群的创新网络进行探索<sup>[18]</sup>。

但目前对于协同创新的研究无论是评估、效益研究还是网络刻画,大多基于企业间合作或者区域间的协同,将协同分为区域协同和主体间协同,较少将技术间的协同纳入协同范围。事实上,技术之间是具有关联性的。布莱恩·阿瑟在其《技术的本质》一书中指出,一项技术往往从其他已有的相关技术中演化而出<sup>[19]</sup>。同样,Boschma和Frenken将区域技术的发展描述为一种演化过程,他们认为一项技术的出现不是偶然的,是基于关联技术的衍生过程形成的<sup>[20]</sup>。技术间的这种关联作用,能够加速新技术的出现。Rigby在利用美国1975—2005年的专利数据研究发现,如果一项新专利技术与现有技术相关,则该地区发展出这类新技术的概率更高<sup>[21]</sup>。马双等也基于我国的地级市样本研究发现,技术的关联性能够对技术数量的增长起到促进作用<sup>[22]</sup>。同时,也有研究认为基于技术关联所形成的产业共聚,更能够提升产业创新能力<sup>[23]</sup>。

此外,在研究区域上,现有研究也多选择长三角、京津冀等先发地区,对于成渝这类非创新领先地区的研究尚不充分。成渝地区在推进技术创新过程中面临着投入要素不足的天然缺陷,无论是R&D投入还是吸收国际技术转移都难以同长三角等先发地区同日而语。《中国区域科技创新评价报告2024》显示,在全国范围内,重庆市和四川省综合科技创新水平指数仍属第二梯队<sup>[24]</sup>。因此,在绝对投入量不足的情况下,成渝地区探索协同创新模式,不断优化创新组织和技术结构显得更为重要。

同时,在数据使用上,以往对于协同创新研究的数据大多基于统计年鉴,数据精细度不够,较难精细刻画企业、高校之间协同创新关系。在空间尺度上,以往研究也基于省级或者市级行政单元,空间尺度较大。事实上,协同创新的作用机制之一是知识的溢出,而知识的溢出往往存在着较强的“地理依赖”,将空间尺度缩小更有利捕捉更加精细的协同创新关系。例如,Arzaghi和Henderson研究了曼哈顿南部区域广告企业的地理分布,发现企业知识溢出的地理范围不足1公里<sup>[25]</sup>。国内学者也有基于城市内部空间的协同创新研究,如段德忠等研究了上海市和北京市内各个邮政编码地区的创新空间结构变化<sup>[26]</sup>,王娇等认为增加城市内部知识流之间的地理距离,会降低城市创新绩效<sup>[27]</sup>。

因此,本文在已有研究基础上,从区域协同、主体协同、技术协同三个维度,利用专利数据,基于区县空间尺度,对成渝地区协同创新进行分析,在探完成渝地区协同创新网络阶段性特征的基础上,进一步分析成渝协同创新对创新产出的影响。

## 二、“主体—区域—技术”协同创新模式

创新活动是知识的创造、转移和演化,并通过不同要素组合进而实现价值的复杂过程<sup>[28]</sup>。而协同创新是一种从封闭到开放的创新模式,是不同创新要素或主体之间的优化排列与重组,这种组合可以分为主体间的组合、区域间的组合以及技术间的组合,进而形成主体协同创新、区域协同创新

和技术协同三种协同模式(见图1)。

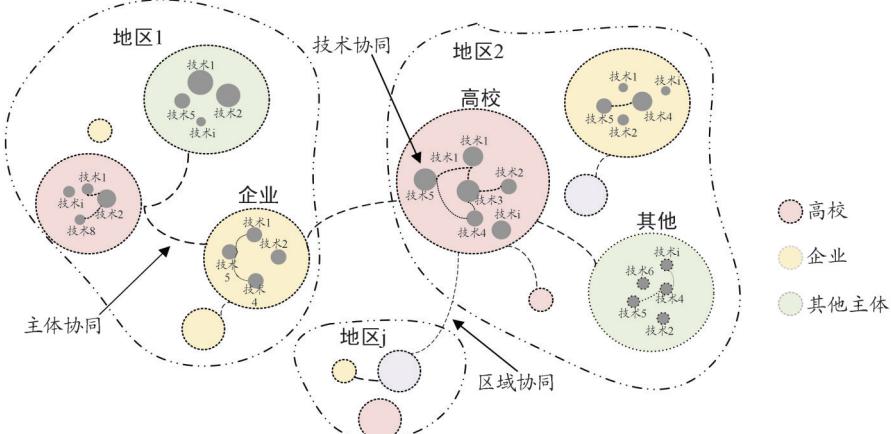


图1 主体、区域、技术协同创新示意图

### (一) 主体协同创新

主体协同是区域创新系统内部高校、科研院所、企业以及政府和非政府组织通过协同分工方式组织创新资源产生创新成果的过程。劳动分工理论认为分工与协作是效率提升的源泉,创新主体具有各自不同的独特结构和主导要素,通过分工合作,能够发挥各自主体的比较优势,各主体的创新要素得以聚合进行协同创新。同时,随着知识分工的发展,主体将积累越来越多的专业化要素,从而进一步加强其在某领域的专业化程度。在这种分工下,创新主体获得其他领域知识的成本将远低于其内部开发成本,进而有利于提升主体的创新效率。知识在各个主体间流动,通过知识共享、知识创造并最终形成知识优势。当前典型的主体协同是产学研协同创新模式,在产学研合作中,高校(科研院所)、企业、政府(非政府组织)分别发挥基础知识创造、技术需求转化、组织协调等专业化分工作用,进而整合各种主体的创新力量并形成协同创新网络,从而提升地区整体的创新效率,如图2所示。

