

# 科技创新人力资源集聚对区域创新能力的影响

陈 强, 颜 婷, 刘 笑

(同济大学 经济与管理学院, 上海 200092)

**摘要:** 选取 2010—2014 年省级面板数据为样本, 运用层次回归分析法研究了科技创新人力资源集聚度对区域创新能力的影响。研究发现, 人力资源集聚度、技术市场成交额、“211”工程高校占比和高技术产业产值占比与科技创新能力正相关; 创新人力资源集聚度在技术市场成交额、“211”工程高校占比与区域创新能力的影响中起到完全中介作用, 而在高技术产业产值占比对区域创新能力的影响中起到部分中介作用。

**关键词:** 科技创新; 人力资源集聚度; 区域创新能力; 影响因素

**中图分类号:** F204

**文献标志码:** A

## Influence of Human Resources Agglomeration on Capability of Science and Technology Innovation

CHEN Qiang, YAN Ting, LIU Xiao

(School of Economics and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** This paper draws on a theoretical model focusing on the relationship between the agglomeration of human resource and capability of science and technology innovation, by using hierarchical regressions analysis with provincial panel data from 2010 to 2014. The results indicate that agglomeration of human resources contract value of regional tech-market, the share of “211 project” universities and the share of high technology firms have all positive influence on science and technology innovation. Moreover, agglomeration of human resource has a totally mediating effect on the relationship between contract values of regional tech-market, the share of “211 project” universities and innovation capability of science technology; while also has a partially mediating effect on the relation between the share of high technology firms and innovation capability of science technology.

**Key words:** innovation of science technology; human resource agglomeration; innovation capability of science technology; influencing factors

放眼世界, 科技创新已成为各个国家战略发展的重要举措, 在加快转变经济发展方式和提高综合国力的进程中, 我国更是将创新摆在国家发展的核心位置, 将推动以科技创新为核心的全面创新列为优先发展战略。科技的发展需要大力依靠创新资源要素的投入, 其中, 创新人才是核心要素。我国科技创新处于快速发展阶段, 人才的发展尤为重要。因此, 明确科技创新人力资源与区域创新能力间的关系有利于进一步推动区域科技创新能力。与此同时, 把握科技人力资源与区域创新能力的关联关系对于促进科技进步有重要意义, 可为我国改善人才措施提供借鉴。

有研究识别出了创新主体是影响科技创新能力的主要影响因素, 但鲜有研究其与创新能力之间的关系。本文从以下 2 个方面入手: 第一, 引入人力资源集聚度作为影响科技创新能力的中介变量, 拓展科技创新能力影响因素的研究; 第二, 将创新主体结构和质量作为推动科技创新的主要因素, 研究其对于科技创新能力的影响, 推动创新主体与创新能力关系的研究。

## 1 文献综述

国外学者关于科技人力资源的研究主要从两方面展开, 其中一方面聚焦于科技人力资源与区域创新的关系。Stern 等<sup>[1]</sup>认为创新能力最重要的影响因素是研究与发展(R&D)存量, 无论是政府 R&D 存量还是企业 R&D 存量, 都能够借助发明、新技术和创新生产方式对创新能力产生重大的影响。

收稿日期: 2017-02-05

基金项目: 上海市人民政府决策咨询研究重点课题(2014-A-30)

第一作者: 陈 强(1969—), 男, 教授, 博士生导师, 管理学博士, 主要研究方向为技术创新与管理。E-mail: chenqiang@tongji.edu.cn

Freeman<sup>[2]</sup>指出,科技人力资源对国家保持全球竞争力具有战略性意义,其人才供应量的变化对国家经济绩效具有重要影响。Oketch<sup>[3]</sup>提出以人均资产来衡量两者关系,正规教育提供的人力资源与经济增长之间是一种双向的关系。Costantini 等<sup>[4]</sup>认为人力资源在可持续发展中居于核心地位。Wang<sup>[5]</sup>采用固定检验和协整整合的方法,分析了江苏、浙江和上海地区人力资源与科技创新的关系。研究结果发现,无论在长期还是短期条件下,两者之间都是正相关关系,人力资本对于促进科技创新能力具有重要作用,并提出应注意避免区域人力资本分配的不平衡。另外一方面多研究科技创新中心人力资源的重要性,例如 Autant-Bernard 等<sup>[6]</sup>通过建立科技创新评价指标,评估 22 个欧盟国家的科技创新能力,并认为具有高研发和人力资源的国家具有高科技创新能力。Lee<sup>[7]</sup>通过对中国人力资源对创新影响的研究提出,人力资源开发和创新不仅是经济发展的关键,也是政治、科技、社会文化和环境发展的关键。Sheehan 等<sup>[8]</sup>指出,人力资源开发可以促进创新活动。Zontek<sup>[9]</sup>以旅游业为基础,研究得出创新的主要驱动力是外生因素,人力资源对这些过程的影响是多种多样的。

有关科技人力资源与区域创新能力的研究吸引了国内众多学者,研究主要聚焦于科技创新能力的评价研究,如杨艳萍<sup>[10]</sup>、胡晓辉和杜德斌<sup>[11]</sup>、陶雪飞<sup>[12]</sup>等。关于两者的关系,国内学者已有部分研究,如汪宝进<sup>[13]</sup>运用图示法和实证分析方法对我国科技人力资源分布状况和区域创新能力的分布状况进行了分析,得出东部地区和中西部地区科技人力资源分布密度与区域创新能力呈现显著的正相关关系。李国富等<sup>[14]</sup>利用简单线性回归分析相关调查数据研究了科技人力资源分布密度与区域创新能力的关系。但是通过对相关文献研究发现,研究重点多聚焦于科技创新能力评价或者科技人力资源与区域经济发展之间的关系,并未明确提出科技创新人力资源与区域科技创新能力关系,因此本文以科技创新人力资源与科技创新能力两者的关系作为研究对象。创新型能力的评价研究往往近似于城市创新能力评价<sup>[15]</sup>,或更多地从创新系统的各个要素出发,构建多元化综合性的评价体系<sup>[16]</sup>。巴吾尔江等<sup>[17]</sup>构建区域科技创新能力评价指标体系,并进行了实证研究。马卫刚和程长林<sup>[18]</sup>指出科技创新效率对经济增长的影响最为重要,科技人力资源中的 R&D 人员次之,人力资本存量最低,但并未指出科技人力资

