

【编者按】百年大计，教育为本。十九大报告提出，建设教育强国是中华民族伟大复兴的基础工程，必须把教育事业放在优先位置，深化教育改革，加快教育现代化。本期“十九大专栏”关注教育与创新问题，主题为“发展教育事业，推动国家创新”。

大学是创新的重要主体，大学国际化是提升创新能力的重要形式。中国社会科学院王业强副研究员等人研究了大学国际化的程度和类型对区域创新能力的影响。文章指出，应当构建良好的创新合作环境，加大财政资金支持力度，使大学国际化能更好地促进创新能力的提升。

创新离不开人才，而教育是人才成长的决定因素。广东外语外贸大学丁重副教授和华南理工大学邓可斌教授解答了追求高学历的成长意愿是否有利于推动我国企业的技术创新。文章指出，对于创新能力的提升，除了教育对人才的培养外，政府对企业的引导和扶持同样重要。

## 大学国际化提高了区域创新能力吗？

王业强<sup>1</sup>，朱春筱<sup>2</sup>，邢飞<sup>3</sup>

(1. 中国社会科学院 城市发展与环境研究所, 北京 100028; 2. 中国社会科学院 研究生院, 北京 102488;  
3. 山东大学 数学学院, 山东 济南 250100)

**摘要:**在三螺旋理论中, 政府、产业和大学三者合作推动区域创新发展。全球化进一步拓展了创新主体参与合作的广度和深度, 尤其是产业国际化水平对区域创新能力提高的影响越来越大。但大学国际化对区域创新能力的影响却没有被重视。文章以三螺旋算子为门槛值研究大学国际化水平、能力和不同类型对区域创新能力的影响。研究发现, 我国区域创新合作环境整体上指向区域化, 官、产、学三者合作水平较低, 区域科研体系开放性和市场化程度不高, 区域创新合作环境整体较差。官、产、学三者合作相对紧密的地区具有良性的创新合作环境, 大学国际化水平对区域创新能力的影响较大; 官、产、学三者合作不密切地区的创新能力则受大学国际化能力的影响较大。无论是“走出去”、“引进来”还是“面对面”形式的大学国际化, 在创新合作环境好的地区, 对创新能力都有着显著的正向影响。受代理变量选择的影响, “编码”形式大学国际化对区域创新的影响不明显; 在创新合作环境差的地区, 大学研发投入是影响区域创新能力的主要因素, 同时需要“引进来”和“面对面”形式的大学国际化参与国际学习、交流和培训, 以增加创新个体之间的直接交流, 促进当地区域创新能力的提升。

**关键词:** 大学国际化; 信息熵; 互信息; 知识生产函数; 门槛模型

**中图分类号:** F061.5   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1001-9952(2018)06-0004-14

**DOI:** 10.16538/j.cnki.jfe.2018.06.001

### 一、引言

随着大学逐渐走出孤立的学者共同体这个被社会供养的象牙塔, 大学的功能从单纯的贮存

收稿日期: 2017-09-11

基金项目: 国家自然科学基金(面上)项目(71473266); 中国社会科学院与澳大利亚社会科学院2016年度合作项目“国际化大学城对城市转型的影响”

作者简介: 王业强(1972-), 男, 江西彭泽人, 中国社会科学院城市发展与环境研究所副研究员;  
朱春筱(1993-), 女, 安徽金寨人, 中国社会科学院研究生院硕士研究生;  
邢飞(1992-), 男, 安徽六安人, 山东大学数学学院硕士研究生。

