

教育与经济

DOI:10.15998/j.cnki.issn1673-8012.2024.03.005

五螺旋框架下高校参与区域科技创新 组态效应研究



尤莉,王瑞

(河南科技大学 商学院/高等教育与区域经济发展研究中心, 洛阳 471023)

摘要:高校是推动区域科技创新和产业变革的关键力量,对区域科技创新系统具有支撑性和引领性。利用五螺旋创新理论框架,探究政府支持、产业基础、学术能力、公众需求、创新环境等关键要素影响高校参与区域科技创新的前因条件和交互效应。对比我国31个省份组态效应,结合NCA和fsQCA方法,发现高校参与区域科技创新具有“多重并发”特征。高校参与区域科技创新没有绝对最优路径,只有相对最优路径,不同驱动路径之间存在差异性和等效性。政府支持、产业基础、学术能力、公众需求、创新环境之间不同组态形成了3条高区域科技创新路径和4条非高区域科技创新路径。3条高区域科技创新路径分别是政产学公众联合导向型、政产公众环境联合导向型、产学公众环境联合导向型;4条非高区域科技创新路径分别是产业缺失型、政环境缺失型、政产环境缺失型、学术环境缺失型。其中,政府组织协调职能、持续稳定的公众参与机制和区域内部规模化创新环境有效促进了高校内部创新活动与区域整体要素资源的结构性契合,增加了不同驱动路径之间的等效转化机会。为此,不同区域应依据产业资源禀赋特点和高校发展特色,科学调整高校在区域科技创新系统的协同嵌入形式,从单一优化转向组态耦合,实现多重条件的组态优化。以新型举国体制为主线持续推动科教融汇、产教协同,激活公众创新基因和区域创新势能,不断提升高校参与区域科技创新的能力。

关键词:区域科技创新;高校参与;五螺旋;模糊集定性比较分析

[中图分类号]G644 [文献标志码]A [文章编号]16738012(2024)03005415

修回日期:20240402

基金项目:河南省教育科学规划重点课题“TOE框架下我省高校科技成果转移转化现状与效能提升”(2024JKZD11)

作者简介:尤莉,女,河南洛阳人,河南科技大学教授,河南大学教育学博士后,河南省中原青年拔尖人才,主要从事教育行政与政策研究;

王瑞,女,河南鹤壁人,河南科技大学硕士生,主要从事高等教育管理与区域协同创新研究。

引用格式:尤莉,王瑞.五螺旋框架下高校参与区域科技创新组态效应研究[J].重庆高教研究,2024,12(3):5468.

Citation format: YOU Li, WANG Rui. Study on the configuration effect of university participation in regional technological innovation under the five-spiral framework[J]. Chongqing higher education research, 2024, 12(3): 5468.

党的二十大报告指出,教育、科技、人才是全面建设社会主义现代化国家的基础性、战略性支撑^[1]。习近平总书记在主持中共中央政治局第五次集体学习时强调,建设教育强国,龙头是高等教育^[2]。从区域发展层面看,高等教育是推动区域科技创新和产业变革的关键力量,是推动区域新高地建设的先导力量。高校应以更加积极的姿态主动迎接变革,加速与区域经济社会融合;搭建基础研究战略平台,使之成为连接科学研究、技术研发与产业创新的重要环节。同时,新知识生产模式使高校参与区域科技创新面临更多非线性、复杂性、不确定性的挑战。从协同创新角度看,促进高校深度参与区域多主体协作、集成式突破、大规模实施的大科学研究模式,承担更重要的科技引领性、学科包容性、多模式发展的社会责任,充分发挥其巨大的牵引和溢出效应,有利于高校更好地适应未来发展。

已有研究高校参与区域科技创新的影响因素多集中于高校自身特征,而基于外部动因和创新生态环境的研究较少,且探讨多集中于高校自身知识创新、物质激励、组织保障和文化氛围等因素,对高校与区域创新主体之间的耦合关系还有待深入研究。这体现在大多数研究基于高校自身来揭示前置因素对区域科技创新活动的影响,而对政府、产业、学术、公众和社会之间整体框架的系统性研究较为匮乏。部分研究虽然关注多创新主体对高校参与区域科技创新的显性影响,但多个前因条件之间的组合关系,以及多因素如何耦合来影响高校参与区域科技创新还有待进一步探索。

本文利用五螺旋创新理论搭建分析框架,探讨高校参与区域科技创新受到的多个层次前因条件的并发与交互影响,包括影响高校参与的政府支持、产业基础、学术能力、公众需求、创新环境。同时,聚焦我国31个省份,分析哪些前因条件是产生高区域科技创新绩效的必要条件?这些条件如何耦合以产生高区域科技创新绩效?围绕上述问题,研究结合模糊集定性比较方法分析影响高校参与区域科技创新的多重并发因果作用机制,明晰高校参与区域科技创新的具体路径,以期提升高校服务区域创新能力提供借鉴。

一、研究综述与研究框架

(一)研究综述

1. 五螺旋理论相关研究

高校参与区域科技创新是指在协同创新环境下高校根据学科资源与人力资源禀赋条件,为促进区域重大科技创新而提供知识和创新资源的行为与作用程度。在协同创新环境下,高校参与区域科技创新不单是高校自身行为,也是区域创新主体获取创新资源的重要方式。高校参与区域科技创新是政府、企业、知识生产机构、中介机构、社会公众等联合开展的大跨度创新模式^[3]。因此,高校参与区域科技创新需要放在多主体协同创新的视角下,考虑不同维度的影响因素。已有研究从协同视角研究了高校参与区域科技创新,部分学者将三螺旋理论、四螺旋理论、五螺旋理论应用于区域协同与科技创新的相关研究。在20世纪后期,亨利·埃茨科威兹(Henry Etzkowitz)提出高校、产业与政府(UIG)为主体的三螺旋模式^[4],强调高校应注重知识的经济价值,联合多个主体在应用学科创新方面进行协同。21世纪初,埃利亚斯·卡拉雅尼斯(Elias Carayannis)指出,高校在区域协同创新过程中,应具备更多的公益性和更包容的文化属性,并建立“高校—产业—政府—公民”的四螺旋协同创新框架。而后,埃利亚斯·卡拉雅尼斯认为四螺旋的结构仍然不够稳定,区域可持续发展需要重视自然环境,并在四螺旋的基础上加上“自然环境”,形成五螺旋^[5]。五螺旋创新生态系统不仅重视高校与经济系统融合,还重视与自然生态环境的协同。五螺旋的创新性发展,使得区域科技创新要素的流动效能进一步加强^[6]。