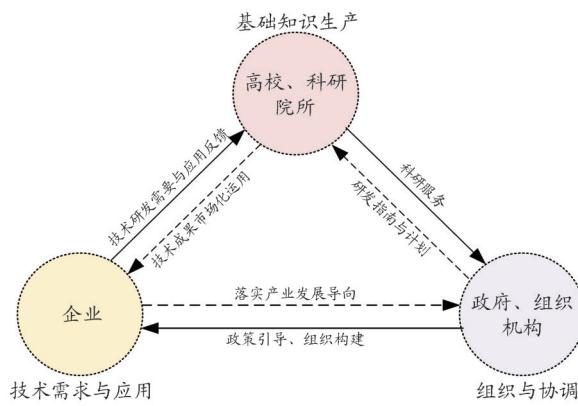


图2 主体协同创新示意图

### (二) 区域协同创新

区域协同创新是主体协同的跨地域表现形式。区域创新的动力来源于两个方面,一个来自区域内主体的知识生产,另一方面来自区域间创新要素的流动,后者即是区域的协同创新。不同区域在创新活动中,具有不同的比较优势,为区域的创新分工提供了基础。同时,区域创新具有非均衡

发展趋势,创新活动具有明显的规模和集聚效应,创新要素往往集聚在发达地区,在空间上呈现出明显的中心—外围结构。而区域间的协同创新,通过创新要素的跨地区流动,促使创新知识从中心向外围扩散,提升区域间的知识溢出,让外围地区通过模仿创新快速实现创新发展(见图3)。例如,美国的波士顿地区、日本筑波等科创功能区都尝试通过“创新廊道”优化创新要素的空间流动方式,提升区域协同创新水平。

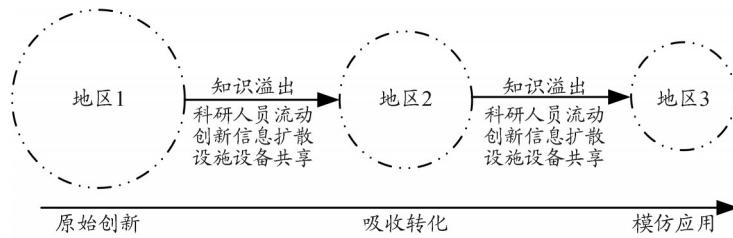


图3 区域协同创新示意图

### (三)技术协同创新

技术演化思想认为技术诞生于对自然现象的捕捉和利用,例如从火的灼热、重物的冲击现象中诞生出了烧制和铸造技术,随着这些“简单技术”的应用与组合,将会衍生出越来越多形式的技术。技术经历了从无到有,从简单到复杂的转变,每一个新技术都是从已有的技术中来的,技术之间存在一定的关联。技术协同创新就是利用技术之间的关联性,通过现有技术的重组和优化产生一项新技术的过程(见图4)。例如,摩托车技术就是基于自行车技术和内燃机技术组合之后的产物。技术协同创新能够避免在不具备某些特定技术条件下的盲目创新投入,提升创新成功的概率。但技术协同创新本质上是一种“路径依赖”式的创新模式,遵循现有技术关联进行发展,原始性和跨越性的技术创新可能会受到一定的抑制。

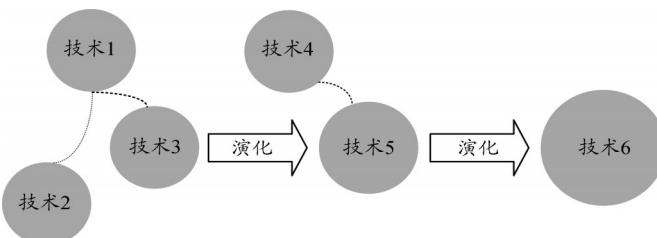


图4 技术协同创新示意图

## 三、研究区域与研究数据来源

### (一)研究对象区域概况

根据2021年10月印发的《成渝地区双城经济圈建设规划纲要》,成渝地区具体范围包括重庆市的渝北、渝中、沙坪坝等27个区(县)和四川省的成都、德阳等15个市共计142个区(市县),总面积18.5万平方公里。由于2013年广安市广安区部分地区划为了前锋区,为了减少统计数据分离的困难,本文中删除了广安区和前锋区数据,仅保留了其余140个区(市县)样本。

### (二)研究数据来源

在协同创新的衡量方面,以往学者多采用引力模型,但这种衡量方式不太精细。因此学者开始采用微观数据,目前较为常见的微观数据主要有三个:一是专利联合申请,二是论文合作发表,三是

技术转让和许可。相比于论文,专利数据详细程度高,其背后代表的技术更具成熟性和完整性,因此专利数据应用较为广泛<sup>[29]</sup>。技术转让和许可反映的是技术扩散和知识溢出,相对于专利合作,技术转让和许可的门槛更高,选取其作为衡量指标,容易低估协同创新水平。同时,中国的专利分为发明、实用新型和外观设计三种,其中发明专利技术含量最高、创新价值最大,最能代表企业和地区的创新水平。联合申请专利能够反映协同创新的关系,Huallachán 和 Lee 认为合作专利可以较好地体现创新节点的创新合作联系<sup>[30]</sup>,国内学者也多利用联合申请专利进行协同创新研究<sup>[31-33]</sup>。因此,本文利用发明专利的联合申请数据对成渝地区的协同创新进行研究。

本文收集了成渝地区 140 个区(市县)2000—2019 年间共计 674 759 条发明专利数据,专利数据来源于“大为专利检索分析平台”,同时收集了区县层面的控制变量数据,数据来源于《四川省统计年鉴》《重庆市统计年鉴》以及部分地级市统计年鉴。

## 四、成渝地区协同创新网络特征分析

### (一) 区域协同创新网络分析

首先,本文在成渝专利数据库中筛选出申请人人数大于 2 的专利,由于专利申请人可能存在多个,但一般而言排名靠前申请人之间的关系越紧密。因此,本文仅识别前两位申请人的信息。其次,剔除个人申请主体,保留高校、企业和其他组织机构主体。由于数量较大,为便于进行可视化处理,本部分内容仅对 2000 年、2010 年、2019 年这三个时间节点 4 314 条专利合作信息进行分析展示。最后,本文通过申请人地址构建了区县共现矩阵,并利用 Gephi 软件进行可视化分析(如图 5 所示)。