源与科技创新之间的关系。黄萃等<sup>[19]</sup>基于共词分析方法研究中国科技创新政策变迁,发现中国科技创新政策在国际合作、人力资源、体制机制改革和研究发展重点 4 个领域发生了显著的政策主题变迁,即反映人力资源在科技创新中起着尤为重要的作用。朱蓓倩和高向东<sup>[20]</sup>指出上海科技人力资源和创新能力耦合协调度较高。

国外学者对人力资源对经济影响程度的研究和科技创新能力评价研究比较多,而对两者的关系研究并不丰富,但总体思路是科技人力资源通过流动和知识的扩散推动科技创新。通过我国已有的科技创新人力资源与区域科技创新能力的研究,可以看出,研究主要集中在人力资源促进经济发展从而推动科技创新的快速发展方面。现有的研究都没有深入到人力资源影响区域创新能力的作用机制。因此,本文从我国各省市科技人力资源和集聚程度现状、科技创新能力影响因素和人力资源集聚度与科技创新能力关系进行研究。

## 2 科技创新人力资源

### 2.1 科技创新人力资源表征指标选取

科技创新人力资源是一个特有的概念,目前还没有量化,与之相关的概念主要有科技人力资源和 R&D 人员。较少涉及科技创新人力资源,科技创新人力资源还没有相对统一的定义。关于科技人力资源和 R&D 人员的研究可以为本文提供较好的探索方法和成果贡献,故将科技资源的研究纳入考察与追踪范围。

参照经济合作和发展组织(OECD)与欧盟统计局定义的“科技人力资源”概念,科技人力资源包括和科技活动有关的一切人员,既包括直接从事科学研究活动的研发人员,也包括不直接从事科技研究活动但对科技研究提供支持和保障作用的相关人员等<sup>[4]</sup>。R&D 人员是指直接从事 R&D 的所有人员以及为其提供直接服务的人员,诸如 R&D 经理、管理人员及全体办事人员。

参照 OECD 的定义和分类,科技创新人力资源是指在科技创新活动中起着核心作用、具有较高知识水平和研究能力的科技创新人才。综上所述,科技人力资源比科技创新人力资源的含义更广,但在统计上是可以统一的。而科技创新人力资源完全可以借助科技人力资源的统计内涵进行定义和分析,也可根据科技人力资源与科技活动人员、R&D 人员等

指标的关系进行分层次分析。

总之,科技创新人力资源、R&D 人员基本上形成了涵盖与被涵盖的层次结构,完全可以作为一个有关科技创新人力资源的统计分析体系,满足区域科技创新人力资源问题分析、政策研究、战略制定和实施的需要。所以,选取科技创新人力资源核心人员即 R&D 人员数作为评价指标。

## 2.2 科技创新人力资源集聚度计算方法

科技创新人力资源的有序流动或迁移导致科技人力资源的集聚,进而产生和形成科技人力资源的集聚效应,达到有效刺激经济发展的目的,在局部形成增长极。学者们发现用科技创新人力资源总量表征区域科技创新人力资源存在一定的缺陷,姜玲等<sup>[21]</sup>则提出从人力资源集聚的角度着手。因此本文参考相关文献,在考虑各省市数据统计口径一致性

和可获性的基础上,选取科技创新人力资源集聚度指标作为统计指标,将科技创新人力资源作为考察指标、人力资源作为参考指标,则区域科技创新人力资源集聚度的计算公式为

$$\mu_j = \frac{H_j/L_j}{H/L} \quad (1)$$

式中: $\mu_j$  表示  $j$  地区科技人力资源总的集中度; $H_j$  表示  $j$  地区科技人力资源总量; $L_j$  表示  $j$  地区人力资源总量; $H$  表示全国科技人力资源总量; $L$  表示全国人力资源总量,将“就业人员”作为评价人力资源的指标。

## 2.3 科技创新人力资源集聚度现状

根据式(1)计算出 2009—2014 年全国 31 个省市的集聚指数,如图 1、图 2。

图 1 和图 2 显示,全国范围内数值上升的只有

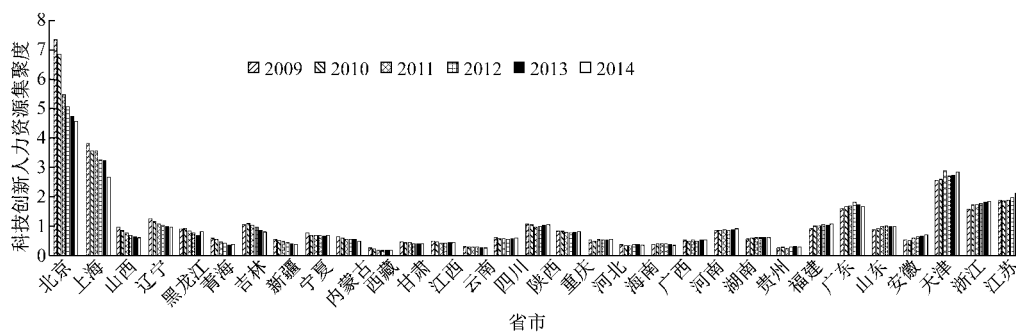


图 1 2009—2014 年各省市的科技创新人力资源集聚度

Fig. 1 Human resource agglomeration index of 31 provinces(2009—2014)