五螺旋理论认为,高校参与区域创新不仅受到自身因素影响,也受到政府支持、产业基础、学术能

力、公众需求和创新环境的影响,各创新主体间相互配合、相互协调,使得人才、科技、信息等创新要素相互流动。同时,各创新主体间相对独立,能够达到共同进步、共同发展的目标。在区域科技创新系统中,高校的积极主动参与能带动其他创新主体的优化升级,在协同发展中实现科技创新绩效的提升。已有研究指出,高校参与对区域创新绩效和科技创新效率起到明显的推动作用^[7]。利用政府支持、产业基础、学术能力、公众需求、创新环境的协同优势,协助高校搭建资源互补、分工协作、协同联动的区域科技创新合作空间,可改善不同地理位置和办学层次高校的科技创新“流空间”,实现高校与政府、产业集群、研发主体和社会公众之间的创新性“补位”。因此,针对协同创新背景下如何激发和保障高校参与区域科技创新活动问题,五螺旋理论框架具有较强的适应性。

2. 高校参与科技创新相关研究

高校驱动科技创新的相关研究主要分为两部分:高校自身作用和高校同其他组织合作实现协同创新作用。多数学者认为,高校参与科技创新能够有效推动区域创新发展,高校以其完善的教学体系,能够培育高质量人才,进而推动科技创新能力的提升^[8]。资源聚集能够有效减少科技创新成本,提升科技创新质量。相较于经费聚集,以人才聚集为主的区域能够显著提升区域科技创新能力^[9]。此外,高校还通过强大的科研能力实现科技成果产出和技术转化,影响区域科技创新能力^[10-11]。

除此之外,高校与其他组织的协同创新行为,对提升区域科技创新有正向作用。基于高校研发的溢出效应,区域科技协同创新形成了“校企合作”“学研合作”“产学研合作”“政产学研合作”4种不同形式^[12]。在校企合作中,高校的高研发能力能够有效改变企业创新成果的数量和质量,企业能够推动创新成果转化,提升区域创新绩效^[13]。在产学研合作中,产学研协同创新在短期内对区域创新效率并没有明显的促进作用,但从长期来看,其对区域创新效率有显著的推动作用^[14]。政产学研合作是高校同其他组织对区域科技创新的研究热点,一些学者通过构建评价指标体系,采用实证方法探究政产学研对区域科技创新的影响。在高校参与科技创新过程中,知识创造能力是影响研发水平进而影响科技创新成果产出的主要因素^[15]。研究型大学通过培育新型创新创业人才、更新研发创新模式、促进技术转移等方式,促使高校成为推动科技创新的领军力量和主导力量^[16]。由此可见,通过提升高校对科技创新的参与度,加强高校同其他组织的协同,能够进一步推动区域科技创新。

当前我国对高校参与科技创新的研究,肯定了高校在推动区域科技创新过程中有显著的促进作用,但是在科技创新发展过程中,社会公众与创新环境等对科技创新的影响逐渐加深。社会公众对创新活动的参与度不断加深,对创新活动的需求也在不断加大,高校、企业等研发主体对公众的创新需求不能忽视。此外,创新环境的变化也影响着科技创新研发及成果转化活动,所以在三螺旋中加入社会公众及创新环境因素后,其中的协同机制仍需要深入研究。

(二) 研究框架

基于以往研究成果,本文在五螺旋理论基础上构建高校参与区域科技创新的综合性分析框架(如图1),分析“政产学研用”复杂创新合作网络中影响高校参与的前因条件,以期促进知识价值创造并保障区域科技创新网络的整体发展。作为一种科技创新合作系统工程,“政产学研用”是生产、学习、科学研究、实践运用的系统合作模式,是技术创新上、中、下游及创新环境与最终用户对接与耦合中不可或缺的模式。协同创新环境下高校参与区域科技创新受到政府支持、产业基础、学术能力、公众需求、创新环境5个方面的影响,这些前因条件相互联系,密不可分。具体来说,政府通过政策系统支持和激励高校主动参与,进而推动科技创新成果的产出;产业通过雄厚的产业基础积极推动高校对科技创新资源的广泛应用,不断激发高校进行创新研发活动;高校通过把科研成果投入企业乃至行业,搭建新型创新研发试验平台,提升区域科技创新效率;社会公众通过用户创新和大众创新加深与

创新活动的密切联系,并提出对科技创新成果的要求;创新环境为高校研发创新活动的顺利开展提供保障,同时对高校创新研发进行一定的规制,保障高校科技创新活动的可持续发展。

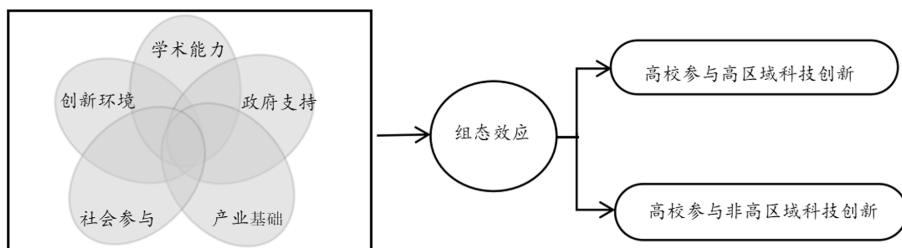


图1 高校参与区域科技创新的分析框架

二、研究设计

(一)研究方法

20世纪80年代,Ragin提出模糊集定性比较分析(fsQCA)方法。该方法借助必要与充分因果逻辑,以组态视角探察前因条件间的复杂作用关系对结果的影响^{[17]1-4},是一种案例导向研究方法^[18]。区别于传统实证分析,该方法将定量与定性相结合,致力于协助研究者获取结果产生与否的可能组合形态,而非局限于单个前因与结果之间简单对应的线性关系^[19]。

当今区域科技创新环境愈发复杂,需要发展适应复杂管理系统的新理论、新方法和新范式^[20]。模糊集定性比较分析方法是近年来学者较为青睐的管理研究方法。其中,组态指任何共同发生的、概念上可区分的多维度特征群^[21-22]。组态思维是将前因条件看作产生结果的潜在因素,不再寻求单一条件变量对结果产生最大影响^[23],需从整体性视角来分析不同前因条件的组合形态及其共同发挥作用的具体路径。故而,本文采用fsQCA主要有两个原因:一是研究样本量为我国31个省份,满足fsQCA方法的10-60个样本量的需求^[24];二是fsQCA方法的3个基本假设,即并发因果关系、路径组态的等效性和条件及结果的非对称性^{[17]5-10},能够揭示影响高校参与区域科技创新的条件变量与结果变量之间复杂的多元、非线性因果关系。

(二)数据来源

以我国31个省份的区域科技创新绩效作为研究案例,相关数据来源于2020年的《中国统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国火炬统计年鉴》《中国科普统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国区域创新能力评价报告》。具体来说,结果变量中发明专利授权数、技术合同数、技术合同成交金额、发表科技论文数、新产品销售收入均来源于《中国科技统计年鉴》。在条件变量中,全国R&D活动经费中政府资金投入情况和企业资金投入情况、全部企业中有R&D活动的企业数、规模以上工业企业新产品开发经费支出、企业R&D人员折合全时当量、高校R&D全时人员当量、学校数、R&D课题数来源于《中国科技统计年鉴》;财政教育支出强度、专任教师数量、大专以上学历人口数、外商投资额来源于《中国统计年鉴》;科普经费支出强度,科技馆当年参观人数,科研机构、大学向社会开放参观人数,科普(技)竞赛参加人数,以及科普传媒来源于《中国科普统计年鉴》;在孵企业数和众创空间当年服务的企业及团队数来源于《中国火炬统计年鉴》;财政环境支出强度来源于《中国环境统计年鉴》;十万人创新中介从业人员数、每名R&D人员研发仪器和设备支出、高技术产品出口额占商品出口额比重、科学研究和技术服务业平均工资比较系数来源于《中国区域创新能力评价报告》。