和传播知识的教学功能转向教学与科学研究并重,并在与产业和商业的接触中再次形成了促进区域和社会发展的第三功能,大学的两次革命使其与企业 and 政府一起成为了以知识为基础的社会主要机构(Etzkowitz 等, 2000),大学也日益成为社会创新系统中的重要创新主体。当知识成为区域创新发展过程中的重要组成部分,大学作为知识创造的主体对区域创新发展也起着重要的驱动作用(Fritsch, 2002; Cooke, 2004)。尽管存在不同的起点和创业模式,但创业型大学(*Entrepreneurial University*)已逐渐成为一种全球现象。中国国家《十三五规划纲要》也明确强调了大学在实施创新驱动发展战略上的重要性,指出要“推进科教融合发展,促进高等学校、职业院校和科研院所全面参与国家创新体系建设,支持一批高水平大学和科研院所组建跨学科、综合交叉的科研团队,构建政产、学、研用一体的创新网络,优化创新组织体系,推动区域协调创新”。

但在全球化时代,知识传播和研究实施越来越国际化,一个国家或地区的竞争力也更加依赖各个创新主体的国际合作。面对全球联网的研究环境,知识、人才等创新要素早已摆脱了地域的限制,变得高度国际化,大学等国家科研机构也不再是研究、技术和创新体系的独立组成部分。近几十年来,跨越国家(地区)边界的知识交流越来越普遍。随着新世纪经济全球化的快速演进,大学国际化已经成为一个全球性的趋势,从初期的“对立型-工具性”阶段发展到“共识型-机制性”状态,由此国际化部署成为所有高校必须直接面对的战略选择(邱延峻, 2010),国际化已经成为大学发展的重要驱动力和决定性因素。大学国际化就是大学的办学理念、要素和行为跨越国界进行互动的过程和现象,是将“国际的维度”整合到高等学校的教学、研究和服务等诸项功能中的过程(OECD, 1999),是大学全球扩张和知识传播的产物。大学国际化的深入发展,增加了不同国家大学之间的联系,有利于不同地区大学在更大范围和更深程度上参与教学、科研等方面的国际合作与交流。中国政府很快关注到了这股大学国际化的潮流。2012年3月,教育部印发了《高等教育专题规划》,提出加强对外交流与合作、提升高等教育国际化水平的规划。2016年11月,教育部颁布的《高等学校“十三五”科学与技术发展规划》更是提出要支持以高校牵头的国际化合作与交流,提升高校的国际化水平以便于深度融入全球创新网络。

自 Carlsson(2006)第一次提出了创新体系国际化的概念后,苏敬勤等(2014)把这种创新体系国际化划分为构成要素(官、产、学等创新主体)国际化、要素之间的网络关系国际化和创新环境国际化三个层次。随后又有不少学者在企业国际化与创新影响方面做了大量研究(Vernon, 1966; Shaked, 1986; Grant, 1987; Sullivan, 1994; Ensley 等, 2002),而大学作为知识经济时代的一个重要的创新主体,其国际化程度对创新能力的影响却鲜有研究。那么,大学作为重要的创新主体,其国际化对区域创新能力的影响有多大呢?其影响机制和效果如何呢?本文以三螺旋理论为基础,构建大学国际化影响区域创新能力的实证模型,比较了在不同的三螺旋创新合作环境下大学国际化对区域创新能力的影响,并进一步检验了大学国际化水平、能力和不同类型的大学国际化对区域创新能力的影响。结果发现,我国区域创新合作环境整体上指向区域化,官、产、学三者合作水平较低,区域科研体系开放性和市场化程度不高,区域创新合作环境整体较差。无论是“走出去”、“引进来”还是“面对面”形式的大学国际化,对创新合作环境好的地区的创新能力都有着显著的正向影响,受代理变量选择的影响,“编码”形式大学国际化对区域创新的影响不明显。这些结论丰富了现有区域创新理论的研究,为当前实施国家创新驱动发展战略提供了理论支撑。

## 二、研究的理论基础和模型方法

(一)大学国际化影响区域创新能力的内在机制。创新区域必须始终保持旺盛的知识生产能力,大学之所以具有维持区域创新能力良性循环的“造血功能”,源于大学有源源不断的流动人力资本,且是传播和创造知识的重要载体。路甬祥(2002)把国家创新体系分为知识创新系统、技