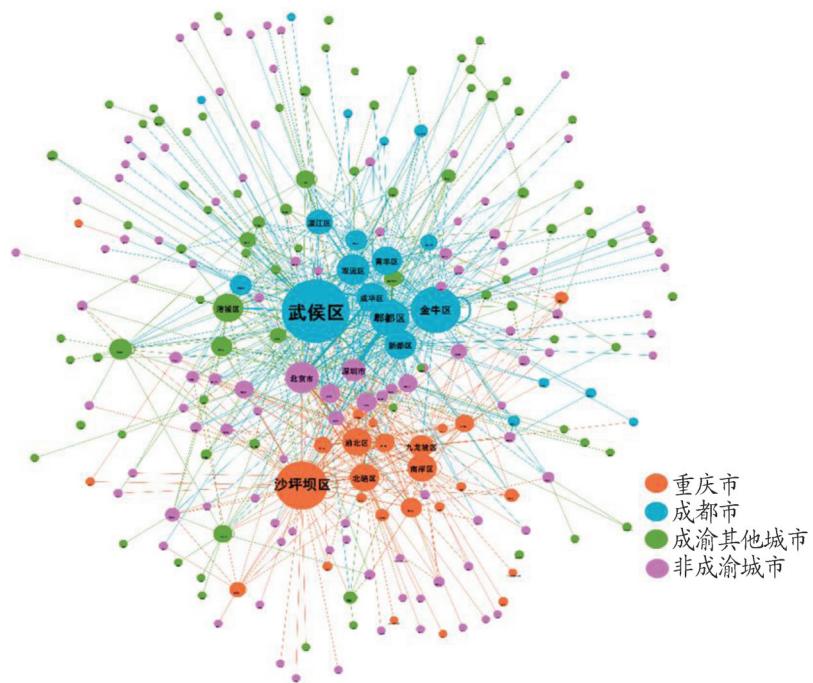


图 5 成渝地区总体区域协同创新图

图 5 中各点大小代表与该地区存在合作关系地区的数量,点越大说明合作区域越多,蓝色点为成都市区县,橙色点为重庆市区县,绿色点为成渝地区其他区县,紫色点为非成渝城市(例如北京、

上海等)。两点之间线条越粗代表两地间合作频次越高,线条颜色代表专利第一申请人所属地区。可以看出,成渝地区已经建立了广泛的合作关系,协同创新网络密度较高。从成渝地区内部看,成都市武侯区和重庆市沙坪坝区属于协同创新网络的核心区域,与众多地区都存在合作关系。从外部合作看,成渝地区同北京、深圳、上海等东部发达城市合作较多,例如成华区与北京市、郫都区与深圳市合作频次较高,分别为156次和236次,成渝地区科技创新具有较好的开放性。

为了考察成渝地区内部的协同创新问题,本文中保留了成渝地区内部区县合作数据,剔除了同北京、上海等外部地区的合作情况(如图6所示)。

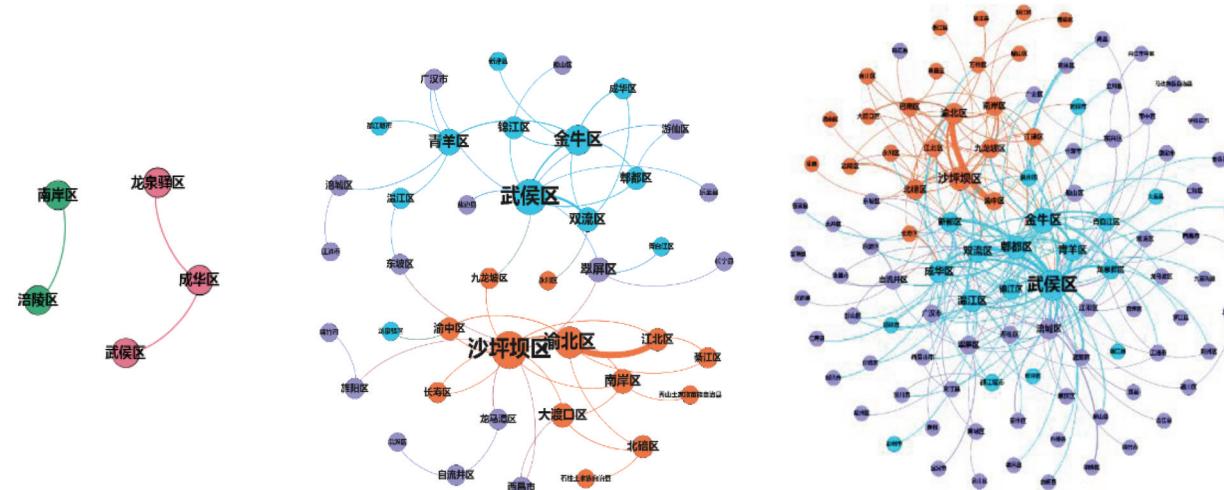


图6 2000、2010、2019年成渝地区内部区域协同创新图

从图6可知,成渝地区内部区域协同创新逐渐加强,呈现出“点状—组团—网络化”的阶段性演化特征。2000年成都和重庆两地仅在各自内部市域进行合作,市域之间的技术合作处于起步阶段。2010年创新节点增加到41个,形成了以武侯区为核心的成都组团和以沙坪坝区为核心的重庆组团,整体仍处于组团内部合作,跨省界的合作较少。2019年成渝各地区之间合作数量大幅度增加,成都和重庆两大组团之间的合作也开始出现,逐渐呈现网络化的发展趋势。这与长三角城市群<sup>[31]</sup>和粤港澳大湾区<sup>[34]</sup>等地区的区域协同创新网络演化一致,随着时间的推移,城市群各节点间的联系逐渐紧密,但仍存在明显的核心—边缘结构。