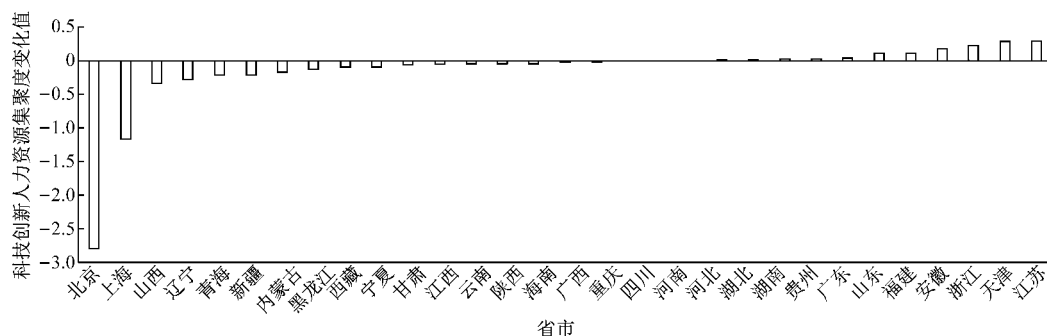


图 2 2009—2014 年各省市的科技创新人力资源集聚度变化值

Fig. 2 Variation of human resource agglomeration index between 2009 and 2014

12 个地区,在整体上体现科技创新人力资源集聚指数是下降的。近年来我国科技创新人力资源的集聚没有发生结构性的变化。排在前六的北京、上海、天津、江苏、浙江和广东的区域集聚指数排名没有变化,但其数值或有下降,或略有上升。如北京下降了 2.81,上海下降了 1.18,而江苏、天津、浙江和广东分

别上升了 0.31、0.30、0.24 和 0.06,反映了这些区域科技创新人力资源还处于优化和调整时期。除此以外,各省市科技创新人力资源集聚程度变化程度不大(如图 2)。同时根据图 1 可以看出,我国科技创新人力资源集聚分布情况大致为:东部强于中部,中部强于西部,资源分布差异较大。

### 3 区域科技创新能力及影响因素分析

#### 3.1 区域科技创新能力

区域科技创新能力是一个地区生产出与商业相关的创新流的潜能,它是指一个地区将知识转化为新产品、新工艺、新服务的能力.区域科技创新能力是区域发展和运用科学技术的能力,主要表现为工艺流程、产品设计等方面的研究和开发能力之和.区域科技创新能力不仅仅注重科技能力和科技竞争力,它更关注新技术的经济应用.

科技创新产出是科技创新能力的重要表征.而在表征科技创新产出时,专利数量是国内外研究较为常用的一个指标,这主要是由于该指标的数据比较容易获得<sup>[22]</sup>.但是用专利数量表征科技产出也有明显的缺陷,一方面是专利的质量无法衡量,即不同的专利所创造的价值或经济效益可能有着巨大的差别,而且专利还包括了发明专利、外观设计和实用新型三类,其中只有发明专利最能够体现出科技创新.另一方面有些创新成果并不申请专利,因此专利并不能完全反映科技创新.考虑到专利数量作为产出指标的缺陷,冯根福等<sup>[23]</sup>和吴延兵<sup>[24]</sup>用新产品开发数来表示科技创新,但与专利的情况相似,新产品开发数也不能反映科技产出的质量.此外,徐小钦等<sup>[25]</sup>和余泳泽<sup>[26]</sup>还将发表的论文数或三大检索收录论文数作为科技创新产出.本文在参考其他学者研究的基础上,采用综合性的指标作为区域科技创新能力的表征指标,选取《中国区域创新能力报告》中的各地区综合创新能力综合结果表征科技创新能力.

#### 3.2 区域科技创新能力影响因素梳理

目前,已经有部分学者对区域科技创新影响因素进行了研究,为了做到系统性,主要从创新主体、创新环境和创新网络 3 个维度进行梳理<sup>[27]</sup>,具体内容见表 1.

##### 3.2.1 科技创新主体

科技创新主体是指参与创新活动的人、机构和组织(包括直接或间接).随着科技创新边界的模糊化发展,区域科技创新主体由高校-企业-政府组成的三螺旋结构构成,逐渐演变为高校-企业-政府-客户的四螺旋结构<sup>[28-29]</sup>.其中高校和科研机构、企业是直接创新主体,政府和客户是前者进行创新活动的辅助机构,为间接创新机构.

高校和科研机构主要是发现和创造、传播和扩

散新知识并培养创新人才.高校和科研机构更重视基础研究和源技术创新,是探索和创造知识的主要源头.区域中高校的质量、高校和科研机构的研发意愿及其投入水平对于区域科技创新能力的发展有重要的作用<sup>[30]</sup>.选取区域内“211”工程高校占比来衡量区域内高校质量水平,选取高校和科研机构研发经费内部支出占区域总研发支出比例来衡量区域内高校和科研机构的研发投入水平<sup>[28]</sup>.

企业作为区域科技创新的主导力量 and 核心要素,其是技术商业化的核心组织,是经济发展的基本单元.企业专利申请量占专利申请总量比例由 2003 年的 16.2% 上升至 2014 年的 60.5%,标志着企业已经取代高校和科研机构成为主要的创新力量<sup>[31]</sup>.本文选取高新技术企业和规模以上企业数作为衡量企业数量指标,“研究与试验发展(R&D)经费内部支出来自企业的比重”作为衡量企业的研发投入水平指标,以区域内“高技术产业产值占区域 GDP 比例”来衡量区域的产业结构.

政府虽然不直接参与创新过程,但其通过制定相关政策、法规来规范、激励、协调和引导创新,是区域科技创新重要的间接影响因素.本文选取“来自政府资金占区域研发费用内部支出比例”来衡量政府对区域科技创新活动的支持力度.

