

什么样的宏观生态环境影响科技人才集聚

——基于中国内地 31 个省份的模糊集定性比较分析

李作学 张蒙¹

(沈阳航空航天大学 经济与管理学院, 辽宁 沈阳 110136)

【摘要】: 科技人才是地区经济社会发展和科技创新的核心要素, 优化科技人才宏观生态环境进而打造科技人才集聚高地是国家或地区发展的必然选择。为探究宏观生态环境对科技人才集聚的影响机制, 基于人才生态系统理论, 采用模糊集定性比较分析方法, 以中国内地 31 个省份为样本, 分析多重因素构成的宏观生态环境影响科技人才集聚的条件组态和路径。结果表明: 文化教育是影响科技人才集聚的必要条件; 存在 4 条提升科技人才集聚的有效路径, 即科技创新主导型、科技创新主导下的宜居文教驱动型、文化教育和公共服务主导下的经济科创驱动型、公共服务主导下的文教驱动型; 存在 6 条阻碍科技人才集聚的路径, 且与提升科技人才集聚路径之间属于非对称关系。

【关键词】: 科技人才 人才集聚 宏观生态环境 模糊集定性比较分析

【中图分类号】: C969:C316 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1001-7348(2022)10-0131-09

0 引言

当前, 世界各国加快科技创新步伐, 将创新视为谋求国家竞争优势的核心战略。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》提出, 坚持创新在我国现代化全局中的核心地位, 把科技自立自强作为国家发展的战略支撑, 面向世界科技前沿, 深入实施科教兴国战略、人才强国战略和创新驱动发展战略^[1]。创新驱动的实质是人才驱动, 拥有一流的科技人才, 就拥有了科技创新的优势和主导权^[2]。科技人才是指拥有知识或技能, 从事科学研究或技术工作, 能为科学技术进步和社会经济发展作出突出贡献的人^[3]。大力培养和引进科技人才, 合理促进区域和行业间科技人才流动, 形成科技人才集聚高地是当前我国高质量发展的迫切需要。2021 年 5 月 28 日, 习近平总书记在中国科学院第二十次院士大会上指出, 要着力实施人才强国战略, 营造良好人才创新生态环境, 聚天下英才而用之。科技人才集聚受到宏观生态环境的影响, 例如地区经济发展水平、文化教育、科技创新机制等深刻影响集聚状况。因此, 明晰影响科技人才集聚的宏观生态环境因素, 探究影响科技人才集聚因素的多元路径, 对靶向制定科技人才政策进而打造人才聚集高地具有重要的现实意义。

目前, 关于影响科技人才集聚的宏观生态环境因素, 学者们从多个角度展开了丰富研究。Soete^[4]认为当地经济发展影响和制约区域科技人才集聚; Romer^[5]指出, 国民收入、规模经济、知识外射效应、公共产品提供、法律法规等因素促进区域科技人才集聚; 裴玲玲(2018)分析了区域科技人才集聚与高技术产业发展的内在互动机制和外在影响因素, 指出经济发展水平、地区工

作者简介: 李作学(1978-), 男, 内蒙古赤峰人, 博士, 沈阳航空航天大学经济与管理学院副教授, 研究方向为人力资源管理、知识与智力资源管理; 张蒙(1996-), 男, 辽宁阜新, 沈阳航空航天大学经济与管理学院硕士研究生, 研究方向为组织行为与人力资源管理。

基金项目: 国家自然科学基金项目(71901153); 辽宁省高等学校创新人才计划支持项目(JYT19012); 辽宁省社会科学基金一般项目(L21BGL044); 中国人才研究会项目(ZRH-2131)

资水平、科技政策、市场化程度、基础设施等对科技人才集聚具有显著影响；张静^[6]构建面板模型进行实证检验，指出地区经济发展、产业规模、创新活力、文化教育和居住环境是影响核心层科研人员集聚的重要因素；苏楚(2018)以江苏省为例，利用灰色关联方法，将经济因素、科研因素、宜居环境、社会保障及人文因素、地区开放因素作为人才集聚影响因素。虽然现有关于科技人才集聚影响因素的研究成果较为丰富，但是，主要侧重于采用传统分析方法分析单一因素对科技人才集聚的净效应，而科技人才集聚是一个复杂的社会现象，受到多重因素的联动影响，现有研究未能整体系统地解释科技人才集聚的多因素协同效应。

鉴于此，本文在现有研究的基础上，构建影响科技人才集聚的宏观生态环境理论模型，以中国内地 31 个省级行政区为案例，运用模糊集定性比较分析(fsQCA)方法，通过对比案例省份影响因素集合与科技人才集聚集合之间的关系，探究多重因素影响科技人才集聚的复杂因果机制，并进一步分析中国科技人才集聚驱动路径的异同，针对性地提出推动区域科技人才集聚的建议，以提升区域整体科技竞争力。