术创新系统、知识传播系统和知识应用系统,政府、企业和大学分别作为制度创新、技术创新和知识创新主体参与到国家创新体系中,政府负责为良性有效的创新场地提供制度支持,企业负责适应市场并将研发成果应用在商业中,大学负责知识的生产、传播和转移。知识不同于信息,因受空间距离和知识产权保护影响,知识具有部分排他性。根据知识转移的难易可把知识分为显性知识和隐性知识。显性知识又称编码知识,可以通过语言、书籍和文字等方式传播,且易被人学习。而受空间因素影响的知识被称为“隐性知识”(Polanyi, 1967),主要表现为空间的邻近性,这类隐性知识的传播需要特定的方式,即面对面交流,且交流成本随着地理距离的增加而增加(Von Hippel, 1994)。

Youtie 和 Shapira(2008)在研究中发现,从传统的知识工厂演变为促进区域创新的知识中心,再到促进当地先进技术创新和经济发展,大学成为知识中心的一个关键特征是其作为一个跨边界组织,在学术机构当地商业和金融部门之间为隐性知识和编码知识的交流搭建了一个桥梁。随着当前全球化特征的不断显现,以共享共性知识为基础的创新网络越来越庞大(拉杰什·纳如拉, 2011),创新主体间的合作互动以及国际化背景下的跨国联盟在全球化知识经济时代愈显重要,“联盟中学”(learning-by-alliances)这种互动性学习成为促进编码知识和隐性知识传播的重要途径。在理论层面,大学国际化是一种国际性的“联盟中学”,它一方面通过国际化的教材、科研项目、会议展出等增加编码知识的国际传播,另一方面通过增加学生和教师的国际性交流增加隐性知识的传播,这些都为新知识的创造和旧知识在不同群体、不同区域的传播提供了条件,进而促进了区域创新能力的提高。

不同于过去生产有形产品的工业社会,在以创新为基础的知识社会中,大学-企业-政府三者的相互作用是改善创新条件的关键。亨利·埃茨科威兹把这种创新模型定义为“三螺旋创新”(Etzkowitz 和 Leydesdorff, 1995),即大学-企业-政府三个机构既保持相对独立的身分又表现出另外两个范畴的部分功能,这些功能上的重叠增加了大学-企业-政府三者的相互作用,形成了“三螺旋动力”,最后在创新体系中表现出螺旋上升的发展规律。在三螺旋模型中,三个机构存在着诸如在一个以上机构轮岗或定期工作的人员循环,通过政策、法规等信息网络的信息循环和创造技术并在技术转移中获利的输出循环,三个机构不断混合循环、互利互惠,形成了三者内部和其间的组织变化,最后铸就了区域的创新网络。

作为知识创新系统的核心,尽管大学可以通过国际性的交流合作传播新知识以促进区域创新,但学习是有局限性的,尤其是在可能存在差异性、冲突性和不可适用性的国际性知识的学习中。从国际性知识的学习、传播再到新知识的产生,不仅依赖于专业的科研团队和熟练的技术工人等特定的创新主体,更依赖于知识生产和使用系统中各构成要素之间复杂的相互作用(苏敬勤等, 2014)。在三螺旋发展的不同阶段,大学国际化推动大学作为区域创新主体发挥不同作用:在三螺旋的初级阶段,官、产、学三者之间的协同合作没有建立起来,区域创新能力是依靠官、产、学两两之间的合作来推动的。如在中国,官、产、学三者的合作中,政府与大学和产业都具有天然的合作关系,关键是大学与产业的合作关系较弱,大学国际化只能加强政府和大学之间的交流与合作,却很难直接传导到产业部门,而经过政府部门传导会产生较大的信息漏损,导致官、产、学三方不能发挥协同效应,造成三螺旋系统自组织性较低;而在三螺旋的高级阶段,官、产、学三方在彼此不断重复的长期交往与熟知互动中形成了较为密切的协和关系,大学国际化越活跃,从外界传导到三螺旋系统的知识和信息越多,再经过大学部门传导到政府和企业,进而形成一个完整的信息传导链条,共同推动区域创新能力的提高。因此,本文构建了一个大学国际化影响区域创新能力的理论框架,如图 1 所示。在这个框架中,大学具有教学、科研和服务社会、增强