(三)变量测量与校准

研究的结果变量为区域科技创新绩效,前因变量为基于创新生态系统理论下五螺旋模型中的5

个子系统,包括政府支持、产业基础、学术能力、社会参与和创新环境。

1. 结果变量

区域科技创新绩效用每万人均发明专利授权数、技术合同数、技术合同成交金额、发表科技论文数和新产品销售收入进行衡量,记为 RIP。将结果变量进行指标归一化处理,随后采用 Critic 权重法计算权重,通过加权平均获取 RIP 的最终得分。RIP 选取样本 0.95、0.5 和 0.05 分位的 3 个锚点,将原始数据转化为 0 到 1 之间的隶属度,分别对应完全隶属、交叉点、完全不隶属。

2. 前因变量

五螺旋协同创新要素下的政府支持、产业基础、学术能力、社会参与和创新环境,分别记为 GOV、BUS、EDU、SOC、ENV。利用 Critic 权重法对各子系统的二级指标进行加权平均,计算出最后得分。同样选取样本 0.95、0.5 和 0.05 分位的 3 个锚点作为隶属度的设定阈值。校准后的各维度指标及权重结果如表 1 所示。

表 1 五螺旋框架下高校参与区域科技创新系统各指标权重

一级指标	二级指标	权重系数(%)	完全隶属点	交叉点	完全不隶属点
政府支持 GOV	全国 R&D 活动经费中政府资金投入情况	3.161			
	科普经费支出强度	4.499	0.137	0.077	0.022
	财政教育支出强度	6.439			
	财政环境支出强度	5.922			
产业基础 BUS	全国 R&D 活动经费中企业资金投入情况	3.262			
	全部企业中有 R&D 活动的企业数	4.501			
	在孵企业+众创空间当年服务的企业及团队数	3.231	0.132	0.020	0.001
	规模以上工业企业新产品开发经费支出	3.276			
学术能力 EDU	企业 R&D 人员折合全时当量	3.143			
	高校 R&D 全时人员当量	3.015			
	学校数	4.529	0.117	0.058	0.005
	专任教师数量	4.221			
社会参与 SOC	R&D 课题数	3.002			
	科技馆当年参观人数	5.481			
	科研机构、大学向社会开放参观人数	4.000	0.107	0.032	0.008
	科普(技)竞赛参加人数	3.910			
创新环境 ENV	科普传媒	3.863			
	大专以上学历人口数	3.047			
	外商投资额	3.072			
	十万人创新中介从业人员数	4.458	0.178	0.091	0.043
	每名 R&D 人员研发仪器和设备支出	8.054			
	高技术产品出口额占商品出口额比重	7.382			
科学研究和技术服务业平均工资比较系数	4.531				

政府支持。政府作为区域科技创新生态群落中重要的创新资源提供者,也是区域协同创新网络的重要节点,其宏观调控、政策引导、资源扶持等对区域科技创新活动均起着不可替代的作用。从投入—产出角度看,无论是产业 R&D 经费内部支出,还是高校、研发机构 R&D 经费内部支出,政府资金都不可或缺^[15,25-26]。现有研究中,政府科技支出一直作为核心变量存在^[27]。政府的科普经费支出强度能够有效推动公众对创新的接受度与参与度;政府的财政教育支出强度能够保障对各创新行业的高质量人才供给^[28];政府的财政环境支出通过引导高校、约束企业提高绿色创新水平来提升创新质量^[29]。结合当前研究成果,选取全国 R&D 活动经费中政府资金投入情况、科普经费支出强度、财政教育支出强度、财政环境支出来衡量政府支持对高校参与区域科技创新绩效的影响。

产业基础。企业是重要科技成果产出处,加之其较强的产业运营能力,在满足自身科技创新活动基础上,还能对其他子系统的科技创新活动提供必要的创新资源支持。拥有 R&D 活动的企业是进行科技创新的重要主体,其 R&D 人员是创新研发活动的必要人员投入^[30]。企业新产品开发经费支出作为企业研发资本,是科技创新活动的基础和保障^[31-32]。此外,科技孵化产业发展是科技创新体系建设的重要着力点,科技孵化产业能够优化资源配置,加快资源流动,进一步提升科技创新水平^[33-34]。结合当前研究成果,选取全部企业中有 R&D 活动的企业数、企业 R&D 人员折合全时当量、在孵企业数和众创空间当年服务的企业及团队数、规模以上工业企业新产品开发经费支出来衡量产业基础对高校参与区域科技创新绩效的影响。

学术能力。高校自身学术能力的高低同样制约和影响高校参与区域科技创新的程度。在创新生态群落中,高校作为原始创新的主体,能够与科研机构互动完成对单纯技术创新的转化,还可借助企业的良好平台资源,推动新知识与新技术在企业 and 行业领域的发展应用,是区域协同创新网络传播的重要节点。高校在 R&D 活动中资金、人员投入及 R&D 课题数资源等,是高校科技成果产出的基础和保障^[35-36]。高校还承担高质量人才供给责任,专任教师数量是高校育人的重要投入资源^[37]。结合当前研究成果,选取高校 R&D 全时人员当量、学校数、专任教师数量、R&D 课题数来衡量学术能力对高校参与区域科技创新绩效的影响。

社会参与。社会公众在区域科技创新生态系统中扮演最终用户的角色。社会公众对创新成果的需求往往是最直接的创新动力,推动高校参与创新生态系统的持续运转。创新成果在社会公众之间的应用,突破传统科技创新活动仅局限于高校实验室内,扩大了以用户为中心的创新模式。公众对科技创新的接受度与参与度的加深需要政府、企业、高校等主体的引导与推动。科技馆参观人数,以及科研机构、大学向社会开放参观人数能够反映公众对科技创新的接受度,各种科普(技)竞赛、讲座、展览的参加人数能够反映公众的参与程度^[31,38]。此外,科普传媒能够实现多渠道、全方位对公众进行创新文化等要素的传播,推动用户对创新成果应用价值的实现^[39]。结合当前研究成果,选取科技馆当年参观人数,科研机构、大学向社会开放参观人数,科普(技)竞赛参加人数,科普(技)讲座参加人数,科普(技)展览参加人数,以及科普传媒衡量社会参与对高校参与区域科技创新绩效的影响。