1 文献综述与模型构建

人才生态系统理论将影响科技人才集聚的经济发展、科技创新、文化教育、宜居环境和公共服务宏观层面因素纳入同一分析框架，侧重于探究科技人才宏观生态环境中某一因素或多个因素与科技人才集聚之间的线性关系，为本文从整体视角研究多重因素对科技人才集聚的影响奠定了良好的理论基础。20 世纪 70 年代末布朗芬布伦纳提出人类发展生态理论，将人才生态系统划分为微系统、中系统、外系统和宏系统，认为宏系统是个体所处整个社会环境和文化、亚文化背景，比如价值观念、风俗习惯、社会阶层、经济结构、文化模式、法规政策等，强调环境作为复杂系统对于人的发展具有重要作用^[7]。人的发展是人与环境系统的复合函数^[8]，1999 年 Deolalikar^[9]提出人力资源生态学概念，20 世纪 80 年代末中国学者开始关注人才生态、人才环境及人才生态环境^[10]。人才生态环境是指人才与所处生态环境之间的互动及各种制约要素的相互影响与均衡^[11]。根据环境主体层次，人才生态环境分为宏观和微观两大类，其中，人才宏观生态环境是指人才所处地域及相关政治、经济、社会、文化等环境因素的集合。

科技人才生态环境由内部环境和外部环境共同构成。内部环境一般是指科技人才所在组织的微观环境，外部环境一般是指国家、地方政府所影响的宏观环境，是组织外部直接或间接影响人才成长的各种因素的总和，包括经济、政治、文化、自然和信息 5 个方面^[12]。实证研究表明，经济发展、科技创新、文化教育、宜居环境和公共服务等宏观生态环境因素影响科技人才集聚。经济发展层面是指某个地区整体经济发展水平，是影响科技人才流动进而形成科技人才集聚现象的引致性因素；科技创新层面是指影响科技人才知识创新、技术转化等方面的软硬件环境，包括政府对科技创新的重视程度、科研经费投入、科研平台、科技创新氛围、科技创新实力和科技成果转化等要素；文化教育层面是指某一地区的文化氛围与人才教育普及程度及其质量水平，主要包括地区高等教育水平和文化底蕴等方面^[13]；宜居环境层面主要指一个地区的居住空间环境，反映地区日常生产和生活情况，包括共有环境中的生活舒适程度和环境优美程度；公共服务层面是指社会保障环境中的软环境因素^[14]，是政府部门和企事业单位为科技人才生产和生活提供的各种保障条件，直接影响科技人才生活舒适度和便利性，包括市政交通设施建设和互联网信息化建设等方面^[15,16]。

1.1 经济发展

一方面，区域经济发展通过对区域经济环境的作用影响科技人才集聚，另一方面，通过影响区域产业结构优化和人才预期收入引导科技人才去留。经济发展水平反映地区发展潜力和就业机会，并直接决定经济环境优劣。经济较发达区域，经济持续健康增长，区域综合实力不断增强，不仅促进产业结构优化升级，而且提高人力资本边际收益进而增强区域科技人才吸引力，加快知识创新和转化速度，改善区域经济环境，形成科技人才集聚高地。通常情况下，地区国内生产总值直接反映地区整体经济发展水平，考虑到中国各地区之间人口规模差异较大，选用人均生产总值作为衡量地区经济发展水平的一个指标^[13]。已往研究表明，较高的工资收入可以改善科技人才生活条件，满足人才自我价值实现需求，是吸引人才集聚的重要经济因素^[17]。产业集聚与科技人才集聚之间存在互动促进关系，尤其是新兴高新技术产业和现代服务业迅速发展，为科技人才提供了更多高质量就业机会。考虑到高等院校、科研机构和高科技企业等科技人才载体主要分布于城镇，选取城镇单位在岗职工平均工资水平以及区域第三产

业产值占地区总产值比重作为衡量地区经济发展水平的另外两个指标。

1.2 科技创新

良好的科技创新环境可以优化基础研究创新生态，激发创新创造活力，形成有效的人才驱动，破除科技人才培养、流动、集聚、激励等方面体制机制障碍，形成具有吸引力和国际竞争力的人才制度体系，推动科技创新成果不断涌现。通常来说，科技人才的主要任务是开展知识创新和技术转化，良好的科技创新环境有利于科技人才开展科研活动、发挥自身潜能，同时，帮助本地区吸引大量科技人才。因此，地区科研环境差异对科技人才集聚具有重要影响。根据已往研究^[16]，研发与试验发展(R&D)经费投入强度既能够提升科技人才科技创新积极性，又能够衡量本地区政府对科技创新的重视程度，科研平台数量反映本地区硬件科研设施完备程度，地区专利授权数反映地区科技创新活力和科技创新氛围。由此，采用上述3个指标衡量科技创新。

1.3 文化教育

通常情况下，科技人才流动会优先考虑目的地文化教育环境状况，尤其关注高等院校、科研机构 and 公共文化设施等。一方面，良好的文化教育环境有利于本地区科技人才培养和发展；另一方面，本地区优质教育资源是吸引外地科技人才流入的重要法宝，两方面共同作用加速本地区科技人才集聚。高等院校是基础研究的主力军和重大科技突破的策源地，是培养和吸引科技人才的重要基地，是本地区科技人才群体的重要后续保障，拥有较多高等院校的地区在吸引和留住科技人才方面更有优势^[18]。考虑到地区间招生规模和人口规模的影响，选取在校大学生占当地人口比重衡量地区教育环境。另外，科学普及也是科技创新发展的重要一环，提高地区全民科学素质有利于推动全社会形成讲科学、爱科学、学科学、用科学的良好科技创新文化氛围，释放全民科技创新智慧和力量，建立高素质科技创新大军，实现科技创新成果快速转化。地区科技文化氛围的形成主要体现在当地人尊重知识和主动学习方面，因此，选取当地图书馆总流通人次衡量地区文化环境^[13]。