区域创新能力的三重职能,通过大学国际化提高大学的知识传播和知识生产的能力,从而增强大学在大学-企业-政府三螺旋结构中的创新贡献,降低区域创新和科学发现的成本,促进创新活动的空间集聚。

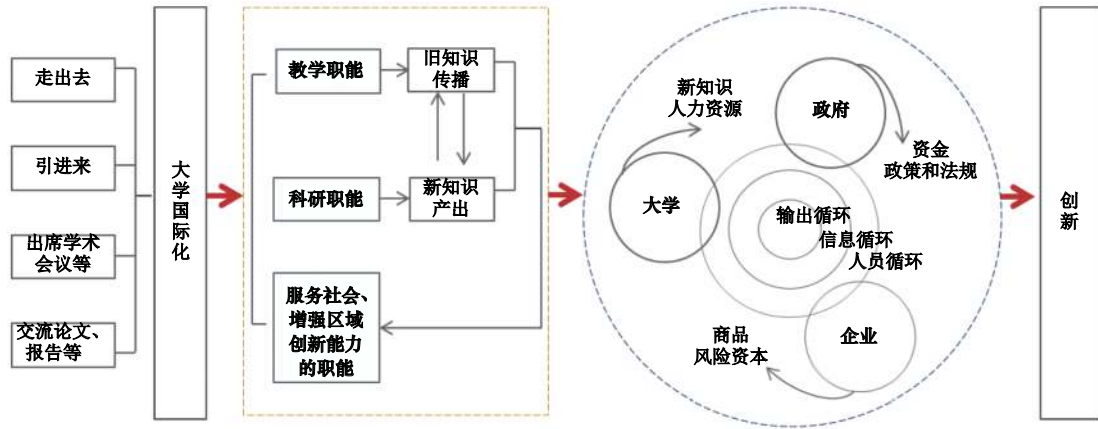


图 1 大学国际化对区域创新能力影响的理论框架

(二)大学国际化影响区域创新的模型构建。

1. *Griliches-Jaffe* 知识生产函数。*Griliches-Jaffe* 知识生产函数(*Knowledge Production Function, KPF*)是目前国际上研究知识生产和区域创新及其决定因素的重要模型。*Griliches* (1979)首先提出了知识生产函数,他认为创新是研发活动中资本、人员投入及现有知识的函数,即:

$$Y = F(X, K, \mu) \tag{1}$$

其中,  $Y$  表示在宏观或微观层面的产出,  $X$  为研发过程中的资源投入,  $K$  为现有的知识技术水平,  $\mu$  表示其他因素的作用或随机误差。

沿此思路, *Griliches* 套用了 *Cobb-Douglas* 函数对知识生产函数进行具体描述,即:

$$Y = DC^\alpha L^\beta K^\gamma e^{\eta+\mu} \tag{2}$$

其中  $D$  为常数项,  $C$  和  $L$  分别表示研发过程中的资金和劳动力投入,  $t$  是时间。

此后, *Jaffe* (1989)修正了该知识生产函数,并引进了空间单元和大学机构,即:

$$\log(P_{ikt}) = \beta_{1k} \log(I_{ikt}) + \beta_{2k} \log(U_{ikt}) + \beta_{3k} [\log(U_{ikt}) \log(C_{ikt})] + \epsilon_{ikt} \tag{3}$$

其中,  $i$  表示研究的单元(如省、市等),  $k$  是技术领域,  $t$  为时间,  $P$  为公司的专利申请数,近似于市场上被运用的新知识;  $I$  和  $U$  分别表示企业和学校的研发投入,  $C$  表示研究单元内企业和学校研发活动的地理相关性。自此, *Jaffe* 把“大学”这一要素加到了 *Griliches* 的知识生产函数中,研究者们也开始关注大学对区域创新的影响。