## (二) 技术协同创新网络分析

在协同创新所涉及的技术领域方面,本文通过专利信息中的IPC分类,识别目前成渝地区合作专利的技术类别。当前成渝地区技术合作中占比较高的分别为G01(测量;测试),G06(计算;推算或计数),E21(土层或岩石的钻进;采矿)等,这些技术领域同当前成渝地区发展较好的电子信息、能源、化工新材料、生物医药产业相关,说明区域间也主要围绕着优势产业进行技术合作。

为了分析成渝地区技术领域间的关联性,本文采用Balland等<sup>[35]</sup>以及Rigby<sup>[21]</sup>等学者的方法,通过计算两种不同技术类别出现在同一专利中的概率来测算技术类别间的技术关联。该方法认为如果不同技术领域高频率地出现在同一专利中,在一定程度上能够说明这两个技术领域之间存在共性知识、共性研发要素需求,呈现出一定的关联性。在测算出技术领域之间的关联度后,本文通过Gephi软件绘制了技术领域之间的关联图(如图7所示)。

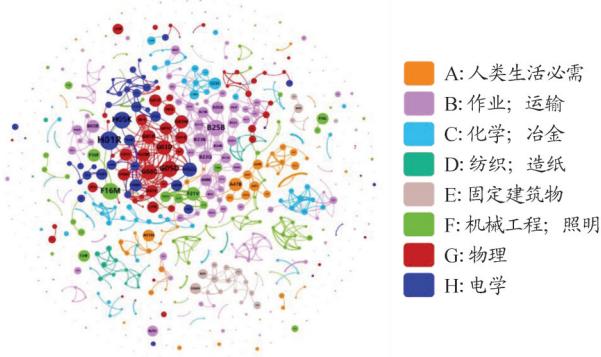


图7 成渝地区专利技术关联图

通过图7可以发现,成渝地区技术存在明显的行业内关联现象,即同一颜色节点之间连线较多,大致呈现出4个核心组团,G部物理(红色),B部作业、运输(紫色),H部电学(蓝色),F部机械工程(绿色)。但同时也存在部分的组团间的关联,例如分属于不同组团的H04N(图像通信)与G08C(测量值、控制信号或类似信号的传输系统)之间存在一定的技术关联性。

### (三) 主体协同创新网络分析

创新主体是区域创新系统的基本构成,主体之间的技术合作是形成协同创新网络的基础。本文根据专利申请人的信息,将创新主体分为企业、高校科研院所、事业机关三种类型,以专利申请主体为节点,将成渝地区所有存在合作关系的主体进行可视化处理,如图8所示。其中橙色代表高校科研单位,紫色为公司企业,绿色代表事业机关。总体看,成渝地区主体合作网络呈现出明显的核心—外围结构,形成了以重庆大学、西南交通大学、电子科技大学、四川大学等高校科研院所为核心的的合作网络组团,并聚集在合作网络的中心位置。企业之间的合作相对而言较为分散,分布在周围空间。在企业间合作方面,基于集团内和关联方进行合作的频次较高,例如重庆长安汽车股份有限公司和重庆长安新能源汽车有限公司进行了四十余次的联合专利申请,“独立”的企业间合作仍然较少。整体看,成渝地区与全国的协同创新网络具有类似的规律<sup>[32]</sup>,协同创新网络核心节点主要为知名大学、大型集团及其子公司。

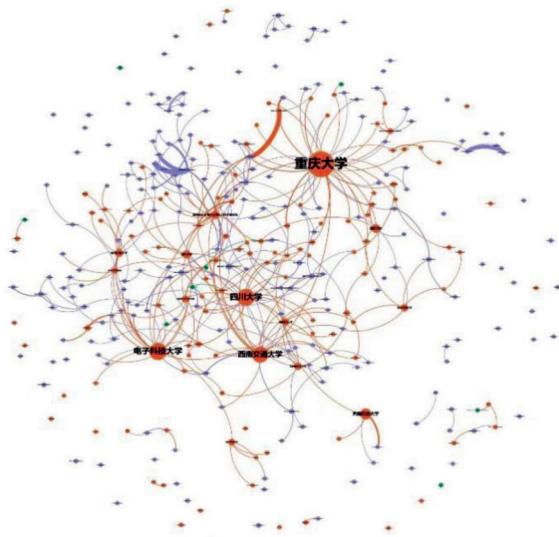


图8 成渝地区创新主体合作网络图

## 五、协同创新网络与区域创新产出分析

在协同创新网络现状分析基础上,为探究不同协同创新模式对创新产出影响,本文基于2000—2019年成渝地区140个区(市县)的发明专利面板数据,从区域协同、主体协同和技术协同三个方面对区域创新产出的影响进行实证分析。

### (一) 变量选择及描述性统计

#### 1. 被解释变量: 创新产出

为更加全面反映创新产出,本文从创新数量(number)和创新质量(quality)两个方面对其进行综合表征。其中,数量以地区年度专利申请数(number1)表征,同时选择地区的专利授权量(number2)进行稳健性检验。在创新质量方面,现有文献认为一项专利被引用次数越高,其代表的质量越好,因此本文参考Hsu等<sup>[36]</sup>的研究,以当地专利的平均被引次数(quality1)来反映地区的专利质量。同时,借鉴龙小宁和王俊<sup>[37]</sup>的做法,利用专利撤回率(quality2)作为专利质量的反向替代变量。专利撤回率为撤回专利数占专利申请总数的比重。

#### 2. 核心解释变量

区域协同(rg-sy)代表跨地区的协同创新,该指标以当地同其他地区联合申请专利数占当地专利申请数的比重来衡量。技术协同(te-sy)代表技术间的协同创新,该指标通过加总当地所有技术领域的技术关联度而得。同时,本文将主体协同分为企业-企业(ent-ent),高校院所-高校院所(uni-uni),企业-高校院所(uni-ent)三种类型,三种指标分别用企业-企业联合申请专利数、高校院所-高校院所联合申请专利数、企业-高校院所联合申请专利数占专利申请总数比重来衡量。事业机关专利申请量太小,因此本文并没有将其纳入。