1.4 宜居环境

区域宜居环境能够为科技人才提供舒适便利的物质生活条件，进而吸引众多科技人才到该区域定居和工作^[16]。随着经济发展和生活水平逐步提高，科技人才更加关注地区宜居环境。优越的宜居环境有利于提高人才生活质量，吸引科技人才集聚，科技人才更愿意前往自然环境优美、地理位置优越的地区创业和发展。根据已往研究，省会城市空气质量是衡量科技人才居住环境的指标之一，同时，其也能反映区域整体空气质量情况。地区城市公园绿地面积反映地区生态环境情况，拥有大面积公园绿地的地区，其气候和气温更适宜居住，更能吸引科技人才集聚^[16]。因此，本文从地区环境质量和地区城市园林绿化两个角度出发，选取省会城市空气中细颗粒物(PM_{2.5})浓度和地区每万人拥有公园绿地面积作为衡量地区宜居环境的指标。

1.5 公共服务

高质量公共服务是国家治理体系和治理能力现代化的重要体现。地区优化公共服务供给、打造优质公共服务体系，可以极大程度上提升群众获得感和幸福感。公共服务能够满足公民日常生活、生存和发展的直接需求，使公民受益或享受。地区高质量公共服务可以为科技人才提供优越的生活环境，为其投身科研工作免去后顾之忧^[19]。地区公共交通设施完备情况直接反映公共服务水平，本文选取地区每万人拥有公共交通工具数作为衡量指标。另外，物联网、云计算、大数据和移动互联网等数字经济发展促进生产要素配置更新，数字技术赋能公共服务，提高数据资源利用效率。地区基础网络设施的完善也会降低信息交易成本，促进科技创新要素集聚^[16]。因此，选取地区每万人移动互联网用户数衡量地区网络设施覆盖情况。

综上所述，单一宏观生态环境要素对科技人才集聚影响的相关研究为本文前因条件选择提供了依据。然而在现实中，影响科技人才集聚的因素较为复杂，仅仅从单一因素角度解释该现象较为片面。鉴于此，本文从关注多因素对结果联动影响的组态视角出发，选择科技人才集聚度作为结果变量，将经济发展、科技创新、文化教育、宜居环境和公共服务作为前因条件，构建影响科

技人才集聚的宏观生态环境理论模型(见图 1),探究其影响中国科技人才集聚的复杂因果机制。

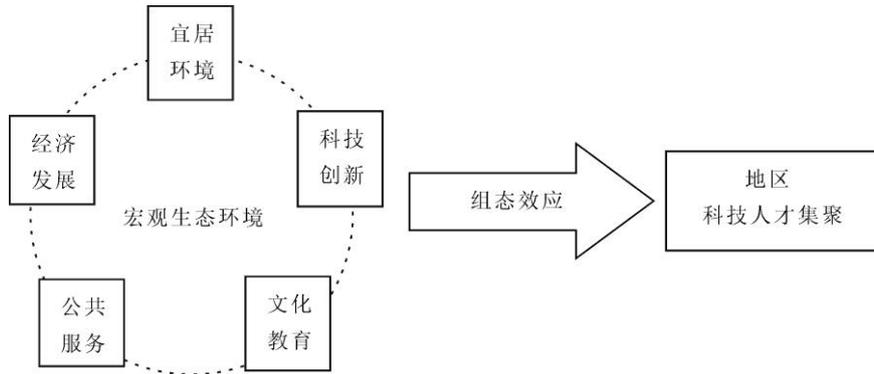


图 1 理论模型

2 研究方法

2.1 方法选择

定性比较分析(QCA)是一种集合分析方法,旨在解析因果复杂性现象,该方法认为变量对于结果的影响不是独立的,而是相互依赖、共同作用的。QCA 从整体视角出发,开展案例比较分析,考察多个因素构成的组态而不是单一因素对结果的影响^{[20][20]}。QCA 使用布尔逻辑代替传统相关方法,建立与特定结果密切相关的因果条件^{[21][21]},分析产生结果的充分和必要原因,以此作为形成组态路径的基础^{[22][22]}。根据数据类型,QCA 可以分为 csQCA(清晰集定性比较分析,二分数据)、mvQCA(多值集定性比较分析,多值数据)、fsQCA(模糊集定性比较分析,连续数据)、TQCA(时序定性比较分析,考虑时间维度对结果的影响)^{[23][23]}。

本文选取模糊集定性比较分析(fsQCA)方法,探究中国内地 31 个省份科技人才集聚的复杂因果关系,基于以下 3 点原因:一是科技人才集聚受到宏观生态环境中多个要素的协同影响,fsQCA 能够从组态视角探究各项前因条件与科技人才集聚之间的非线性关系;二是 fsQCA 整合了定性和定量研究优势,适合 15~50 个的中等规模样本研究^{[20][20]},本文选取中国内地 31 个省份作为研究案例,数量上属于中等规模样本,应用该方法既能深入探究不同地区科技人才集聚的独特性,也能兼顾分析结果的内部效应;三是本文探究科技人才高集聚的前因条件组合,fsQCA 能够对比科技人才高集聚与非高集聚之间非对称前因条件组合。