2. 三螺旋算子的测算方法。官、产、学三个创新主体的联结关系主要表现为人员循环、资金循环和信息循环,因数据可得性限制,现有文献多从财务角度分析三者的合作关系,但该种度量方法仅仅测度了政府对企业和高校两个创新主体的单向资金投入,而无法衡量三者互利共赢的合作程度。荷兰学者 *Leydesdorff* (2002)引用了 *Shannon* (1948)在信息论中的“熵”的概念,从互信息的角度提出了衡量政府、企业、大学三者互动关系紧密程度的三螺旋算子。

用“熵”来度量系统的不确定性,即系统内部越有规律,信息量越少,“熵”越小。其一维熵、二维熵和三维熵分别如下:

$$H_i = - \sum_{i=0}^1 P_i \log_2 P_i \tag{4}$$

$$H_{ij} = - \sum_{i=0}^1 \sum_{j=0}^1 P_{ij} \log_2 P_{ij} = -P_{10} \log_2 P_{10} - P_{01} \log_2 P_{01} - P_{11} \log_2 P_{11} - P_{00} \log_2 P_{00} \quad (5)$$

$$H_{ijk} = - \sum_{i=0}^1 \sum_{j=0}^1 \sum_{k=0}^1 P_{ijk} \log_2 P_{ijk} = -P_{000} \log_2 P_{000} - P_{001} \log_2 P_{001} - P_{010} \log_2 P_{010} - P_{100} \log_2 P_{100} - P_{011} \log_2 P_{011} - P_{101} \log_2 P_{101} - P_{110} \log_2 P_{110} - P_{111} \log_2 P_{111} \quad (6)$$

以大学和政府的二维信息熵  $H_{ug}$  为例,以(0,1)表示事件没发生和发生,则大学、政府为研究对象的信息有4种可能,即存在4个信息概率,  $P_{00}$ 、 $P_{01}$ 、 $P_{10}$ 和  $P_{11}$ 分别表示大学和政府同时不发生、只有政府发生、只有大学发生和大学政府同时发生的概率。而互信息  $T$ 表示收到一个符号集合消除的关于另一个符号集合的不确定性,其二维、三维互信息分别为:

$$T_{ij} = H_i + H_j - H_{ij} \quad (7)$$

$$T_{ijk} = H_i + H_j + H_k - H_{ij} - H_{ik} - H_{jk} + H_{ijk} \quad (8)$$

与信息熵总为正值不同,表征协同程度的互信息可正可负(叶鹰等,2014)。根据互信息原理,二维互信息如  $T_{ij}$  的值越大,则表示两者的合作越密切;而三维互信息反映的是三个子系统之间的动态平衡,当  $T_{ijk}$  为正数时,此时三个子系统不仅有双边的重叠,还存在三边的重叠,即在三螺旋的网络结构中存在中心协调,而当  $T_{ijk}$  为负数时,共同协作的三个子系统在其所组成的系统中发挥了自组织作用,增加了整个系统的不确定性,  $T_{ijk}$  值越小,整个系统的自组织水平越高,两两协和较多而三者协和较少(许侃和聂鸣,2013)。采用这种互信息法测算三螺旋算子有以下优点:(1)互信息衡量了两两之间的双向关系,刻画了三者之间的复杂联系;(2)三螺旋算子大小既反映了两两是否有联系,也反映了他们之间的关联程度;(3)用已有的合作成果作为三螺旋算子的计算基础可以反映三者之间稳定的、成功的合作关系。

3. 大学国际化对区域创新影响的模型。大学国际化是通过大学的投入影响区域创新能力,在 *Griliches-Jaffe* 知识生产函数基础上,本文构建如下大学国际化影响区域创新能力模型:

$$P = A \cdot I^{\alpha_0} \cdot U^{\left(\beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j x_j\right)} \cdot e^{\varepsilon_u} \quad (9)$$