创新环境。创新环境是高校创新活动所必需的环境基础,对区域科技创新成果的产出具有显著的推动作用。创新环境主要包含技术环境与开放程度。大专以上学历人员、外商投资、十万人创新中介从业人员为创新活动提供人才、额外资金与科技创新平台支持^[40-41],每名 R&D 人员研发仪器和设备支出、科学研究和技术服务业平均工资能够反映科技创新基础资源的供给水平,为高校参与区域科技创新活动提供基础保障^[42-43]。高技术产品出口额占商品出口额比重反映企业创新实力,能够衡量当前创新产品的对外开放程度,而且对外开放程度越高,越有利于进行国内外先进创新技术交流^[44-45]。结合当前研究成果,选取大专以上学历人口数、外商投资额、十万人创新中介从业人员数、每名 R&D 人员研发仪器和设备支出、高技术产品出口额占商品出口额比重、科学研究和技术服务业

平均工资比较系数来衡量创新环境对高校参与区域科技创新绩效的影响。

综上所述,本文基于五螺旋理论对高校参与区域科技创新活动进行系统性分析,采用模糊集定性比较法(fsQCA)对政府支持、产业基础、学术能力、社会参与和创新环境 5 个模块进行分析,揭示不同要素耦合对高校参与区域科技创新绩效的影响。同时,根据路径及具体案例进行分析,为提升高校参与区域科技创新绩效提出有针对性的建议。

三、数据分析

(一)单条件必要性分析

NCA(necessary condition analysis)是必要条件分析,是研究某一特定结果产生所需的条件。首先,采用 NCA 对必要性进行分析。相较于 fsQCA 方法中的必要性分析,NCA 不仅能够回答前因条件是否且在多大程度上是结果变量的必要条件,还能通过瓶颈分析实现不同程度的结果需要什么程度的前因条件限制^[46],进一步深入分析单一条件的必要性,更好地探究前因条件与结果变量之间的因果关系^[47]。采用 NCA 进行必要条件分析结果表明,当效应量 >0.1 且 $P<0.01$ 时,可认为此前因变量为结果变量的必要条件。而且,当 $0\leq d<0.1$ 时,属于低等效果;当 $0.1\leq d<0.3$ 时,属于中等效果;当 $0.3\leq d<0.5$ 时,属于高等效果^[48](见表 2)。参照已有研究,采用上限回归(CR, ceiling regression)和上限包络分析(CE, ceiling envelopment)两种结果进行结果呈现,以确保数据的稳健性。由于 CR 更适合处理离散或连续性变量^[49],因此采用 CR 相关数据进行结果分析。结果显示,政府支持和创新环境的效应量均处于中等效果范围,且 P 值显著,因此可以认为在中等程度上政府支持和创新环境是高校参与科技创新绩效的必要条件。产业基础、学术能力、社会参与均处于高等效果范围,可以认为在高等程度上政府支持和创新环境是高校参与科技创新绩效的必要条件。

表 2 NCA 必要条件分析结果

前因条件 ^①	方法	高校参与科技创新绩效(RIP)				
		精确度/%	上限区域	范围	效应量 d	P 值 ^②
政府支持(GOV)	CR	87.1	0.236	0.89	0.264	0.005
	CE	100	0.241	0.89	0.270	0.002
产业基础(BUS)	CR	80.6	0.325	0.87	0.371	0.000
	CE	100	0.367	0.87	0.419	0.000
学术能力(EDU)	CR	90.3	0.344	0.86	0.398	0.000
	CE	100	0.325	0.86	0.376	0.000
社会参与(SOC)	CR	87.1	0.296	0.87	0.339	0.000
	CE	100	0.265	0.87	0.303	0.000
创新环境(ENV)	CR	83.9	0.265	0.91	0.290	0.003
	CE	100	0.243	0.91	0.266	0.002

注:①该表所用数据为校准后的模糊集隶属度值;②NCA 分析中的置换检验(permutation test,重抽次数=10 000)。

其次,采用 NCA 方法进行瓶颈水平分析。结果表明(见表 3),当高校参与科技创新绩效想要达到 20%的水平,则需要 10.8%的产业基础、8.0%的学术能力、1.7%的社会参与,其他条件不存在瓶颈。当结果变量想要达到的水平越高,相应的前因条件变量也需要达到更高的水平。瓶颈水平结果也同样表明,高校参与区域科技创新绩效的高水平实现,需要所有前因条件变量的协同参与。

表3 NCA方法瓶颈水平分析结果

(单位:%)

高校参与科技创新绩效(RIP)	政府支持(GOV)	产业基础(BUS)	学术能力(EDU)	社会参与(SOC)	创新环境(ENV)
0	NN	NN	NN	NN	NN
10	NN	2.1	NN	NN	NN
20	NN	10.8	8.0	1.7	NN
30	5.0	19.5	18.4	11.8	6.3
40	14.3	28.2	28.7	22.0	16.3
50	23.6	36.9	39.0	32.2	26.2
60	32.9	45.6	49.3	42.3	36.2
70	42.2	54.3	59.7	52.5	46.2
80	51.6	63.0	70.0	62.7	56.1
90	60.9	71.7	80.3	72.8	66.1
100	70.2	80.3	90.6	83.0	76.1

注:此方法采用 CR-FDH 算法;NN=不必要。

由于单个条件必要性的一致性阈值为 0.9,因此当一致性高于 0.9 时,则认为此条件可能是必要条件,但需要进一步判断。反之,当一致性低于 0.9 时,则认为此条件是非必要条件。如表 4 所示,高产业基础、高学术能力的一致性均高于 0.9,且覆盖度也较高,结合上述 NCA 条件的必要性分析,可以认为高产业基础、高学术能力是高校参与高科技创新的必要条件。

表4 QCA单个条件的必要性分析

条件变量	高校参与高科技创新		高校参与非高科技创新	
	一致性	覆盖度	一致性	覆盖度
GOV	0.843	0.688	0.542	0.561
~GOV	0.462	0.443	0.699	0.850
BUS	0.906	0.939	0.405	0.533
~BUS	0.550	0.422	0.954	0.928
EDU	0.931	0.818	0.459	0.511
~EDU	0.443	0.393	0.836	0.939
SOC	0.863	0.808	0.448	0.532
~SOC	0.500	0.416	0.839	0.886
ENV	0.831	0.713	0.527	0.572
~ENV	0.502	0.456	0.736	0.847