2.2 数据收集

本文将中国内地 31 个省级行政区确定为研究案例,各研究样本均可反映地区科技人才集聚现状,符合同质性的案例选择要求;同时,各省份的条件及结果变量具有较大异质性,符合多样化的案例选择要求。计算结果变量和前因条件的各二级变量数据主要来源于 2018-2019 年《中国统计年鉴》《中国科技统计年鉴》以及科技部公布的《国家工程技术研究中心年度报告》《国家重点实验室年度报告》《企业国家重点实验室年度报告》。考虑到结果的出现相对于条件具有一定滞后性,本文将滞后期确定为 1 年,即区域科技人才集聚度选用 2019 年数据,条件变量选用 2018 年数据。

2.3 变量测量与校准

2.3.1 结果变量

本文采用科技人才集聚度 STA(scientific talent agglomeration),衡量区域科技人才聚集程度^{[18][18]}。

$$STA = \frac{ST_i/TL_i}{ST/TL}$$

其中, ST_i 表示 i 地区科技人才数量, TL_i 表示 i 地区年末人口总数, ST 表示全国科技人才数量, TL 表示全国年末人口总数。科技人才数量采用 R&D 人员全时当量表征。将计算出的集聚度原始数值中最大值赋值为 1, 其它原始值与最大值的比值作为其相对值, 产生 $[0, 1]$ 之间的科技人才集聚度值, 数值越趋近于 1, 说明该区域科技人才集聚程度越高。

2.3.2 前因条件

针对理论模型中 5 项前因条件, 设置二级变量进行测度, 通过加权平均计算前因条件的最终得分。参考相关研究, 针对衡量每项前因条件的二级变量, 采用效用值法对原始数据进行无量纲化处理^{[24][24]}。其中, 效用值规定的值域是 $[0, 100]$, 该指标下最优值的效用值为 100, 最差值的效用值为 0, 假定 i 表示指标, j 表示区域, y_{ij} 表示 i 指标 j 区域的指标效用值, x_{ij} 表示 i 指标在 j 区域的指标获取值, x_{imax} 和 x_{imin} 分别表示该指标最大值与最小值。计算公式如下:

$$y_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{imin}}{x_{imax} - x_{imin}} \times 100$$

采用主观与客观相结合的方法确定各二级变量权重, 其中, 客观方法为变异系数法。假定有 n 个指标, S_i 代表第 i 个指标标准差, \bar{x} 代表样本均值, n 个指标的变异系数为 $V(i) = S_i/\bar{x}$, 各指标权重为:

$$w_i = V(i) / \sum_{i=1}^n V(i)$$

经济发展: 由地区人均生产总值 (30%)、第三产业产值占地区总产值比重 (30%)、城镇单位在岗职工平均工资 (40%) 加权计算得出。科技创新: 由研究与试验发展 (R&D) 经费投入强度 (20%)、地区科研平台数量 (40%)、地区国内三种专利授权数 (40%) 加权计算得出。其中, 地区科研平台数量由地区拥有的国家重点实验室、企业国家重点实验室和国家工程技术研究中心 3 类科研机构组成。文化教育: 由在校大学生人数占当地人口比重 (50%)、当地图书馆总流通人次 (50%) 加权计算得出。宜居环境: 由地区每万人拥有公园绿地面积 (60%)、省会城市空气中细颗粒物 (PM2.5) 浓度 (40%) 加权计算得出。公共服务: 由地区每万人拥有公共车辆数 (50%)、地区每万人互联网用户数 (50%) 加权计算得出。

2.3.3 变量校准

校准是对案例和条件赋予集合隶属分数的过程^{[25][25]}。运用 fsQCA 进行分析时, 将前因条件和结果分别视为一个集合, 每个案例在集合中均有相应的隶属分数, 采用直接法将结果和条件变量校准为模糊集。参考已有研究, 将结果变量和前因条件的案例数据的 95%、50%、5% 分位数值分别设定为完全隶属、交叉点和完全不隶属 3 个定性锚点。科技人才非高集聚的校准规则与科技人才高集聚相反, 取科技人才高集聚的非集。

3 实证分析

3.1 必要性检验

一致性被认为是衡量必要条件的一个重要指标。通常认为, 当前因条件的一致性系数大于 0.9 时, 可以认为该条件是导致结果产生的必要条件^{[26][26]}。由表 1 可知, 文化教育对于科技人才高集聚的一致性系数为 0.932, 大于 0.9, 即文化教育是促进科技人才高集聚的必要条件。非高科技创新的一致性系数为 0.963, 大于 0.9, 即为科技人才非高集聚的必要条件。

3.2 组态充分性分析

3.2.1 科技人才高集聚组态路径

对校准后的数据进行模糊集定性比较分析将产生 3 类解，即复杂解、简约解和中间解。复杂解仅使用观察案例分析不使用逻辑余项，简约解纳入逻辑余项但不对其合理性进行评价，中间解仅使用有合理依据的逻辑余项^{[17][17]}。通常情况下，中间解在复杂程度上实现了对复杂解和简约解的平衡，因此，学者们倾向于采用中间解。