其中,  $A$  为常数项,  $P$  为创新能力,  $I$  和  $U$  分别为企业和大学的研发投入,  $x_j$  为大学国际化变量,  $\varepsilon_u$  为随机误差,  $\beta_j$  为待估参数。

两边取对数后,得到

$$\ln P = \ln A + \alpha_0 \ln I + \ln U \cdot \left( \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j x_j \right) + \varepsilon_u \quad (10)$$

根据大学国际化对区域创新影响的理论框架,本文加入大学国际化投入、创新主体的相互关联和其他组织管理环境等变量对 *Griliches-Jaffe* 知识生产函数进行扩展,构建大学国际化对区域创新影响的基本模型,如下:

$$\ln Inno_{i,t} = \alpha_0 \ln A + \beta_0 \ln Rdu_{i,t} + \beta_1 \ln Rdu_{i,t} \cdot Inter_{i,t} + \gamma_0 \ln Rdi_{i,t} + \delta_0 \ln Stu_{i,t} + \varphi_0 \ln Tuig_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (11)$$

其中,  $Inno$  为区域创新能力;  $Inter$  为大学的国际化指标,是包含学生结构国际化、教师结构国际化、课程国际化及科研国际化在内的不同类型的大学国际化;  $Rdi$  和  $Rdu$  分别为企业和大学参与科技研发的人员投入;  $Stu$  为当地人才供应;  $Tuig$  为三螺旋互信息值;  $\alpha_0$ 、 $\beta_0$ 、 $\beta_1$ 、 $\gamma_0$ 、 $\delta_0$ 、 $\varphi_0$  为待估参数。

官、产、研三者的合作程度是影响区域创新能力的重要因素,因此我们参考 Hansen(1999)门槛回归模型的方法,以三维互信息  $T_{uig}$  作为门槛变量,以公式(11)为基础建立三螺旋算子的单门槛和双门槛回归模型如下:



$$\ln Inno_{i,t} = \alpha_0 \ln A + \beta_0 \ln Rdu_{i,t} + \beta_1 \ln Inter_{i,t} \cdot I(Tuig_{i,t} \leq \tau_1) + \beta_2 \ln Inter_{i,t} \cdot I(Tuig_{i,t} > \tau_1) + \gamma_0 \ln Rdi_{i,t} + \delta_0 \ln Stu_{i,t} + \varphi_0 \ln Tuig_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (12)$$

$$\ln Inno_{i,t} = \alpha_0 \ln A + \beta_0 \ln Rdu_{i,t} + \beta_1 \ln Inter_{i,t} \cdot I(Tuig_{i,t} \leq \tau_1) + \beta_2 \ln Inter_{i,t} \cdot I(\tau_1 < Tuig_{i,t} \leq \tau_2) + \beta_3 \ln Inter_{i,t} \cdot I(Tuig_{i,t} > \tau_2) + \gamma_0 \ln Rdi_{i,t} + \delta_0 \ln Stu_{i,t} + \varphi_0 \ln Tuig_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (13)$$

### 三、样本数据和变量选择

由于部分地区数据缺失,因此文中的研究样本不包括香港、澳门特别行政区、台湾和西藏自治区,共30个省、直辖市、自治区,下文简称省域。数据来自2005—2014年《中国统计年鉴》、《中国科技统计年鉴》、《中国教育统计年鉴》和《高等学校科技统计资料汇编》。根据数据可得性及相关研究,选取如下变量:

1. 创新产出。关于创新产出的指标,国内外学者多使用专利申请(Scherer, 1965)。我国把专利分为发明专利、实用新型专利和外观设计专利,考虑到发明专利的经济价值高于前两种(赵彦云和刘思明, 2011),且与专利受理量相比,专利授权量更能反映有效的创新产出,故选用《中国统计年鉴》的发明专利授权量。在模型中,用  $Inno_{i,t}$  来衡量  $i$  地区第  $t$  年研发投入后的创新产出。