##### 3.2.2 科技创新环境

环境变量是指对各区域科技创新活动会产生影响的外部变量,与科技创新活动的产出没有必然的因果关系,但是会对科技创新效率产生影响,这种影响既可能是正面的,也可能是负面的.Fritsch<sup>[32]</sup>指出科技创新环境变量主要包括研发合作(正相关)、工业结构(影响不确定)、企业规模(负相关)和人口密度(正相关).随后 Benneworth<sup>[30]</sup>补充指出大学质量和大学创业企业数也是重要的影响因素.Guan 等<sup>[33]</sup>指出国际贸易和投资的开放性对科技创新的影响是负面的,技术市场对科技创新有正向影响.Wang 等<sup>[27]</sup>提出 RO(区域开放度)-EI(经济基础)-QSI(科技创新者的质量和结构)-IE(科技创新效率)的链结构,QSI 组件直接影响 IE,并且所有的效果都是正的.

一个地区的科技创新的效率与其经济发展水平有着一定的关系,一般来说随着经济的发展,科技水平也会提高,一般用区域的“人均 GDP”和“人均可支配收入”来表征<sup>[34]</sup>.一个地区的金融发展水平是创新活动及创新成果转化拥有金融支持的便利程度;区域的信息交换便利程度在技术专利转化为创新产

品及获得市场竞争性优势的过程中起着重要作用<sup>[35]</sup>. 已有研究一般选用区域“金融网点密度”来表征金融设施水平,“互联网宽带接入用户”来表征信息设施水平<sup>[28]</sup>.

人力资本可以被定义为区域中拥有一定知识、价值和技能的劳动群体数量<sup>[36]</sup>. 在现有的知识经济时代,人作为创新活动的核心,现有研究认为区域人力资本的可获得性及知识水平对于科技创新能力有显著影响. 人力资本的可获得性本文选用区域“科技创新人力资源集聚度”表征,集聚度越高其能提供劳动力的数量越多,且会增加科技创新活动的交互机会;人力资本的知识水平通常用受高等教育人数占总人口比例来表征<sup>[21]</sup>.

区域开放性程度可以用“区域研发经费外部支出”和区域“进出口额”来表征,研发经费外部支出是指委托外单位进行研发活动所发生的实际支出,该指标能够反映各创新主体间的协作程度;进出口总额代表一个地区对外贸易的总规模,可以一定程度上反映区域的对外开放程度<sup>[37]</sup>.

### 3.2.3 科技创新网络

区域科技创新网络是促进信息、知识和各类资源交互的渠道,科技创新网络有助于资源在创新主体之间的合理配置、隐性知识的学习和沟通,并能促进企业科技创新,降低交易费用<sup>[38]</sup>. 已经有大量文

献针对区域创新网络展开了定量研究,Granovetter<sup>[39]</sup>、Kraatz<sup>[40]</sup>和 Flap<sup>[41]</sup>把区域创新网络分为强联系和弱联系,并对其作用进行了分析. Burt<sup>[42]</sup>、McEvily 等<sup>[43]</sup>、Boase 等<sup>[44]</sup>从网络结构出发提出了网络规模、结构洞、网络异质性等概念. 任胜钢等<sup>[45]</sup>进一步将科技创新网络分为网络规模、网络集中度、网络开放度、网络结构洞、网络强联系和网络弱联系 6 个维度.

本文从网络规模、网络开放性、网络结构洞和网络连接 4 个维度表征区域创新网络. 网络规模主要是指参与创新网络的创新主体的数量,通常用“区域中规模以上企业数量”及“区域内高校和研究机构数量”来表征<sup>[44-45]</sup>. 网络开放性主要是指区域创新网络接受外部知识、技术和资源的能力,本文用“外商直接投资”来度量网络开放性<sup>[39]</sup>. 网络结构洞是指网络中一个节点与另一个节点存在直接联系,但与其他节点不存在直接联系的现象,结构洞连接了 2 个不直接联系的节点<sup>[42]</sup>. 网络中结构洞数量越多,表明网络的通畅性和联接性越好,越有利于知识的沟通交流,本文用“区域技术市场成交额”来度量<sup>[45]</sup>. 网络链接即是网络中信息、资源的传递渠道,网络链接程度越高,创新主体之间的合作程度和共享程度越高,通常用“高校及科研机构研发经费中来自企业提供的资金量”来度量.

表 1 科技创新能力影响因素总结

Tab. 1 S&T innovation influencing factors

维度	一级指标	二级指标
创新主体	高校质量水平	“211”工程高校占比
	高校和科研机构研发投入水平	高校、科研机构研发经费内部支出占区域总研发经费内部支出比例
	产业结构	高技术产业产值占区域 GDP 比例
	企业研发投入水平	企业研发经费内部支出占区域总研发经费内部支出比例
	政府支持力度	政府资金占区域研发费用内部支出比例
	中介组织支持力度	中介机构数量占企业总数比例
创新环境	经济基础设施	人均 GDP, 居民消费水平
	金融设施	金融网点设施
	信息设施	互联网宽带接入用户
	人力资本	科技创新人力资源集聚度, 受高等教育人数占人口比重
	区域对外开放度	研发经费外部支出, 区域进出口总额
创新网络	网络规模	规模以上企业数, 高校和科研机构数
	网络开放度	外商直接投资
	网络结构洞(创新主体联系)	技术市场成交额
	网络连接	高校及科研机构研发经费中来自企业提供的资金量

## 3.3 区域科技创新能力影响因素实证研究

### 3.3.1 变量提取

创新主体、创新环境和创新网络作为区域科技创新的主要构成部分,其并不是完全相互独立的,其相互影响、相互关联. 为了消除变量间的相关影响,更加系统清晰地对区域科技创新能力的影响因素进

行分析和验证,利用因子分析和共线性等方法,基于 2010—2014 年我国 31 个省市面板数据(数据来源于 2011—2015 年全国以及各省市的科技统计年鉴、中国统计年鉴以及中国高科技产业统计年鉴,筛选出影响科技创新能力的主要影响因素变量,如表 2 所示.