注:“~”表示逻辑“非”。

(二)条件组态充分性分析

借鉴现有研究,案例属同一结果的一致性应高于可接受的经验临界值 0.85 或 0.80^[22]。因此,将一致性阈值设定为 0.80, PRI (proportional reduction in inconsistency) 值可以避免某一组态在结果和否定结果中的同时子集关系出发,将一致性阈值设定为 0.70,为更可能多地保留案例数据,案例数阈值设定为 1。以中间解为主体,结合简单解来确定核心条件和边缘条件。

fSQCA 分析的结果如表 5 所示。每一列表示一种可能条件组态,产生高校参与高/非高区域科技

创新绩效的组态分别有 3 条路径和 4 条路径,分别代表实现高校参与高/非高区域科技创新绩效的可能路径。具体分析,产生高水平区域科技创新的可能路径有 R1、R2 和 R3,其一致性水平以及解的一致性水平均大于 0.85,解的覆盖度为 0.792,表明这 3 条组态路径解释了 79.2% 的高校参与高区域科技创新的行为。同理,非高科技创新的组态有 NR1(a/b)、NR2、NR3、NR4,其一致性水平同样高于 0.85,解的覆盖度为 0.756,表明这 4 条组态路径解释了 75.6% 的高校参与非高区域科技创新的行为。

表 5 产生高校参与高/非高区域科技创新绩效组态

前因变量	高校参与高区域科技创新(RIP)			高校参与非高区域科技创新(~RIP)				
	R1	R2	R3	NR1a	NR1b	NR2	NR3	NR4
政府支持(GOV)	●	●		⊗	●	⊗	⊗	●
产业基础(BUS)	●	●	●	⊗	⊗	●	⊗	●
学术能力(EDU)	●		●	⊗		●		⊗
社会参与(SOC)	●	●	●	⊗	⊗	⊗	●	⊗
创新环境(ENV)		●	●		●	⊗	⊗	⊗
一致性	0.974	0.974	0.974	0.980	0.959	0.967	0.977*	0.980
原始覆盖度	0.708	0.619	0.668	0.605	0.366	0.207	0.276	0.226
唯一覆盖度	0.107	0.018	0.067	0.264	0.062	0.006	0.024	0.004
解的一致性		0.971				0.945		
解的覆盖度		0.792				0.756		

注:●=核心条件存在;⊗=核心条件缺失;●=边缘条件存在;⊗=边缘条件缺失;空白表示条件是否出现无关紧要。

1. 高区域创新绩效组态

根据前提条件,结合政府支持、产业基础、学术能力、社会参与和创新环境的组态结果,高校参与高区域科技创新组态的可能路径有 3 条,具体路径和典型省份如表 6 所示:(1)政产学公众联合导向型。R1:GOV×BUS×EDU×SOC 组态显示,无论创新环境驱动能力如何,政府支持、产业基础、学术能力以及社会公众都是共同构成高校参与区域科技创新的关键要素。(2)政产公众环境联合导向型。R2:GOV×BUS×SOC×ENV 组态显示,无论高校科技研发能力如何,在政府大力支持以及有利的创新环境辅助下,产业基础系统的高研发创新活力、社会公众的积极参与是推动高校参与区域科技创新的核心条件。(3)产学公众环境联合导向型。R3:BUS×EDU×SOC×ENV 组态显示,无论政府支持力度和协调能力如何,在足够雄厚的产业基础和学术能力的研发创新活力、社会公众的积极参与以及良好的创新环境辅助推动下,高校参与区域科技创新依然能够达到高水平。

政产学公众联合导向型。高政府支持可以有效促进高校知识获取和吸收能力,激励高校不断创新。进一步说,政府通过政策系统进行职能协调,实现多主体间协同创新,激发高校自身学术能力的提升。同时,卓越的学术能力既是高校参与区域科技创新的基础,也是驱动高校参与区域科技创新行为的内生动力。在政府有效的组织协调下,高校参与区域科技创新的程度逐步加深。处于此类组态路径下的典型省份包括北京、浙江、安徽、广东等。以北京为例,政府积极创建协同创新平台,促进产业与研究机构、高校等创新主体联合,充分调动高端人才创新创业的积极性,为区域的协同发展提供原动力。北京市科学技术委员会、中关村科技园区管理委员会通过构建“中关村开放实验室成果转化概念验证项目”平台,建立具有组织弹性的内部垂直沟通和横向协作技术平台,帮助高校科研人员

向“技术创新—工程创新—产品创新—产业应用”快速转化,助推早期科技成果跨越“死亡谷”,为培育创新产业集群、联动高校的高水平人才供给提供动力。同时,北京地区高技术产业创新活力及众多“双一流”建设高校所具备的学术能力,可以持续提升高校参与区域科技创新活动的质量。以浙江为例,政府大力推行产业创新服务综合体建设行动,通过构建协同创新服务平台,加强各协同创新主体的共同参与、协同发展,建立区域科技创新生态系统。除了政府资金投入的大力支持外,浙江大力实施高等教育强省战略,大力支持尤其是大量科技型中小企业积极参与的高校创新活动。“十三五”以来,浙江高校主持并获得的三大国家科学技术奖项数量占全省的78%,为区域科技创新做出了重要贡献^[51]。加之浙江公众崇尚科学,支持创新,理性思维与科学意识盛行,对科技创新的积极参与也提升了高校汇聚大众创新资源的能力,显著提高了高校知识生产质量。

表6 高校参与高区域科技创新的绩效组态及典型省份

名称	组态路径	简要阐释	典型省份
政产学公众联合导向型		<p>在政府积极协调下,将产业同研究机构、高校等创新主体联合,加之公众对科技创新的积极参与也提升了高校汇聚大众创新资源的能力,为区域的协同发展提供原动力</p>	北京、浙江、安徽、广东等
政产公众环境联合导向型		<p>在高质量产业基础赋能下,政府联合区域内部优势企业,有效发挥协同创新的主体作用,为高校提供重要的技术支持,从而提升高校知识吸收和科技成果转化效率</p>	江苏、河南、山东等
产学公众环境联合导向型		<p>社会公众作为区域科技创新的“调节阀”,企业能够有效发挥集聚效应,为高校参与产品创新提供坚实的实验和应用基础,从而促进高校积极应对社会诉求,履行区域科技创新的社会使命和社会责任</p>	上海、四川等

注:大灰色圆表示核心条件存在,大白色圆表示核心条件缺失;小灰色圆表示边缘条件存在,小白圆表示边缘条件缺失或条件存在与否不重要。

政产公众环境联合导向型。在高质量产业基础赋能下,政府联合区域内部拥有产品技术创新优势的企业和行业,为拥有丰富专业知识和较强学术能力的高校提供重要的技术支持,从而提高高校知识吸收和科技成果转化效率。处于此类组态路径下的典型省份包括江苏、河南、山东等。以江苏为例,2020年的R&D经费投入3005.9亿元,位居全国第二位,R&D产出质量和效率不断提高^[52]。随着政府科技创新活动支持政策的落实,企业对税收减免政策的满意度高达80%,企业参与的积极性不断提高。企业主动融入高校创新网络,积极参与产学研合作项目,为高校输入创新创业资本,激发更多金融资本向高校汇聚。通过政府牵线搭桥,江苏超过70%的中小企业参与了高校科技创新合作,组织了专精特新“千校万企”等校企协同创新推进大会,增强了校企协同创新能力,打造了具有国际影响力的特色产业集群。河南为构建科技创新大格局,统筹两所“双一流”建设高校打造“双航母”,支持河南理工大学等7所高校创建“双一流”,优化高校参与区域科技创新与转化生态系统。目前,河南高校牵头或深度参与了16家省级实验室建设,拥有国家级科研平台37个,省部级科研平台