表 1 单个条件的必要性检验结果

| 条件变量 | 科技人才高集聚 | 科技人才非高集聚 |
|-------|---------|----------|
| 经济发展 | 0.782 | 0.481 |
| ~经济发展 | 0.653 | 0.853 |
| 科技创新 | 0.887 | 0.413 |
| ~科技创新 | 0.603 | 0.963 |
| 文化教育 | 0.932 | 0.574 |
| ~文化教育 | 0.505 | 0.762 |
| 宜居环境 | 0.802 | 0.542 |
| ~宜居环境 | 0.647 | 0.802 |
| 公共服务 | 0.783 | 0.453 |
| ~公共服务 | 0.632 | 0.865 |

本文将同时出现在简约解和中间解中的前因条件作为核心条件，只出现在中间解的前因条件作为边缘条件^[20]。参考相关研究，根据真值表中一致性分数分布将一致性阈值设置为 0.8^[27]，将 PRI 一致性阈值设置为 0.7，根据样本规模将频数阈值设定为 1。fsQCA 分析结果，由解的一致性指标可知，科技人才高集聚现象包含 4 个等效组态，科技人才非高集聚包含 6 个等效组态。

(1) 科技创新主导型。

组态 H_{1a} 表明，宜居环境一般的地区，在公共服务水平较低的情况下，无论经济发展水平和文化教育水平如何，只要科技创新水平高，该地区就会产生科技人才高集聚。其中，高水平科技创新发挥核心作用。一般来说，科技创新投入越高，区域创新能力越强。科技创新投入促进科技创新能力提升，区域科技创新能力提升又促进科技人才集聚^[28]。该组态可以解释 51.6% 的科技人才高集聚案例，符合该组态的案例包括湖北、安徽、四川和湖南。湖北和四川作为典型案例，其区域科技人才集聚的推动力主要来源于区域科技创新能力提升、科研平台数量较多和科研经费投入强度较大。截至 2018 年，湖北省拥有国家重点实验室、企业国家重点实验室和国家工程技术研究中心 3 类科研平台 43 个，四川省拥有 28 个，均位于全国前列。在科研投入方面，以研究与试验发展 (R&D) 经费投入强度为例，2020 年湖北省和四川省分别为 2.31% 和 2.17%，均属于全国前列。其次，武汉 (湖北) 和成都 (四川) 都属于国家中心城市，国家中心城市对引领区域经济和社会发展，提高区域科技创新活力，吸引科技人才进而促进区域科技人才集聚发挥了重要推动作用。另外，从地理位置上看，湖北和四川属于中西部地区，随着区域科技创新活力的提升，中西部

地区对科技人才的吸引力不断增强,以 R&D 人员为例,湖北和四川 2015-2019 年间 R&D 人员全时当量增幅分别在 31.63%和 46.16%。因此,案例分布符合地区现状,同时,能很好地解释该组态。

(2) 科技创新主导下的宜居文教驱动型。

组态 H_{16} 表明,在宜居环境优越但经济发展水平较低的地区,无论公共服务水平高低,只要在科技创新推动下文化教育发展状况较好,就能产生科技人才高集聚。其中,高水平科技创新发挥核心作用,高水平文化教育、高水平宜居环境发挥辅助作用。科技人才从流动到形成集聚与地区科技创新水平息息相关,科技创新对科技人才充分发挥才能、产生集聚效应至关重要^[29]。地区文化环境是科技人才生存和发展的软环境,有助于培养科技人才形成打破传统、善于创新的思维,为科技人才成长提供良好的文化支撑,高等教育发展为科技人才集聚提供了重要载体和强有力的人才储备^[30]。该组态可以解释 50.7%的科技人才高集聚案例,符合该组态的案例包括辽宁、河南和陕西。辽宁是该组态典型案例,其经济增速放缓,科技人才集聚的推动力来源于科技创新活力提升、优越的宜居环境和区域高水平文化教育等。辽宁的科研平台数量、科研投入以及专利授权数量均位于全国前列;从地理位置上看,辽宁位于东北平原下游,地理位置和居住环境优越;截至 2018 年,辽宁拥有高等院校 115 所,在校大学生近一百万人。由此看来,在高层次科技创新的引领下,以高校和科研院所为中心的文化教育资源以及优越的宜居环境可以推动地区科技人才集聚。

(3) 文化教育和公共服务主导下的经济科创驱动型。

组态 H_2 表明,无论地区宜居环境是否优越,在文化教育和公共服务支持下,只要经济发展水平和科技创新活力较高,就能产生科技人才高集聚。其中,高水平文化教育和高水平公共服务发挥核心作用,高水平经济发展和高水平科技创新发挥辅助作用。中国科技人才分布极不平衡,倾向于聚集在经济发达、科技资源相对丰富的地区。经济发展水平越高的地区对科技人才的吸引力越强,高质量的经济发展和科技创新推动地区文化与公共服务水平快速提升,进而增强区域整体科技竞争力,促进高新技术产业发展,增加区域科技人才需求,吸引科技人才集聚。该组态可以解释 62.1%的高科技人才集聚案例,符合该组态的案例包括北京、上海、广东、江苏、浙江、天津、福建和山东。北京、上海、江苏等省市作为典型案例,除宜居环境外,其它 4 个宏观生态要素均表现良好,在强大的文化教育资源 and 优质的公共服务主导下,经济发展和科技创新推动地区科技人才高集聚。从地理位置上看,北京是我国政治文化中心,该组态中其它省份均属于经济发达的东部沿海地区,经济发展、科技创新、文化教育和公共服务水平均位于我国前列,特别是文化教育和公共服务方面,东部地区集中了我国 43.3%的普通高等院校,其中,江苏省普通高等院校数量高达 167 所,位列全国第一,北京和上海作为国家中心城市,在建设区域交通网络、增强基础网络设施覆盖、优化营商环境、提高公共服务水平上展现了示范和引领作用。因此,案例分布符合地区现状,同时,能很好地解释该组态。