表 2 科技创新能力影响因素变量

Tab. 2 S&T innovation influencing variables			
一级指标	二级指标	变量	单位
主体结构 与质量	科技创新人力资源集聚程度	$x_1$	1
	技术市场成交额	$x_2$	万元
	“211”工程高校占比	$x_3$	%
	高技术产业产值占区域 GDP 比例	$x_4$	%
经济环境	人均 GDP	$x_5$	元·人 <sup>-1</sup>
	互联网接入端口数	$x_6$	个·万人 <sup>-1</sup>
对外开放 程度	外商直接投资额	$x_7$	亿美元
	区域进出口总额	$x_8$	万美元

### 3.3.2 基于回归模型的关系研究

利用回归分析方法对上文提到的各个因素与区域科技创新能力  $I_C$  的关系进行探讨. 模型如式(2)所示:

$$I_C = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_4 x_4 + \beta_5 x_5 + \beta_6 x_6 + \beta_7 x_7 + \beta_8 x_8 + \mu \quad (2)$$

式中: $X$  是影响因素变量矩阵,包括主体结构与质量(QSI)、经济环境基础(EI)及开放程度(RO),QSI 是科技创新主体结构质量,包括  $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$  和  $x_4$ ,EI 是科技创新经济基础,包括  $x_5$  和  $x_6$ ,RO 是科技创新开放程度,包括  $x_7$  和  $x_8$ ;  $\beta_i$  分别是 4 个变量的相关系数; $\mu$  是模型的误差组,其结果如表 3 所示.

表 4 科技创新主体结构和质量与区域创新能力的关系

Tab. 4 Relationship between identity structure &amp; quality and capability of S&amp;T innovation

自变量	因变量 $I_C$					
	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5	模型 6
$x_5$	0.255***	-0.081**	0.206***	0.202***	0.084***	-0.056
$x_6$	-0.098**	0.335**	-0.065	-0.069	-0.078**	0.007
$x_7$	0.274***	0.506***	0.305***	0.182**	0.225***	0.344***
$x_8$	0.580***	0.200***	0.053**	0.386**	0.288***	0.410***
$x_2$		0.200***			0.297***	
$x_3$			0.042***		-0.013**	
$x_4$				0.320**	0.362***	
$x_1$						0.422***
$R^2$	0.916	0.929	0.918	0.927	0.945	0.943
调整后 $R^2$	0.839	0.862	0.843	0.860	0.892	0.889
F 值检验	194.867***	186.906***	160.382***	182.465***	174.057***	237.821**

注:\*\*代表 5%显著水平,\*\*\*代表 1%显著水平.

其中,模型 1 检验了 EI 和 RO 这 2 个因子对区域创新能力的关系;模型 2 至 4 分别检验  $x_2$ 、 $x_3$ 、 $x_4$  与  $I_C$  的关系;模型 5 是模型 2 至 4 的汇总,同时检验  $x_2$ 、 $x_3$ 、 $x_4$  与  $I_C$  的关系;模型 6 检验  $x_1$  与  $I_C$  的关系. 如表 6 所示,模型 1 的结果显示,EI 和 RO 这 2 个因子系数均大于零且显著异于零( $p < 0.01$  或  $p < 0.05$ ),说明 EI 和 RO 对  $I_C$  具有显著的正向影响. 模型 2 和 3 的结果显示, $x_2$ 、 $x_3$ 、 $x_4$  对  $I_C$  的标准回归系数分别为 0.200、0.042、0.320 且都显著异于零( $p < 0.01$  或  $p < 0.05$ ),说明  $x_2$ 、 $x_3$ 、 $x_4$  对  $I_C$  具有显

表 3 多元回归结果

Tab. 3 Result of multiple regression analysis			
自变量	因变量(科技创新能力)		
	非标准化系数	标准系数	t
$x_1$	0.31	0.31	4.60***
$x_2$	0.15	0.15	2.71***
$x_3$	-0.11	-0.11	-2.31***
$x_4$	0.27	0.27	4.62***
$x_5$	-0.05	-0.05	-0.95
$x_6$	-0.02	-0.02	-0.57
$x_7$	0.25	0.25	5.51***
$x_8$	0.27	0.27	4.90***

注:\*\*\*代表 1%显著水平.

从表中可以看出,回归方程拟合度较好( $R^2 = 0.952$ ),从侧面可以看出影响因素指标选取比较合理. 结果显示, $x_1$  回归系数数值最高,其对  $I_C$  的影响最重要,其次是  $x_4$ ,可以看出 QSI 因子有显著的影响.

## 4 科技创新人力资源集聚度与区域创新能力关系

使用层次回归分析方法构建出以下模型 1~6,分别验证了 QSI,包括  $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$  和  $x_4$  与  $I_C$  的关系,回归分析结果如表 4 所示.

显著的正向影响;模型 5 的结果进一步验证模型 2 至 4 的结论;在模型 6 中, $x_1$  对  $I_C$  的标准回归系数为 0.422 且显著异于零( $p$  值小于 0.01),说明  $x_1$  对  $I_C$  具有显著正向影响.

如表 5 所示,模型 7 至 10 分别检验了 EI 和 RO、 $x_2$ 、 $x_3$ 、 $x_4$  与  $x_1$  的关系. 模型 7 显示,EI 和 RO 对  $x_1$  显著影响;模型 8 至 10 显示, $x_2$ 、 $x_3$ 、 $x_4$  对  $x_1$  的标准回归系数分别为 0.042、0.323 和 0.191,且都显著异于零( $p$  值分别小于 0.01、0.05、0.05),说明它们对人力资源集聚都有显著正向影响.