近 1 000 个,产出了阿兹夫定等一批标志性成果^[53]。

产学研公众环境联合导向型。社会公众作为区域科技创新的“调节阀”,在五螺旋框架中具有提供意见、参与反馈的职能,是联结产业基础和政府支持的重要组成部分。在高强度的社会公众需求下,企业和行业能够有效发挥产业基础集聚效应,为拥有丰富专业知识和较强学术能力的高校开展产品创新活动提供实验平台和应用场景,从而促进高校积极应对社会诉求,履行区域科技创新的社会使命和社会责任。进一步说,个体的微观参与行为通过不断优化区域规模化创新环境,激发产业集群主动参与资源互补、分工协作、协同联动的创新活动,从而促进高校学术能力的整体提升。处于此类组态路径下的典型省份有上海、四川等。以上海为例,全社会研发投入从 2012 年的 679.46 亿元增长到 2021 年的 1 819.8 亿元,研发投入强度从 3.31% 增长到 4.21%。上海科技创新综合水平迈入全球主要创新型城市前列,2021 年在世界科技创新集群中排名第八^[54]。受此影响,高水平研究机构和研究型大学加速发展,先后启动建设李政道研究所、量子科学研究中心、脑科学与类脑研究中心等一批聚焦世界科技前沿的新型研发机构,良好的创新环境促使高校创新策源能力不断增强。

2. 非高区域科技创新组态

基于 fsQCA 的非对称性特点,高校参与非高区域科技创新的组态有 NR1(a/b)、NR2、NR3、NR4 这几种,典型区域有西藏、青海、云南、江西等。NR1a、NR1b 组态为产业缺失型,NR1a 显示,在缺乏有效的政府支持、强产业基础、强学术参与以及强社会公众参与条件下,无法产生高区域科技创新;NR1b 显示,在产业基础和社会参与都缺失的条件下,即使有政府的大力支持和良好的创新环境,也很难产生高区域科技创新绩效。NR2 组态为政环境缺失型,表明缺乏政府、社会、环境的支持,区域往往处于非高区域科技创新状态。NR3 组态为政产环境缺失型,即在缺乏政府支持、产业基础以及创新环境的条件下,区域同样难以产生高科技创新绩效。NR4 组态为学术环境缺失型,在强学术能力、强创新环境条件缺失的情况下,社会参与程度不高,即使存在政府支持和好的产业基础,区域也很难产生高区域科技创新绩效。

(三) 稳健性检验

结果的稳健性检验是不可或缺的重要内容。本研究通过调整校准标准,把完全隶属阈值、交叉点和完全不隶属阈值从 95%、50%、5% 调整为 95%、50% 和 10%,并且将一致性阈值从 0.80 提升至 0.85^[55]。解释结果均没有发生变化,表明研究结果有较高的稳健性。条件修改后的组态结果如表 7 所示。

表 7 稳健性检验

前因变量	调整校准标准后的高校参与高区域科技创新			调整一致性阈值后的高校参与高区域科技创新		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
政府支持(GOV)	●	●		●	●	
产业基础(BUS)	●	●	●	●	●	●
学术能力(EDU)	●		●	●		●
社会参与(SOC)	●	●	●	●	●	●
创新环境(ENV)		●	●		●	●
一致性	0.979	0.980	0.988	0.974	0.974	0.974
原始覆盖度	0.678	0.581	0.648	0.708	0.619	0.668
唯一覆盖度	0.112	0.015	0.082	0.107	0.018	0.067
解的一致性		0.973			0.971	
解的覆盖度		0.775			0.792	

注:●=核心条件存在;●=边缘条件存在;空白表示条件是否出现无关紧要。

四、结论与启示

(一) 研究结论

本文以五螺旋理论为框架,分析我国 31 个省份影响高校参与区域科技创新的前因条件,通过研究政府支持、产业基础、学术能力、公众需求、创新环境对高校参与区域科技创新的复杂效应和多重组态方式,得出以下结论:

一是高校参与区域科技创新具有“多重并发”特征。依据 NCA 与 EQCA 方法,高校参与区域科技创新绩效的高水平实现,需要政府支持、产业基础、学术能力、公众需求、创新环境所有前因条件变量的协同参与和综合作用,较好的产业基础和较强的高学术能力是高校参与高科技创新的必要条件。

二是高校参与区域科技创新没有绝对最优路径,只有相对最优路径,不同驱动路径之间存在差异性和等效性。政府支持、产业基础、学术能力、公众需求、创新环境之间不同组态形成了 3 条高区域科技创新路径,分别为政产学公众联合导向型、政产公众环境联合导向型、产学公众环境联合导向型。具体来说,当高校面临创新环境为边缘条件时,可以在政府积极协调下与产业、研究机构、公众等创新主体联合,依靠政产学公众所具有的优势来弥补创新环境的缺失,这对应政产学公众联合导向型发展路径;当高校学术能力为边缘条件时,可依靠政府支持、产业基础以及公众和创新环境协同作用的优势条件,为高校提供重要的技术支持,从而弥补高校学术能力不足的劣势,这对应政产公众环境联合导向型发展路径;当高校缺乏外部政府协调时,可通过加大社会公众“创新阀”的作用,引导区域优势企业为高校参与产品创新提供坚实的实验和应用基础,这对应产学公众环境联合导向型发展路径。

三是导致高校参与区域科技创新的非高路径有 4 条,概括为产业缺失型、政环境缺失型、政产环境缺失型、学术环境缺失型,这说明五螺旋框架下多个条件的缺失会导致高校参与区域科技创新的低绩效。

(二) 政策启示

第一,从组态思维看,高校管理者要从单一优化转向组态耦合。高校参与区域科技创新是政府支持、产业基础、学术能力、公众需求、创新环境多种因素交织的结果,要素之间简单的聚合关系并不能带来高科技创新绩效,要素之间只有满足充分且必要的资源依赖关系时,才能真正发生耦合效应。政府的强组织协调职能、持续稳定的公众参与机制和区域内部规模化创新环境,能有效促进高校内部创新活动与外部区域科技创新发展战略的结构性契合,增加不同驱动路径之间类型化的耦合机会。故而,高校管理者要注重多重条件的协调配合,因地制宜选择适合高校自身特点的区域科技创新路径。

第二,从驱动路径的异质性和等效性看,需要厘清五螺旋框架下多个条件之间的互补替代关系,从而选择符合区域经济社会与高校发展特点的驱动路径。进一步说,政产学公众联合导向型的核心条件是政府支持、产业基础、学术能力和公众需求,这说明在创新环境复杂的情况下,这类区域需积极搭建政府、产业集群、学术能力、社会公众主动参与以及持续嵌入的关系网络,形成资源互补、分工协作、协同联动的区域科技创新体系;政产公众环境联合导向型的核心条件包括政府支持、产业基础、公众需求和创新环境,这说明经由公众参与机制的驱动,个体的微观参与行为可以优化区域规模化创新环境,这类区域要持续激活公众创新活力,营造区域科技人文氛围;产学公众环境联合导向型的核心条件包括产业基础、学术能力、公众需求和创新环境,这类区域需重点发挥科教融汇、产教协同优势,不断增强高校知识资本输出能力,扩大区域知识生产规模效益,集聚创新空间势能。