(4) 公共服务主导下的文教驱动型。

组态 H_6 表明,宜居环境不够优越且经济发展水平较低的地区,在科技创新活力不足的情况下,只要地区公共服务水平和文化教育水平较高,也能产生科技人才高集聚。其中,高水平公共服务发挥核心作用,高水平文化教育发挥辅助作用。公共服务水平的提高,一方面增加了科技人才日常生活便利程度,另一方面,有助于优化营商环境,降低信息交易成本,吸引外来投资、促进产业发展,进而提高本地区科技人才需求量,促进科技人才集聚。文化教育的发展推动地区形成认可和尊重科技人才的社会氛围,满足科技人才自我价值实现需要,高等院校与高新技术企业之间开展各类产学研合作,在推进高校科技成果转化和产业化的同时,为高层次科技人才提供了新的科研平台和就业契机^[31]。该组态可以解释 38%的高科技人才集聚案例,符合该组态的案例是吉林。吉林省作为典型案例,其经济发展近几年放缓,科研经费投入较低,科研平台和机构较少,科技创新活力不足,但是,在文化教育支撑下,公共服务水平的提高很大程度上推动了吉林省科技人才集聚。可以看到,以高校为中心的文化教育发展提高了吉林省对科技人才的吸引力。在公共服务方面,吉林省优化产业结构,推动高附加值现代服务业和公共服务业发展。第三产业中公共服务业增速较快,加速本地区交通设施和互联网设施建设。另外,吉林省营商环境优于东北地区的辽宁和黑龙江^[31],这也对吉林省科技人才流入产生了促进作用。因此,案例分布符合地区现状,同时,能很好地解释该组态。

3.2.2 产生科技人才非高集聚的组态路径

QCA 方法中导致结果出现和缺席的条件是非对称的,为了全方位探究地区科技人才集聚的驱动机制,本文检验产生科技人才非高集聚的组态路径。科技人才非高集聚包含 NH_1-NH_6 六种组态,组态 NH_1 表明,宜居环境不够优越的地区,无论地区经济发展水平和科技创新活力如何,在缺乏高水平文化教育和高水平公共服务的科技人才宏观生态环境中,都难以产生地区科技人才高集聚。组态 NH_2 表明,在经济发展水平不高的地区,无论地区宜居环境、文化教育和公共服务水平如何,在缺乏高水平科技创新的宏观生态环境中,都无法产生科技人才高集聚。组态 NH_3 表明,经济发展水平较高但宜居环境不佳的地区,无论科技创新活力和文化教育水平高低,如果公共服务水平较低就难以产生科技人才高集聚。组态 NH_4 表明,文化教育水平较高的地区,在经济发展水平和科技创新活力均较低的科技人才宏观生态环境中难以产生科技人才高集聚。组态 NH_5 表明,宜居环境优越但经济发展水平不佳的地区,无论科技创新活力和公共服务状况如何,即使文化教育水平较高也难以产生科技人才高集聚。组态 NH_6 表明,经济发展水平较高但宜居环境不够优越的地区,如果科技创新和文化教育状况均不佳,就难以产生科技人才高集聚。

通过比较科技人才高集聚组态和科技人才非高集聚组态发现,影响科技人才集聚的原因具有非对称性,科技人才非高集聚的 6 条路径并不是科技人才高集聚 4 条路径的对立面。值得注意的是,科技人才高集聚的 3 条路径中均包含高水平科技创新,而非高水平科技创新作为核心条件出现在科技人才非高集聚的 3 条路径中,充分说明地区科技创新因素对科技人才集聚具有重要影响。

3.3 稳健性检验

参考相关研究,本文将 PRI 一致性由 0.70 提高至 0.80,其它处理方式不变,对产生科技人才高集聚的组态进行稳健性检验。通过分析发现, PRI 一致性的提高对组态数量、核心条件和边缘条件的分布排列均未产生实质性影响,新组态与原组态基本保持一致,说明本文研究结论较为稳健。

4 结论与展望

4.1 研究结论

本文从组态视角出发,运用模糊集定性比较分析(fsQCA)方法,以中国内地 31 个省份为案例样本,构建影响科技人才集聚的人才宏观生态环境理论模型,探讨经济发展、科技创新、文化教育、宜居环境和公共服务 5 个宏观生态环境要素对地区科技人才集聚的协同影响机制。研究发现:第一,文化教育是产生科技人才高集聚的关键因素。必要性检验结果显示,文化教育是产生科技人才高集聚的必要条件,且作为核心条件和边缘条件在科技人才高集聚的 3 条路径中均存在。第二,产生地区科技人才高集聚的驱动路径有 4 条,包含科技创新主导型、科技创新主导下的宜居文教驱动型、文化教育和公共服务主导下的经济科创驱动型、公共服务主导下的文教驱动型。地区科技人才非高集聚包含 6 条路径,并且与科技人才高集聚的驱动路径存在非对称关系。