表 5 创新主体与人力资源集聚的关系

Tab. 5 Relationship between innovation identity and human resource agglomeration

自变量	因变量						
	$x_1$				$I_C$		
	模型 7	模型 8	模型 9	模型 10	模型 11	模型 12	模型 13
$x_5$	0.738***	0.479***	0.557***	0.706***	-0.054	-0.053	-0.071
$x_6$	-0.247***	0.045***	-0.127***	-0.230***	0.004	-0.006	0.020
$x_7$	-0.141**	0.054*	-0.029	-0.196***	0.336**	0.318***	0.258***
$x_8$	0.403***	0.054***	0.282***	0.287***	0.410***	0.416***	0.275***
$x_2$		0.042***			0.014		
$x_3$			0.323**			-0.063	
$x_4$				0.191**			0.246***
$x_1$					0.408***	0.466***	0.388***
$R^2$	0.848	0.918	0.885	0.852	0.943	0.944	0.949
调整后 $R^2$	0.719	0.843	0.782	0.726	0.889	0.891	0.901
F 值检验	95.878***	159.706***	101.197***	79.105***	196.982***	100.615***	223.736***

注：\* 代表 10%显著水平，\*\* 代表 5%显著水平，\*\*\* 代表 1%显著水平。

模型 11 至 13 分别检验了  $x_1$  在  $x_2$ 、 $x_3$ 、 $x_4$  对  $I_C$  影响中的中介作用。相比模型 2，模型 11 显示， $x_2$  对  $I_C$  的标准回归系数由 0.200 下降为 0.014，说明引入  $x_1$  后，技术市场成交额对科技创新能力的促进作用下降。同时模型 8 证实  $x_2$  对  $I_C$  具有显著的正相关性，模型 6 证实  $x_1$  对  $I_C$  具有显著的正向作用。这些结果表明，技术市场成交额对科技创新能力的促进作用下降是因为技术市场成交额通过人力资源集聚度实现了对科技创新能力的影响。此外，从模型 2 和模型 11 的对比中也可以发现， $x_2$  对  $I_C$  的标准回归系数由显著( $p < 0.01$ )变为不显著( $p > 0.10$ )，这说明技术市场成交额完全通过人力资源集聚度实现了对科技创新能力的影响，即说明人力资源集聚度在技术市场成交额对科技创新能力的影响中起中介作用且是完全中介作用；对比模型 3 和模型 12，可以得到相同结论，即人力资源集聚度在“211”工程高校占比对科技创新能力的影响中起中介且是完全中介作用；对比模型 4 和模型 13 表明，人力资源集聚度在高技术产业产值占区域 GDP 比例对科技创新能力影响中起中介作用且是部分中介作用，因为对比模型 4 和模型 13， $x_4$  对  $I_C$  的回归系数显著性不变，仍然在 1%显著，只是标准回归系数由 0.320 下降为 0.246。

5 结论

通过理论和实证分析，研究了创新主体的联系(技术市场成交额)、高校质量水平(“211”工程高校占比)、区域产业结构(高技术产业产值占区域 GDP 比例)通过人力资源集聚度中介作用影响科技创新能力的机制，主要得到 3 个方面的研究结论。首先创

新主体的联系、高校质量水平、区域产业结构分别对科技创新能力有显著的正向影响。其次，创新主体的联系、高校质量水平、区域产业结构分别对人力资源集聚度有显著的正向影响。最后，人力资源集聚度分别在创新主体的联系、高校质量水平、区域产业结构对科技创新能力的影响中起到中介作用。然而这些中介作用又存在差异，具体来说，人力资源集聚度分别在创新主体的联系、高校质量水平对科技创新的影响中起完全中介作用，而在区域产业结构对科技创新能力的影响中起部分中介作用。

本文研究具有 2 个方面的实践启示：首先，重视发挥创新主体对于促进人力资源的集聚作用。创新主体的 3 个变量都对人力资源集聚有显著的促进作用，但各个因素的促进作用是不同的。其次，重视发挥创新主体对科技创新能力的作用。研究发现创新主体的联系、高校质量水平、区域产业结构都能提升创新能力，且人力资源集聚度在这些过程中起到中介作用，但人力资源集聚度的中介作用是不同的。充分发挥创新主体间的联系以及高校质量水平对于人力资源集聚度的促进作用，进而提升创新能力，因为人力资源集聚在这些因素影响科技创新能力的过程中起到完全中介作用。对于区域产业结构来说，一方面应充分发挥它对于人力资源集聚度的促进作用从而提升科技创新能力，另一方面还应充分发挥它对科技创新能力的直接促进作用，因为人力资源集聚度在其影响科技创新能力的过程中起到部分中介作用。