第三,从政府统筹协调职能看,需进一步健全新型举国体制。各级政府和教育行政主管部门需要不断引导和协调高校参与,促进高校科技成果与区域经济社会发展相结合。首先,制定具有国家战略导向和符合区域经济社会发展需求的战略规划和行动计划等,为高校参与未来科技创新、把握新一轮

科技革命和产业发展趋势指明方向。同时,优化重大科技项目遴选机制,明确政府作为出资人的组织者身份,引导企业、行业学会和协会组织建言献策。其次,协助高校搭建具有区域引领性的重大科技创新平台,包括国家实验室、国家重点实验室、国家技术创新中心、国家产教融合平台和区域各类高能级创新平台。最后,采取“揭榜挂帅”“赛马制”等新型科研攻关形式,聚拢政产学研用创新资源,不断优化跨部门、跨地区、跨行业、跨体制的区域科技创新体系。

参考文献:

- [1] 习近平. 高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告[M]. 北京:人民出版社,2022:3334.
- [2] 《求是》杂志发表习近平总书记重要文章 扎实推动教育强国建设[N]. 人民日报,20230916(01).
- [3] 陈劲,阳银娟. 协同创新的理论基础与内涵[J]. 科学学研究,2012,30(2):16+164.
- [4] 亨利·埃茨科维兹. 三螺旋创新模式:亨利·埃茨科维兹文选[M]. 陈劲,译. 北京:清华大学出版社,2016:311.
- [5] CARAYANNIS E G, BARTH T D, CAMPBELL D F J. The quintuple helix innovation model: global warming as a challenge and driver for innovation[J]. Journal of innovation and entrepreneurship,2012,1(1):+12.
- [6] 周全,程梦婷,吴绍波. 战略性新兴产业创新生态圈的五螺旋创新机制与实施路径[J]. 科学管理研究,2022,40(2):7379.
- [7] 王婉,秦艺根. 四螺旋视角下区域绿色技术创新效率提升路径:基于中国30个省份的模糊集定性比较分析[J]. 科技管理研究,2023,43(1):206214.
- [8] 石大千,张琴,刘建江. 高校扩招对区域创新能力的影响:机制与实证[J]. 科研管理,2020,41(3):8390.
- [9] 田浩然,赵之灿. 中国省域高等教育资源集聚布局的创新效应研究[J]. 重庆高教研究,2024,12(1):3245.
- [10] 王海燕,苏博谦. 高校科技创新与区域创新能力耦合协调的时空演化研究[J]. 中国科技论坛,2023(9):144+154,162.
- [11] 王晓红,李娜. 企业创新需求、高校技术转移与区域创新能力:高校科研能力的调节作用[J]. 软科学,2021,35(12):+6.
- [12] 黄艺翔,姚铮. 研发联盟对高新技术企业债务期限结构的影响:来自创业板上市公司的经验证据[J]. 研究与发展管理,2018,30(3):+11.
- [13] 高东燕,胡科,李世奇. 区域产学研合作强度和高校创新投入对高校创新能力的影响[J]. 重庆高教研究,2021,9(3):3652.
- [14] 高月姣,吴和成. 创新主体及交互作用对区域创新效率影响的实证研究[J]. 软科学,2015,29(12):4548.
- [15] 谢为群,皇甫洋,于丽英. 价值共创视角下的高校协同创新绩效影响因素[J]. 中国高校科技,2020(4):2226.
- [16] 孙菁. 我国研究型大学参与区域创新的机制研究[J]. 中国人民大学教育学报,2022(1):3957.
- [17] 伯努瓦·里蒙克斯,查尔斯·C. 拉金. QCA 设计原理与应用:超越定性与定量研究的新方法[M]. 杜运周,李永发,译. 北京:机械工业出版社,2017.
- [18] RIHOUX B. Bridging the gap between the qualitative and quantitative worlds? a retrospective and prospective view on qualitative comparative analysis[J]. Field methods,2003,15(4):354+365.
- [19] FURNARI S, CRILLY D, MISANGYI V F, et al. Capturing causal complexity: heuristics for configurational theorizing[J]. Academy of management review,2021,46(4):778799.
- [20] 杜运周,李佳馨,刘秋辰,等. 复杂动态视角下的组态理论与 QCA 方法:研究进展与未来方向[J]. 管理世界,2021,37(3):180+197,1213.
- [21] MEYER D A, TSUI A S, HININGS C R. Configurational approaches to organizational analysis[J]. The academy of management journal,1993,36(6):1175+1195.
- [22] 杜运周,贾良定. 组态视角与定性比较分析(QCA):管理学研究的一条新道路[J]. 管理世界,2017(6):155+167.
- [23] 查尔斯·C. 拉金. 重新设计社会科学研究[M]. 杜运周,等译. 北京:机械工业出版社,2019:7896.
- [24] BENNETT A, ELMAN C. Qualitative research: recent developments in case study methods[J]. Annual review of political science,2006,9(1):455+476.
- [25] 陈子韬,袁梦,孟凡蓉. 政府资助、科技类社会组织与产学研协同创新[J]. 科学学研究,2023,41(10):1822+1832.
- [26] VIKTOR P, KOTKOVA S M, JAN STEJSKAL. Fostering Czech Firms' innovation performance through efficient