4.2 理论贡献

(1) 本文基于人才生态系统理论,将人才宏观生态环境中的多重因素纳入同一分析框架,构建影响科技人才集聚的理论模型。在人才生态系统理论的基础上,对人才宏观生态环境中经济发展、科技创新、文化教育、宜居环境和公共服务 5 个因素进行整合,为实证分析区域科技人才集聚多重因素协同影响机制奠定了理论基础。该理论模型有助于深入理解影响科技人才集聚的宏观生态环境。

(2) 从组态视角,本文实证讨论了经济发展、科技创新、文化教育、宜居环境和公共服务 5 个因素对区域科技人才集聚的整体协同影响,一定程度上解释了区域科技人才集聚的因果复杂性问题,弥补了现有研究侧重分析单一宏观生态环境要素与科技

人才集聚之间因果关系的不足。因此，本研究有助于揭示人才生态理论中多重宏观因素联动影响人才集聚的复杂机理，拓展人才生态理论在分析多重影响因素关系组合上的应用。

(3) 本文运用模糊集定性比较分析(fsQCA)方法研究科技人才集聚现象，增强了对多重因素影响科技人才集聚的复杂因果机制的理解与认识。从整体视角出发的模糊集定性比较分析(fsQCA)方法结合了定量与定性研究的优点，是分析复杂因果现象的理想工具。本文采用该方法分析科技人才集聚现象，探究科技人才高集聚的等效驱动路径，而且从非对称角度分析了抑制科技人才集聚的驱动路径，进一步拓宽了QCA方法在社会科学研究中的应用范围。

4.3 政策启示

(1) 营造有利于科技人才集聚的文化教育环境。

文化教育环境作为必要条件，在科技人才集聚过程中发挥重要作用。从科技人才高集聚案例中可以看出，高集聚地区文化教育资源占有比较优势。在教育部直属高校中，东部地区高校数量占比高达66.7%，远高于中部地区和西部地区的17.3%和16.0%。从2015-2019年研究生层次累计培养科技人力资源地区分布来看，北京、江苏、上海位居前三，分别培养了42.55万人、22.91万人和20.48万人。从文化教育环境来讲，中西部地区要着力建设具有科技创新特色的高等院校，完善教育投入机制，改善教育质量，提高高校科技创新产出和成果转化率。文化教育特别是高等教育的普及和提高，既能培养科技人才后备力量，又能吸引有意愿潜心科研的科技人才流入，提高产学研合作水平，加速科技创新成果转化，形成高层次科技人才集聚，提升本地区科技创新竞争实力。

(2) 建立科技创新为核心条件的多种宏观生态环境组合模式。

根据组合路径 H_1 可以发现，有的省区以科技创新单一核心条件拉动科技人才集聚，有的以科技创新为核心条件、文化教育和宜居环境为辅助条件促进人才集聚。因此，各地区可以建立以科技创新为核心条件的生态组合模式，通过增加科研经费投入，优化经费投入结构，增强科技人才吸引力。加速科技创新基础设施建设，加强国家重点实验室、企业国家重点实验室和国家工程技术研究中心等高层次科研平台建设，集聚科技创新要素，优化科技创新环境，落实自主创新政策，加强知识产权保护。构建以科技投入、科研平台、科技创新要素集聚和知识产权保护为一体的区域科技创新环境，吸引科技人才流入，促进形成地区科技人才高地，进而推动我国整体科技创新实力提升。

(3) 建立适合本地区发展的多重因素组合模式。

根据组合路径 H_2 和 H_3 可以发现，北京、上海、广东、江苏等地区科技人才集聚拉动是综合性的，文化教育和公共服务基础好，经济发展快，科技创新能力强，而吉林省吸引科技人才集聚的影响因素是公共服务和文化基础条件。由此来看，不同宏观生态环境因子交互组合共同影响地区科技人才集聚。由于生产要素配置和资源环境条件限制，各地区无法兼顾所有因子同步发展，因此，应扬长避短、因地制宜选择组合因子。多重因素的交互组合可以针对科技人才高集聚产生多条等效路径，面对资源环境条件和生产要素配置有限的现实情况，各地区应该在集中力量发展本地区优势和尽力弥补本地区发展不足的前提下，选择与本地区实际状况相契合的发展路径，发挥优势，弥补不足，建立适宜地区发展的宏观生态环境系统，吸引和促进科技人才集聚。同时，从非高集聚的组合路径来看，科技人才集聚的宏观环境影响因素具有非对称性，各地区应避免实施单一的集聚模式和反向集聚组合模式。

(4) 强化公共服务，打造地区优质宜居环境。

完善交通基础设施和互联网基础设施建设，提高公共服务质量。各地区在发展经济和加速科技创新成果转化的过程中，也应

关注地区环境质量, 倡导绿色发展, 在保护地区自然环境的基础上, 监测工业密集区域空气质量和水土污染情况, 同时, 增加城市绿化面积, 加强生态公园建设, 打造空气清新、环境优美的宜居环境, 吸引科技人才集聚。

4.4 研究不足与展望

本文科技人才集聚路径分析还存在以下不足: 第一, 研究框架涵盖经济、科技及人文等方面影响因素, 但由于案例数量以及数据可获取性、可衡量性的限制, 使得研究提出的前因条件数量受到一定限制, 并且未涉及地区政府政策方面的影响因素; 第二, 受限于数据可获取性, 采用静态数据进行研究, 未来可以选用时序定性比较分析(TQCA)方法, 从时间维度探究科技人才宏观生态环境系统内部动态变化对科技人才集聚的影响; 第三, 仅关注多重因素对省级层面科技人才集聚的联动影响机制, 一定程度上削弱了结论普适性, 未来可以收集各省份代表性城市数据, 从城市层面对科技人才集聚路径作进一步分析, 提高结论可推广性。