#### 3. 控制变量

经济发展水平、产业结构以及科技成果积累等均对区域技术创新有影响,因此本文控制区县层面的人均gdp(pgdp)、产业结构高级化(二产与三产之比)(str)和累积专利数(accu)等变量,由于人均gdp数值差异较大,本文采用对数化处理。

主要变量的含义和描述性统计如表1所示。

表1 变量描述性统计

	变量	意义	均值	标准差	最小值	最大值
创新数量	number1	专利申请数	242.27	1 076.29	0.00	30 643.00
	number2	专利授权数	56.09	226.57	0.00	4 310.00
创新质量	quality1	专利平均被引次数	1.79	2.52	0.00	29.50
	quality2	专利撤回率	0.40	0.33	0.00	1.00
地区协同	rg-sy	地区联合申请占比	1.33	4.46	0.00	100.00
主体协同	uni-uni	高校—高校合作比	0.08	1.02	0.00	50.00
	ent-ent	企业—企业合作比	0.75	3.16	0.00	66.67
	uni-ent	高校—企业合作比	0.48	2.83	0.00	100.00
技术协同	tec-sy	地区技术关联度	36.02	49.32	0.00	247.06
控制变量	pgdp	人均gdp	9.78	0.96	7.35	12.19
	str	产业结构高级化	0.96	1.71	0.11	35.74
	accu	地区累积专利数	121.17	542.89	0.00	13 909.70

## (二) 基准结果分析

本文首先分析三种协同模式对创新数量的影响(如表2所示)。表2列(1)(2)(3)分别验证了技术协同、主体协同和区域协同三个变量对创新数量的影响,结果发现,仅仅只有技术协同能够促进地区创新数量的增加。技术协同体现的是区域依托已有技术进行关联性发展,关联性越强越有利于新的专利技术的出现。例如,当一个地区在研发自行车相关技术时,往往有利于其在摩托车的相关技术上实现突破,地区能够围绕某些原始技术实现集群式创新发展。这同 Rigby<sup>[21]</sup>对美国大都市区和马双等<sup>[22]</sup>对我国城市研究的结论一致。区域间和主体间合作是点对点形式开展的、合作频次较低,其合作产生的知识溢出不具有大范围扩散的能力,因此难以促进区域专利数量的提升。表2列(4)(5)检验了多种协同创新模式共同对创新数量的影响。由于主体协同和区域协同两个变量存在一定的关联性,本文并没有将这两个变量放在同一模型中进行分析。表2列(4)显示了技术协同和主体协同对创新数量的共同影响,表2列(5)显示了技术协同与区域协同对创新数量的共同影响,其结果与列(1)(2)(3)一致,具有较好的稳健性。

表2 协同创新对地区专利数量的影响

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Number1	Number1	Number1	Number1	Number1
tec-sy	3.763 6*** (0.842 1)			3.760 9*** (0.844 5)	3.757 4*** (0.842 9)
uni-uni		-3.963 6 (4.521 2)		-4.859 4 (5.795 0)	
ent-ent		-2.341 2 (2.476 3)		-2.511 0 (2.764 3)	
uni-ent		-2.720 7 (2.094 0)		-1.823 5 (1.694 8)	
rg-sy			-2.594 5 (1.997 5)		-2.320 8 (1.975 0)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
_cons	960.425 0 (692.566 3)	1 701.36 (1 123.713 0)	1 699.62 (1 122.797 0)	950.275 2 (686.018 1)	948.888 3 (686.080 1)
N	2 800	2 800	2 800	2 800	2 800
county	Y	Y	Y	Y	Y
year	Y	Y	Y	Y	Y
R <sup>2</sup>	0.776 2	0.767 4	0.767 4	0.776 3	0.776 3

注:1. 括号内数值为回归系数的标准误;2. \*、\*\*、\*\*\*分别表示10%、5%和1%的显著性水平,下同。

在创新的质量方面,同样采取与前文一致的估计方法,表3列(1)(2)(3)分别显示了技术协同、主体协同和地区协同对创新质量的影响,其中技术协同对创新质量具有负向影响,而主体协同和地区协同有利于区域创新质量的提升。这说明虽然技术关联能够大幅度提升区域创新的数量,但是却不利于区域创新质量的提升。周沂和贺灿飞认为,技术关联是一种“路径依赖”式的发展方式,区域往往遵循已有的技术轨迹开展增量创新活动,本地知识库长期得不到更新,这会抑制区域进行原创性的科技研发,进而降低区域创新的质量<sup>[38]</sup>。而区域间和主体间进行合作的原动力,是本地或者本企业的能力不足以支撑重大创新任务,通过合作在一定程度上能够实现优势技术的跨地区和跨主体溢出,加速更新地区和主体的知识库,有效丰富现有的知识组合,避免知识的僵化和同质化,从而提升区域的创新质量<sup>[39]</sup>。同时,在主体协同的三种模式中,高校—高校的协同模式最能提升区域

创新的质量。且从表3列(4)中可以发现,加入技术协同后,高校—企业、高校—高校的模式依然显著为正,这说明高校是地区创新知识的来源,通过与高校的合作能够提升区域创新的质量。

表3 协同创新对地区专利质量的影响

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	Quality1	Quality1	Quality1	Quality1	Quality1
tec-sy	-0.015 4*** (0.001 9)			-0.015 4*** (0.001 9)	-0.015 3*** (0.001 9)
uni-uni		0.139 3*** (0.040 7)		0.142 9*** (0.040 2)	
ent-ent		0.018 1 (0.014 2)		0.018 8 (0.014 0)	
uni-ent		0.032 4** (0.014 8)		0.028 7* (0.014 7)	
rg-sy			0.030 8*** (0.009 9)		0.029 6*** (0.009 8)
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制
_cons	-3.743 3* (2.240 5)	-6.739 1*** (2.231 5)	-6.654 5*** (2.234 1)	-3.670 9 (2.234 7)	-3.596 0 (2.237 6)
N	2 800	2 800	2 800	2 800	2 800
county	Y	Y	Y	Y	Y
year	Y	Y	Y	Y	Y
R <sup>2</sup>	0.220 6	0.205 9	0.203 4	0.226 0	0.223 3