参考文献：

[1] FURMAN J L, PORTER M E, STERN S. The determinants of

- national innovative capacity[J]. *Research Policy*, 2002, 31(6): 899.
- [2] FREEMAN R B. Does globalization of the scientific/engineering workforce threaten us economic leadership? [J]. *Innovation Policy and the Economy*, 2006, 6: 123.
- [3] OKETCH M O. Determinants of human capital formation and economic growth of African countries [J]. *Economics of Education Review*, 2006, 25(5): 554.
- [4] COSTANTINI V, Monni S. Environment, human development and economic growth[J]. *Ecological Economics*, 2008, 64(4): 867.
- [5] WANG Shujun. Study on the relationship between human resource and technology innovation [C/CD]//2012 First National Conference for Engineering Sciences (FNCES 2012). Piscataway: IEEE, 2012.
- [6] AUTANT-BERNARD C, CHALAYE S, MANCA F, et al. Measuring the adoption of innovation: A typology of EU countries based on the Innovation Survey[J]. *Innovation - The European Journal of Social Science Research*, 2010, 23(3): 199.
- [7] LEE Cooke F. Human resource development and innovation in China: State HRD policies, organizational practices, and research opportunities[J]. *Journal of Chinese Human Resource Management*, 2013, 4(2): 144.
- [8] SHEEHAN M N, GARAVAN T, CARBERY R. Innovation and human resource development (HRD)[J]. *European Journal of Training and Development*, 2013, 38(1/2): 2.
- [9] ZONTEK Z. The role of human resources in enhancing innovation in tourism enterprises [J]. *Managing Global Transitions*, 2016, 14(1): 55.
- [10] 杨艳萍. 区域科技创新能力的主成分分析与评价——中原城市群科技创新能力的综合评价[J]. *技术经济*, 2007, 26(6):15.
- YANG Yanping. Analysis and evaluation of principal component of regional s&t innovation capability [J]. *Technology Economics*, 2007, 26(6): 15.
- [11] 胡晓辉, 杜德斌. 科技创新城市的功能内涵、评价体系及判定标准[J]. *经济地理*, 2011, 31(10):1625.
- HU Xiaohui, DU Debin. Function contents of S&T innovative city and its evaluation index system and criterion[J]. *Economic Geography*, 2011, 31(10):1625.
- [12] 陶雪飞. 城市科技创新综合能力评价指标体系及实证研究[J]. *经济地理*, 2013, 33(10):16.
- TAO Xuefei. Evaluation index system of a city's comprehensive ability of S&T innovation [J]. *Economic Geography*, 2013, 33(10):16.
- [13] 汪宝进. 区域创新能力与科技人力资源密度的关系研究[J]. *安徽工程科技学院学报(自然科学版)*, 2010, 25(4):84.
- WANG Baojin. Researching the relationship between the regional innovative capacity and the scientific manpower resource density [J]. *Journal of Anhui University of Technology and Science (Natural Science)*, 2010, 25(4):84.
- [14] 李国富, 汪宝进. 科技人力资源分布密度与区域创新能力的关系研究[J]. *科技进步与对策*, 2011, 28(1):144.
- LI Guofu, WANG Baojin. Researching the relationship between the scientific manpower resource density and the regional innovative capacity[J]. *Science & Technology Progress and Policy*, 2011, 28(1):144.
- [15] 邹燕. 创新型城市评价指标体系与国内重点城市创新能力结构研究[J]. *管理评论*, 2012, 24(6):50.
- ZOU Yan. Research on evaluation index system of innovative city and innovation capacity structure of china's key cities[J]. *Management Review*, 2012, 24(6):50.
- [16] 宋河发, 穆荣平, 任中保. 国家创新型城市评价指标体系研究[J]. *中国科技论坛*, 2010(3):20.
- SONG Hefa, MU Rongping, REN Zhongbao. Study on the connotation, characteristics of the national innovative cities and its evaluation index system [J]. *Forum on Science and Technology in China*, 2010(3):20.
- [17] 巴吾尔江, 董彦斌, 孙慧, 等. 基于主成分分析的区域科技创新能力评价[J]. *科技进步与对策*, 2012, 29(12):26.
- BAWUERJIANG, DONG Yanbin, SUN Hui, et al. The Evaluation of the regional technology innovation ability based on principal component analysis [J]. *Science & Technology Progress and Policy*, 2012, 29(12):26.
- [18] 马卫刚, 程长林. 科技人力资源、创新效率与经济增长——基于省际面板数据的实证分析[J]. *工业技术经济*, 2014, 33(10):140.
- MA Weigang, CHENG Changlin. Sci-tech human resource, innovation efficiency and economic increment—An empirical study based on provincial panel data[J]. *Journal of Industrial Technological Economics*, 2014, 33(10): 140.
- [19] 黄萃, 赵培强, 李江. 基于共词分析的中国科技创新政策变迁量化分析[J]. *中国行政管理*, 2015(9):115.
- HUANG Cui, ZHAO Peiqiang, LI Jiang. Research on China's science and technology policy changes based on co-word cluster analysis[J]. *Chinese Public Administration*, 2015(9): 115.
- [20] 朱蓓倩, 高向东. 上海科技人力资源配置与耦合协调度研究[J]. *科技进步与对策*, 2016, 33(5):139.
- ZHU Beiqian, GAO Xiangdong. The sci-tech human resource allocation and coupling coordinated degree in Shanghai [J]. *Science & Technology Progress and Policy*, 2016, 33(5): 139.
- [21] 姜玲, 梁涵, 刘志春. 环渤海地区科技人力资源与区域经济发展的关联关系研究[J]. *中国软科学*, 2010(5):88.
- JIANG Ling, LIANG Han, LIU Zhichun. Correlation study on human resources in science and technology and regional economy in the Bohai rim area[J]. *China Soft Science*, 2010(5):88.
- [22] 金怀玉, 营利荣. 考虑滞后效应的我国区域科技创新效率及影响因素分析[J]. *系统工程*, 2013, 31(9):98.
- JIN Huaiyu, JIAN Lirong. China's regional innovation efficiency and its influencing factors considering the lag effect [J]. *Systems Engineering*, 2013, 31(9):98.
- [23] 冯根福, 刘军虎, 徐志霖. 中国工业部门研发效率及其影响因素实证分析[J]. *中国工业经济*, 2006(11):46.
- FENG Genfu, LIU Junhu, XU Zhilin. Study on the factors on Chinese industries R&D efficiency [J]. *China Industrial Economics*, 2006(11):46.
- [24] 吴延兵. 用 DEA 方法评测知识生产中的技术效率与技术进步[J]. *数量经济技术经济研究*, 2008, 25(7):67.
- WU Yanbin. Evaluating technical efficiency and technical progress of knowledge production by using DEA [J]. *The Journal of Quantitative & Technical Economics*, 2008, 25(7):67.