参考文献:

- [1]新华社. 中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要[EB/OL]. http://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content_5592681.htm?pc. 2021-06-18.
- [2]苏榕, 刘佐菁, 苏帆. 十九大以来国内科技人才政策新态势分析及其对广东的启示[J]. 科技管理研究, 2019, 39(20):129-134.
- [3]苗绿, 王辉耀, 郑金连. 科技人才政策助推世界科技强国建设——以国际科技人才引进政策突破为例[J]. 中国科学院院刊, 2017, 32(5):521-529.
- [4]SOETE L. The impact of technological innovation on inter-national trade patterns:the evidence reconsidered [J]. Research Policy, 2007, 18(5):101-130.
- [5]ROMER P M. Endogenous technological change[J]. Journal of Political Economy, 1990, 98(5):S71-102.
- [6]张静, 邓大胜. 异质性科技人力资源集聚及影响因素研究[J]. 技术经济, 2021, 40(3):108-118.
- [7]顾然, 商华. 基于生态系统理论的人才生态环境评价指标体系构建[J]. 中国人口·资源与环境, 2017, 27(S1):289-294.
- [8]BRONFENBRENNER U. The ecology of human development:experiment by nature and design [M]. Cambridge:Harvard University Press, 1979.
- [9]DEOLALIKAR A B, HASAN R, KHAN H, et al. Human resource development and the Asian economic crisis:facts, issues and policy[M]. Washington:University of Washington, 1999.
- [10]陈建俞, 沈慧青. 中国人才生态学研究现状及发展趋势[J]. 科技导报, 2019, 37(10):74-80.
- [11]刘晖. 加强我国人才生态环境建设[J]. 工业技术经济, 2005, 25(6):29-33.
- [12]文魁, 吴冬梅. 北京市科技创新人才环境: 实证分析与政策建议[J]. 北京市经济管理干部学院学报, 2008, 23(1):3-9.

-
- [13]霍丽霞,王阳,魏巍.中国科技人才集聚研究[J].首都经济贸易大学学报,2019,21(5):13-21.
- [14]LAWTON P,MURPHY E,REDMOND D.Residential preferences of the creative class[J].Cities,2013,31(2):47-56.
- [15]张美丽,李柏洲.中国人才集聚时空格局及影响因素研究[J].科技进步与对策,2018,35(22):38-44.
- [16]郭金花,郭淑芬,郭檬楠.城市科技型人才集聚的时空特征及影响因素——基于285个城市的经验数据[J].中国科技论坛,2021,37(6):139-148.
- [17]张玉兰.把握人才集聚规律推进人才集聚工程[J].中国人才,2005,20(23):30-31.
- [18]赵晨,薛晔,牛冲槐,等.我国科技人才空间聚集及时空异质性研究[J].统计与决策,2020,36(14):60-64.
- [19]纪建悦,朱彦滨.基于面板数据的我国科技人才流动动因研究[J].人口与经济,2008,29(5):32-37.
- [20]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,2017,33(6):155-167.
- [21]RAGIN C C.The comparative method:Moving beyond qualitative and quantitative strategies[M].California:University of California Press,1987.
- [22]NORAT ROIG-TIerno,TOMAS F GONZALEZ-CRUZ,JORDI LLOPIS-MARTINEZ.An overview of qualitative comparative analysis:a bibliometric analysis[J].Journal of Innovation & Knowledge,2017,2(1):15-23.
- [23]池毛毛,杜运周,王伟军.组态视角与定性比较分析方法:图书情报学实证研究的新道路[J].情报学报,2021,40(4):424-434.
- [24]李志军,张世国,李逸飞,等.中国城市营商环境评价及有关建议[J].江苏社会科学,2019,40(2):30-42,257.
- [25]SCHNEIDER C Q,C WAGEMANN.Set-theoretic methods for the social sciences:a guide to qualitative comparative analysis[M].Cambridge:Cambridge University Press,2012.
- [26]李作学,马婧婧.科技人才激励因素的组态路径研究——一项QCA分析[J].科技进步与对策,2021,38(19):145-151.
- [27]FISS P C.Building better causal theories:a fuzzy set approach to typologies in organization research[J].Academy of Management Journal,2011,54(2):393-420.
- [28]芮雪琴,李环耐,牛冲槐,等.科技人才聚集与区域创新能力互动关系实证研究——基于2001-2010年省际面板数据[J].科技进步与对策,2014,31(6):23-28.
- [29]王聪,牛冲槐,李乾坤.科技环境与科技型人才聚集效应及其作用机理研究[J].科技进步与对策,2012,29(4):139-142.
- [30]牛冲槐,王燕妮,杨春艳.科技型人才聚集环境及聚集效应分析(四)——文化环境对科技型人才聚集效应的影响分析[J].太原理工大学学报(社会科学版),2008,9(2):1-4.

[31]张三保, 康璧成, 张志学. 中国省份营商环境评价: 指标体系与量化分析[J]. 经济管理, 2020, 42(4): 5-19.