### (三)稳健性检验

为了验证本文模型回归结果的稳健性,本文通过采用替换解释变量、更换估计方法等进行稳健性检验,其结果如表4所示。表4列(1)(2)用区域专利授权数替换专利申请数,其结果与表2一致。表4列(3)(4)运用专利的撤回率反向验证三种协同模式对创新质量的影响(地区专利撤回率越高,说明该地区的专利质量越差)。结果显示,技术协同提升了地区专利的撤回率,对区域创新质量具有抑制作用,而地区协同和主体协同显著降低了地区专利的撤回率,提升了区域创新质量,这同表3结果一致。同时,由于地区和发展阶段的差异,部分地区2008年前没有申请过发明专利,因此Number1这一变量会出现零值。经统计后发现Number1存在298个零值,主要集中在雅安市、南充市和达州市等地区,考虑到可能对估计结果产生影响,本文删除了Number1=0的样本,结果如表4列(5)(6)所示。同样地区专利平均被引次数(Quality1)也存在零值,但数量较多无法直接删除,因此本文采用了负二项模型对其进行估计,结果如表4列(7)(8)所示。总体看,本文的估计结果具有稳健性。

### (四)内生性问题的讨论

就本文的模型设计而言,内生性问题主要来自逆向因果和遗漏变量。在逆向因果方面,本文的核心解释变量是专利的申请量和专利的平均被引用次数,其中专利的平均被引次数并不会反向导致技术关联、区域关联以及主体关联的增加或者减少。因此,本文认为协同创新与专利质量间并不存在逆向因果关系。而在专利数量方面,尽管地区协同和主体协同采用占比形式,但仍可能与专利数量存在逆向因果关系,因此本文采用系统GMM和解释变量滞后一期的方法对模型进行再次估计。解释变量滞后一期结果为表5列(1)(2),列(3)(4)为系统GMM结果,可以发现回归结果依然稳

健。针对遗漏变量的问题,本文已经在模型中增加了区县层面的控制变量,同时模型采用了时间和地区双重固定效应,能够缓解由遗漏变量所形成的潜在内生性问题。

表4 稳健性检验结果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	替换解释变量				删除零值		负二项回归	
	Number2	Number2	Quality2	Quality2	Number1	Number1	Quality1	Quality1
tec-sy	1.840 9*** (0.486 1)	1.840 0*** (0.487 1)	0.000 1 (0.000 4)	0.000 1 (0.000 4)	3.954 7*** (0.892 7)	3.958 0*** (0.894 4)	-0.011 9*** (0.002 0)	-0.011 9*** (0.002 0)
uni-uni		1.195 7 (1.080 0)		-0.010 7*** (0.003 5)		-4.930 8 (5.838 9)		0.024 8*** (0.006 8)
ent-ent		-0.178 2 (0.907 6)		-0.002 3 (0.001 3)		-2.441 6 (2.739 0)		0.003 5 (0.004 4)
uni-ent		-0.183 2 (0.409 0)		-0.004 9*** (0.001 0)		-1.804 3 (1.694 4)		0.012 2** (0.005 3)
rg-sy	-0.086 2 (0.496 6)		-0.003 8*** (0.001 1)				0.009 9*** (0.003 2)	
控制变量	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
_cons	1 194.47** (544.400 7)	1 193.71** (543.996 5)	0.138 6 (0.260 4)	0.145 0 (0.262 8)	1 092.26 (781.660 1)	1 093.96 (781.498 0)	-4.435 9* (2.392 5)	-4.442 0* (2.380 0)
N	2 800	2 800	2 800	2 800	2 502	2 502	2 800	2 800
county	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
year	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
R <sup>2</sup>	0.305 3	0.305 4	0.208 5	0.209 5	0.776 6	0.776 6	0.176 8	0.177 0

表5 解释变量滞后一期及系统GMM估计结果

	(1)	(2)		(3)	(4)
	滞后一期		系统GMM		
	Number1	Number1		Number1	Number1
L.tec-sy	3.734 8*** (0.765 8)	3.744 2*** (0.771 3)	tec-sy	3.219 3** (1.495 9)	3.568 4** (1.743 4)
L.uni-uni		-1.492 4 (2.203 5)	uni-uni		-21.219 2 (98.171 1)
L.ent-ent		-3.150 0 (2.219 7)	ent-ent		-1.859 0 (9.633 6)
L.uni-ent		-0.484 2 (0.863 9)	uni-ent		-25.636 5 (18.732 3)
L.rg-sy	-1.686 9 (1.228 8)		rg-sy	-2.486 1 (5.777 0)	
			L.number1	0.729 0*** (0.026 7)	0.746 8*** (0.033 0)
控制变量	控制	控制	控制变量	控制	控制
_cons	1 685.98* (899.640 0)	1 684.55* (895.512 5)	_cons	812.544 0 (530.085 6)	824.165 4* (483.325 1)
N	2 660	2 660	N	2 660	266 0
county	Y	Y	AR(1)	0.044	0.032
year	Y	Y	AR(2)	0.156	0.147
R <sup>2</sup>	0.666 0	0.666 0	Hansen 检验	0.347	0.911

## 六、结论及政策启示

基于劳动分工和技术演化理论,本文将协同创新划分为主体协同、区域协同和技术协同三种模式。三种协同创新都对创新产出具有一定的正向作用:主体协同通过发挥比较优势作用,提升主体的专业化能力;区域协同促进了知识溢出,降低后发地区的创新成本;技术协同创新利用已有技术的优化和组合演化出新技术,降低研发创新失败的风险。同时,通过收集成渝地区的专利数据,从区域协同、主体协同和技术协同三个维度对成渝地区协同创新网络的演化特征进行分析。结果表明,成渝地区整体协同创新水平逐渐提高,区域间的协同创新网络呈现出“点状—组团—网络”演化态势,但核心—边缘结构明显,重庆大学、四川大学等高校科研院所的合作对象最多,是创新网络的关键节点,技术领域之间呈现出组团化关联的趋势。本文进一步从创新数量和创新质量两个方面实证分析三种协同对区域创新产出的影响,研究发现,技术协同通过发挥不同技术间互补性作用,能提高区域创新数量,但这种协同是一种“路径依赖”式的发展方式,会抑制区域创新质量的提升。区域协同和主体协同虽然不能提升创新数量,但能够实现不同区域和主体的知识共享,更新区域和主体的知识库,进而提升创新质量,其中与高校合作的提升作用更加显著。