- [25] 徐小钦,黄馨,梁彭勇. 基于DEA与Malmquist指数法的区域科技创新效率评价——以重庆市为例[J]. 数理统计与管理, 2009,28(6):974.  
XU Xiaoqin, HUANG Xin, LIANG Pengyong. Evaluating of science and technology innovation efficiency of a region based on DEA and malmquist exponent approach[J]. Journal of Applied Statistics And Management, 2009,28(6):974.
- [26] 余泳泽. 创新要素集聚、政府支持与科技创新效率——基于省域数据的空间面板计量分析[J]. 经济评论, 2011(2):93.  
YU Yongze. Innovation cluster government support and the technological innovation efficiency based on spatial econometrics of panel data with provincial data[J]. Economic Review, 2011(2):93.
- [27] WANG S, FAN J, ZHAO D, *et al.* Regional innovation environment and innovation efficiency: The Chinese case[J]. Technology Analysis & Strategic Management, 2016, 28(4): 396.
- [28] LEYDESDORFF L, MEYER M. Triple Helix indicators of knowledge-based innovation systems: Introduction to the special issue[J]. Research Policy, 2006, 35(10): 1441.
- [29] CARAYANNIS E G, CAMPBELL D F J. Mode 3 knowledge production in quadruple helix innovation systems[J]. Springer New York, 2012,7:1.
- [30] BENNEWORTH P. Seven samurai opening up the ivory tower? The construction of Newcastle as an entrepreneurial university [J]. European Planning Studies, 2005, 15(4): 487.
- [31] LI X. China's regional innovation capacity in transition: An empirical approach[J]. Research Policy, 2009, 38(2): 338.
- [32] FRITSCH M. Cooperation and the efficiency of regional R&D activities[J]. Cambridge Journal of Economics, 2004, 28(6): 829.
- [33] GUAN J, CHEN K. Modeling the relative efficiency of national innovation systems[J]. Research Policy, 2012, 41(1): 102.
- [34] WANG Y, VANHAVERBEKE W, ROIJAKKERS N. Exploring the impact of open innovation on national systems of innovation—A theoretical analysis [J]. Technological Forecasting and Social Change, 2012, 79(3): 419.
- [35] HUGHES A, MORTON M S S. The transforming power of complementary assets[J]. MIT Sloan Management Review, 2006, 47(4): 50.
- [36] GONZÁLEZ-LOUREIRO M, PITA-CASTELO J. A model for assessing the contribution of innovative SMEs to economic growth: The intangible approach [J]. Economics Letters, 2012, 116(3): 312.
- [37] 倪自银,张益明. 影响开放式创新的政府行为及政策环境研究[J]. 华东经济管理, 2015,29(1):148.  
NI Ziyin, ZHANG Yiming. A study on impact of government behavior and policy environment on open innovation[J]. East China Economic Management, 2015,29(1):148.
- [38] 于明洁,郭鹏,张果. 区域创新网络结构对区域创新效率的影响研究[J]. 科学学与科学技术管理, 2013,34(8):56.  
YU Mingjie, GUO Peng, ZHANG Guo. Impact of the regional innovation network structure on regional innovation efficiency [J]. Science of Science and Management of S. & T., 2013,34(8):56.
- [39] GRANOVETTER M. Economic action and social structure: The problem of embeddedness [J]. American Journal of Sociology, 1985, 91(3): 481.
- [40] KRAATZ M S. Learning by association? Interorganizational networks and adaptation to environmental change[J]. Academy of Management Journal, 1998, 41(6): 621.
- [41] FLAP H. Creation and returns of social capital: A new research program[J]. La Revue Tocqueville, 1999(20): 5.
- [42] BURT R S. The social structure of competition [J]. Explorations in Economic Sociology, 1993(65): 103.
- [43] MCEVILY B, ZAHEER A. Bridging ties: A source of firm heterogeneity in competitive capabilities [J]. Strategic Management Journal, 1999,20(12): 1133.
- [44] BOASE J, WELLMAN B. Suggested question on social networks and social capital[R]. Ottawa: Report to the Policy Research Initiative, 2004.
- [45] 任胜钢,胡春燕,王龙伟. 我国区域创新网络结构特征对区域创新能力影响的实证研究[J]. 系统工程, 2011,29(2):50.  
REN Shenggang, HU Chunyan, WANG Longwei. Empirical study of the influence of china's regional innovation network structural characteristics on regional innovation capability[J]. Systems Engineering, 2011, 29(2): 50.

(上接第1721页)

- [10] MONTOYA C, BELLENGUEZ M O, PINSON E, *et al.* Branch-and-price approach for the multi-skill project scheduling problem[J]. Optimization Letters, 2014, 8(5): 1721.
- [11] FIRAT M, HURKENS C A J. An improved MIP-based approach for a multi-skill workforce scheduling problem[J]. Journal of Scheduling, 2012, 15(3): 363.
- [12] ALMEIDA B F, CORREIA I, FRANCISCO Saldanha-da-Gama. Priority-based heuristics for the multi-skill resource constrained project scheduling problem [J]. Expert Systems with Applications, 2016, 57: 91.
- [13] MYŚKOWSKI P B, SKOWROŃSKI M E, OLECH P, *et al.* Hybrid ant colony optimization in solving multi-skill resource-constrained project scheduling problem[J]. Soft Computing, 2015, 19(12): 3599.
- [14] 张猛,陆志强. 多技能资源约束项目调度问题的改进算法[J]. 计算机集成制造系统, 2016,22(3):782.  
ZHANG Meng, LU Zhiqiang. Improved algorithm for multi-skill resource constraint project scheduling problem [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2016, 22(3): 782.