- cooperation[J]. *Oeconomia copernicana*, 2021, 12(3):674700.
- [27] 危怀安,平霰. 区域协同视角下城市群科技创新与经济产出效率时空分异研究:以武汉城市圈为例[J]. *科技进步与对策*, 2019, 36(11):4045.
- [28] 柳卸林,吉晓慧,杨博旭. 城市创新生态系统评价体系构建及应用研究:基于“全创改”试点城市的分析[J]. *科学与科学技术管理*, 2022, 43(5):6384.
- [29] 高霞,贺至晗,张福元. 政府补贴、环境规制如何提升区域绿色技术创新水平:基于组态视角的联动效应研究[J]. *研究与发展管理*, 2022, 34(3):162172.
- [30] 李海超,盛亦隆. 区域科技创新复合系统的协同度研究[J]. *科技管理研究*, 2018, 38(21):2934.
- [31] 吴菲菲,童奕铭,黄鲁成. 组态视角下四螺旋创新驱动要素作用机制研究:基于中国 30 省高技术产业的模糊集定性比较分析[J]. *科学与科学技术管理*, 2020, 41(7):6277.
- [32] 王帮俊,吴艳芳. 区域产学研协同创新绩效评价:基于因子分析的视角[J]. *科技管理研究*, 2018, 38(1):6671.
- [33] 田颖,朱莹,赵袁军. 科技孵化产业发展对区域技术创新进步的影响研究:来自中国省级面板数据的实证检验[J]. *管理评论*, 2023, 35(3):92104.
- [34] 陈邑早,黄诗华,王圣媛. 我国区域创新生态系统运行效率:基于创新价值链视角[J]. *科研管理*, 2022, 43(7):1119.
- [35] 孙俊华,魏丽. 中国高校科技成果转化路径选择:中国内地 28 省市模糊集定性比较分析[J]. *科技进步与对策*, 2021, 38(20):2027.
- [36] 于姝,张爽爽,张健东. 产学研合作如何提升高校创新绩效:基于要素多维的组态分析视角[J]. *高等工程教育研究*, 2022(4):135141.
- [37] 廖娟. 基于三螺旋理论的区域协同创新机制和效率评价研究[D]. 上海:上海交通大学, 2015:31.
- [38] 赖先进. 公众参与对区域创新的影响及对协同创新的启示[J]. *中共青岛市委党校 青岛行政学院学报*, 2021(4):7077.
- [39] 刘广斌,李建坤. 基于 DEA 方法的地区科普资源配置及利用效率评价[J]. *科普研究*, 2017, 12(6):6976, 109.
- [40] 李美娟,刘媛. 基于 Copeland 法的区域协同创新能力动态组合评价与分析[J]. *科技管理研究*, 2018, 38(11):4854.
- [41] 王飞航,本连昌. 创新生态系统视角下区域创新绩效提升路径研究[J]. *中国科技论坛*, 2021(3):154163.
- [42] 王成东,綦良群,蔡渊渊. 研发效率导向下的产业研发投入结构[J]. *中国科技论坛*, 2015(4):1116, 29.
- [43] 中国科学技术发展战略研究院. 中国区域科技创新评价报告 2022[M]. 北京:科学技术文献出版社, 2022:5079.
- [44] 李雨晨,陈凯华. 面向创新链的国家创新力测度体系构建研究:多维创新指数的视角[J]. *科学与科学技术管理*, 2019, 40(11):4557.
- [45] 杜江,张伟科,葛尧. 产业集聚对区域技术创新影响的双重特征分析[J]. *软科学*, 2017, 31(11):45.
- [46] 盛明泉,李志杰,鲍群. 营商环境生态与区域创新绩效提升:基于 QCA 和 NCA 的联动效应分析[J]. *云南财经大学学报*, 2023, 39(8):2237.
- [47] 赵云辉,白佳奇,梁宇奇. 什么样的绿色创新模式产生城市高竞争力:基于 fsQCA 的组态分析[J/OL]. *系统管理学报*:t26[20231203]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1977.n.20230613.1011.002.html>
- [48] DUL J, LAAN E V D, KUIK R. A statistical significance test for necessary condition analysis[J]. *Organizational research methods*, 2020, 23(2):385395.
- [49] 苏福,毛润霖,侯雨花,等. 基于 fsQCA 的电商平台用户信息规避意愿影响因素研究[J]. *数字图书馆论坛*, 2023, 19(7):3039.
- [50] VALK W V D, SUMO R, DUL J, et al. When are contracts and trust necessary for innovation in buyer-supplier relationships? a necessary condition analysis[J]. *Journal of purchasing and supply management*, 2016, 22(4):266277.
- [51] 浙江省教育厅关于印发《浙江省高等教育“十四五”发展规划》《浙江省职业教育“十四五”发展规划》《浙江省教师队伍建设“十四五”规划》的通知[EB/OL]. (20240702)[20231220]. http://jyt.zj.gov.cn/art/2021/7/2/art_1229266643_4674524.html.
- [52] 2020 年江苏省科技经费投入统计公报[EB/OL]. (20241126)[20231220]. http://tj.jiangsu.gov.cn/art/2021/11/26/art_85271_10523114.html.
- [53] “全面贯彻党的二十大精神 奋力推进中国式现代化建设河南实践”主题系列——“建设教育强省,助力实现河南现代化”专场新闻发布会[EB/OL]. (20231114)[20231220]. <https://jyt.henan.gov.cn/2023/11/14/2847802.html>.
- [54] 上海加快科技创新赋能高质量发展 科创综合水平迈入全球城市前列,一批成果实现全球“首创”[EB/OL].

(20220921) [2023-12-20]. <https://www.shio.gov.cn/TrueCMS//shxwbgs/ywts/content/f73d9a20-1974-458f-a3be-1f1e65c29a76.html>.

[55] MEUER J, RUPIETTA C, BACKES-GELLNER U. Layers of co-existing innovation systems[J]. *Research policy*, 2015, 44(4):888910.

(责任编辑:杨慷慨 校对:张海生)

Study on the Configuration Effect of University Participation in Regional Technological Innovation under the Five-Spiral Framework

YOU Li, WANG Rui

(*School of Business, Henan University of Science and Technology/Research*

Center for Higher Education and Regional Economic Development, Luoyang 471023, China)

Abstract: Universities are the key driving force for promoting regional technological innovation and industrial transformation, playing a supportive and leading role in the regional technological innovation system. Using the five-spiral innovation theoretical framework, the key factors were clarified such as government support, industrial base, academic ability, public demand and innovation environment, and an analysis was made on the antecedent conditions and interaction effects that affect universities' participation in regional science and technology innovation. By comparing the configuration effect of 31 provinces in China and combining NCA and fsQCA methods, it is found that university participation in regional science and technology innovation has the characteristics of "multiple concurrency". There is no absolute optimal path for universities to participate in regional science and technology innovation, but only relative optimal path, and there are differences and equivalence among different driving paths. Different configurations among government support, industrial base, academic ability, public demand and innovation environment form three high regional science and technology innovation paths and four non-high regional science and technology innovation paths. The three high regional science and technology innovation paths are government-industry-academic-public-orientation, government-industry-public-environment-orientation, and industry-academic-public-environment-orientation. The four non-high regional scientific and technological innovation paths are the lack of industry, the lack of government environment, the lack of government environment and the lack of academic environment. Among them, the coordination function of the government organization, the sustained and stable public participation mechanism and the large-scale innovation environment within the region effectively promote the structural fit between the internal innovation activities of colleges and universities and the overall factor resources of the region, and enhance the equivalent conversion opportunities between different driving paths. Therefore, according to the characteristics of regional resource endowment and the development characteristics of colleges and universities, different regions should scientifically adjust the "collaborative embedment" relationship of colleges and universities in the regional science and technology innovation system, further improve the new national system, give full play to the advantages of science and education cooperation, enhance the ability of colleges and universities to export knowledge capital, and continuously activate the public innovation gene and regional innovation potential energy. Therefore, the combined optimization of multiple conditions under the five-helix framework is realized.

Key words: regional technological innovation; university participation; five-spiral framework; fuzzy set qualitative comparative analysis