综合以上分析结果,提出如下建议。

第一,在区域协同方面,加速推动跨行政边界的技术创新合作。加速以“一城多园”的模式合作共建西部科学城,促进重庆、成都两大核心节点双向合作,持续发挥重庆和成都关键节点地区的知识溢出作用,畅通区域创新要素和信息流动渠道,加密成渝地区技术协同创新网络密度。推动核心节点与边缘节点纵向联动,加快推动成渝科创走廊建设,加强技术创新核心节点与次级节点之间的技术溢出,畅通技术“下沉通道”。强化边缘创新节点间的横向协作,破除“边界屏蔽效应”<sup>[40]</sup>,推动川渝毗邻地区协同创新共同体建设。实施区域科技合作项目申报计划,允许企业进行跨区域项目申报,发挥次级创新中心链接作用,推动片区基于地理邻近性进行技术协作。

第二,在主体协同方面,鼓励与高校进行技术研发合作。高校科研院所作为创新的源头,其创新的技术领域广、重视基础研究,能够拓展区域技术合作的广度,进而促进知识在主体间的溢出。因此,需要不断发挥高校创新源泉的作用,完善高校有组织的科研,推进产学研合作。开展探索赋予科研人员职务科技成果所有权或长期使用权试点工作,支持高校与高校、高校与企业进行技术交流与合作研发,促进科技创新和产业创新深度融合。

第三,在技术协同方面,进行关联技术协同培育。一项新技术的形成和发展,往往需要依托其他多种技术的交叉融合与创新组合。因此,科技创新不能单打独斗,需要发挥比较优势,激发“集群效应”破解研发难题,实现从单一技术创新向技术集群创新发展转变。成渝地区尤其是创新能力不强的地区,需要根据技术之间的关联性,编制技术关联表,选择成渝地区产业发展急需的、具有高度技术关联性的重要科技领域,实施政策和投入倾斜,形成行业间技术协作关键节点。

### 参考文献:

- [1] 习近平在重庆考察时强调:进一步全面深化改革开放 不断谱写中国式现代化重庆篇章[N]. 人民日报,2024-04-25(01).
- [2] ANSOFF H I. Corporate strategy: An analytic approach to business policy for growth and expansion [M]. New York: McGraw-Hill, 1965.
- [3] HAKEN H. Synergetics[J]. Physics Bulletin, 1977, 28(9):412-414.

- [4] TIDD J, BESSANT J R. *Managing innovation: Integrating technological, market and organizational change* [M]. New York: John Wiley & Sons, 2020.
- [5] 刘丹,闫长乐. 协同创新网络结构与机理研究[J]. 管理世界, 2013(12):1-4.
- [6] 成征宇,徐承红. 中国城市协同创新网络时空演变特征分析[J]. 人文地理, 2024(6):152-161.
- [7] 陈劲,阳银娟. 协同创新的理论基础与内涵[J]. 科学学研究, 2012(2):161-164.
- [8] 王志宝,孙铁山,李国平. 区域协同创新研究进展与展望[J]. 软科学, 2013(1):1-4,9.
- [9] 吴康敏,张虹鸥,叶玉瑶,等. 粤港澳大湾区协同创新的综合测度与演化特征[J]. 地理科学进展, 2022(9): 1662-1676.
- [10] 陈红霞,杨锦煊,谷永宝. 城市群协同创新网络结构特征、演化规律与协同创新效率:基于联合发文数据的实证研究[J]. 城市发展研究, 2024(9):32-38.
- [11] 陈劲. 协同创新与国家科研能力建设[J]. 科学学研究, 2011(12):1762-1763.
- [12] 解学梅,刘丝雨. 协同创新模式对协同效应与创新绩效的影响机理[J]. 管理科学, 2015(2):27-39.
- [13] 范斐,连欢,王雪利,等. 区域协同创新对创新绩效的影响机制研究[J]. 地理科学, 2020(2):165-172.
- [14] 鲁继通. 京津冀区域协同创新能力测度与评价:基于复合系统协同度模型[J]. 科技管理研究, 2015(24): 165-170, 176.
- [15] 孙瑜康,李国平. 京津冀协同创新水平评价及提升对策研究[J]. 地理科学进展, 2017(1):78-86.
- [16] 彭华涛,范丹. 中国“谷”现象的协同创新机理:社会网络的分析视角[J]. 中国科技论坛, 2013(6):20-25.
- [17] 解学梅. 中小企业协同创新网络与创新绩效的实证研究[J]. 管理科学学报, 2010(8):51-64.
- [18] 吕丹,王等.“成渝城市群”创新网络结构特征演化及其协同发展[J]. 中国软科学, 2020(11):154-161.
- [19] ARTHUR W B. *The nature of technology: what it is and how it evolves* [M]. New York: Free Press, 2009.
- [20] BOSCHMA R, FRENKEN K. The emerging empirics of evolutionary economic geography [J]. Journal of Economic Geography, 2011, 11(2):295-307.
- [21] RIGBY D L. Technological relatedness and knowledge space: Entry and exit of US cities from patent classes [J]. Regional Studies, 2015, 49(11):1922-1937.
- [22] 马双,曾刚,张翼鸥. 技术关联性、复杂性与区域多样化:来自中国地级市的证据[J]. 地理研究, 2020(4):865-879.
- [23] 陈露,刘修岩. 产业空间共聚、知识溢出与创新绩效:兼议区域产业多样化集群建设路径[J]. 经济研究, 2024(4): 78-95.
- [24] 《中国区域科技创新评价报告2024》发布[EB/OL]. [2024-09-09]. <http://www.casted.org.cn/channel/newsinfo/10093>.
- [25] ARZAGHI M, HENDERSON J V. Networking off Madison avenue [J]. The Review of Economic Studies, 2008, 75 (4) : 1011-1038.
- [26] 段德忠,杜德斌,刘承良. 上海和北京城市创新空间结构的时空演化模式[J]. 地理学报, 2015(12):1911-1925.
- [27] 王娇,刘修岩,李迎成. 空间结构、城市规模与中国城市的创新绩效[J]. 中国工业经济, 2021(5):114-132.
- [28] 杨继瑞,杨蓉,马永坤. 协同创新理论探讨及区域发展协同创新机制的构建[J]. 高校理论战线, 2013(1):56-62.
- [29] 赵建吉,曾刚. 创新的空间测度:数据与指标[J]. 经济地理, 2009(8):1250-1255.
- [30] HUALLACHÁIN B Ó,LEE D S. Urban centers and networks of co-invention in American biotechnology [J]. The Annals of Regional Science, 2014, 52(3):799-823.
- [31] 徐宜青,曾刚,王秋玉. 长三角城市群协同创新网络格局发展演变及优化策略[J]. 经济地理, 2018(11):133-140.
- [32] 孙天阳,成丽红. 中国协同创新网络的结构特征及格局演化研究[J]. 科学学研究, 2019(8):1498-1505.
- [33] 高长元,张晓星,张树臣. 多维邻近性对跨界联盟协同创新的影响研究:基于人工智能合作专利的数据分析[J]. 科学学与科学技术管理, 2021(5):100-117.
- [34] 许培源,吴贵华. 粤港澳大湾区知识创新网络的空间演化:兼论深圳科技创新中心地位[J]. 中国软科学, 2019(5): 68-79.
- [35] BALLAND P A, BOSCHMA R, CRESPO J, et al. Smart specialization policy in the European Union: Relatedness, knowledge complexity and regional diversification[J]. Regional Studies, 2019, 53(9):1252-1268.
- [36] HSU P H, TIAN X, XU Y. Financial development and innovation: Cross-country evidence [J]. Journal of Financial Economics, 2014, 112(1):116-135.
- [37] 龙小宁,王俊. 中国专利激增的动因及其质量效应[J]. 世界经济, 2015(6):115-142.
- [38] 周沂,贺灿飞. 中国城市出口产品演化[J]. 地理学报, 2019(6):1097-1111.
- [39] 蒋仁爱,张路路,石皓月. 专利发明人合作对中国专利质量的影响研究[J]. 科学学研究, 2020(7):1215-1226.
- [40] 龚勤林,李源,周沂. 边界效应对区域技术创新的影响及其作用机制:来自川渝边界的证据 [J]. 财经科学, 2023 (4): 110-122.

## Research on the characteristics of synergic innovation network and its impact on innovation output in Chengdu–Chongqing area

LI Yuan<sup>1a,1b</sup>, GONG Qinlin<sup>1b</sup>, XIAO Yi<sup>2</sup>

(1. a. School of Marxism; b. School of Economics, Sichuan University, Chengdu 610065, P. R. China;

2. School of Business, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, P. R. China)

**Abstract:** With the continuous expansion of the depth and breadth of technological research, technological innovation has shown the characteristics of cross-regional, cross-institution and multi-technology integration, and it has become difficult for a single region, a single institution and a single technological field to support complex and large-scale technological innovation. The collaborative innovation mode is based on the reasonable flow of innovation factors, which can form knowledge synergy and spillover effect, enhance innovation efficiency, and is an inevitable choice for regional technological innovation and achieving high-quality development. Currently, there remains a significant gap in scientific and technological innovation between the Chengdu–Chongqing area and the Yangtze River Delta. Achieving collaborative innovation is crucial to establishing a pivotal growth engine and new dynamic source that drives high-quality development nationwide. This also represents a key initiative to develop new quality productive forces tailored to local conditions and advance a new pattern of large-scale western development. Based on the theory of division of labor and technology evolution, this paper divides synergy innovation into three categories: technological synergy, institutional synergy and regional synergy. And based on patent information data, this paper analyzes the evolution characteristics of synergy innovation network in Chengdu–Chongqing area, and empirically analyzes the impact of three synergy models on the quantity and quality of regional innovation. Results show that: 1) Regional collaborative innovation in Chengdu–Chongqing area shows networking trend, but with core-periphery structure. Universities are the key nodes of the innovation network, and technology is highly related in the same industry. 2) Technological synergy can improve the quantity of regional innovation through the effect of technological optimization and reorganization, but this path dependent development can inhibit the quality of innovation; institutional synergy and regional synergy can update the knowledge base through knowledge sharing and thus improve the quality of regional innovation. Based on this, this paper puts forward three suggestions: First, we should accelerate the technological innovation cooperation across administrative boundaries, continue to play the role of knowledge spillover in key node areas, accelerate the construction of science and innovation corridor, and strengthen the spatial spillover between the core node and sub-nodes of technological innovation. Second, promote technological collaboration with universities to advance industry-university-research integration. Improve the ownership system for scientific and technological achievements, promote technology exchanges and joint R&D between universities as well as between universities and enterprises, and drive the integrated development of technological innovation and industrial innovation. Third, it is necessary to carry out collaborative cultivation of related technologies, compile technology linkage tables, and increase inputs in technology fields that are urgently needed for industrial development and have a high degree of relevance, so as to achieve a shift from single technology innovation to collaborative development of technology clusters. The article analyzes the characteristics and problems of the current collaborative innovation network in Chengdu–Chongqing area, and empirically tests the positive effect of collaborative innovation on innovation output, which can provide a reference for local governments to optimize the regional innovation pattern.

**Key words:** synergic innovation; network characteristic; innovation output; three-dimensional synergy; Chengdu–Chongqing area

(责任编辑 傅旭东)