2. 大学的国际化。大学的国际化指标借鉴引用率较高的李盛兵(2005)的指标,即留学生比例、外籍教师比例、国际性科研课题和国际性学术会议等衡量。兼具数据的可得性和实用性,本文选用《高等学校科技统计资料汇编》中的各地区国际科技交流合作研究的派遣和接受人次及国际学术会议的出席人员次数、交流论文篇数、特邀报告篇数和主办次数的数据作为大学国际化的重要指标。

国际化会议的举办次数、规模和水平反映了一个地区吸引外籍专家、举办国际活动的能力,是国际化能力的重要体现,因此用国际学术会议的主办次数作为国际化能力  $Int$  的指标;合作研究的派遣人次和接受人次分别衡量了该地区大学“走出去”的国际化 and “引进来”的国际化,分别用  $Inabro$  和  $Inrecept$  表示;而合作研究的人次和出席会议的人次加总反映了通过“面对面”交流传播新知识的大学国际化,用  $Intac$  表示;同理用国际会议的交流论文篇数和特邀报告篇数来反映通过传播编码知识的大学国际化,用  $Inexp$  表示;此外,本文还将交流人员次数和论文及报告的篇数分别做无量纲处理,并附上相同权重后加总,将该标准化后的指标作为该地区的国际化水平( $InSI$ )的替代指标,即:

$$InSI_i = \frac{Intac_i}{\max_{1 < i < n} Intac} + \frac{Inexp_i}{\max_{1 < i < n} Inexp} \quad (14)$$

其中,该评价指标随着指标值的增大而增大,评价指标数值为正,最大值为2。

3. 创新主体的联结关系。跨单位的论文合著类型已经成为合作研究的一种趋势,不少文章基于论文合作单位开展官、产、学合作的量化研究(张玉华等, 2004; 金炬等, 2007; 王伟超等, 2013)。本文在“中国知网”的数据库中按照期刊的作者单位信息分别提取如“大学-企业”、“大学-政府”、“企业-政府”在内的7个类别出现的频数,所得数据经过处理可得到官、产、学合作的互信息。为了精确查询,我们以省名称、辖市名称和简称等准确甄别作者单位的属地,再以“大学”、“学院”、“公司”、“集团”、“厂”、“局”、“厅”等准确定位作者单位的类别。论文成果是长期科研的结果,也是未来研发的基础,因而期刊作者单位的交互关系是该区域不同创新主体稳定合作的体现,也是当年区域创新的环境基础。因此,本文的官、产、学互信息算子选用与创新投入相对应的时间区间。

4. 大学和企业的研发投入。本文采用国际上通用的、用于比较科技人力投入的指标,即《中国科技统计年鉴》的  $R\&D$  人员全时当量,指  $R\&D$  全时人员(全年从事  $R\&D$  活动累计工作时间占

全部工作时间的90%及以上人员)工作量与非全时人员按实际工作时间折算的工作量之和。考虑到年鉴中的企业存在“规模以上”和“大中型”两种不同的统计口径,本文的创新投入选择2005—2010年的数据,创新产出选用2009—2014年的数据。

5. 其他控制变量。本文选用每万人普通高等学校本专科在校生作为各地区大学人才供应的控制变量。各变量定义见表1,各变量的描述性统计结果见表2。

表1 变量定义

	变量	符号	单位	定义
被解释变量	创新	<i>Inno</i>	项	各地区发明专利授权数
解释变量	国际化水平	<i>InSI</i>	1	各地区各类型大学国际化去量纲加总
	国际化能力	<i>Int</i>	次	各地区大学主办国际会议次数
	“走出去”国际化	<i>Inabro</i>	人	各地区大学合作研究派遣人数
	“引进来”国际化	<i>Inrecept</i>	人	各地区大学合作研究接受人数
	“面对面”国际化	<i>Intac</i>	人	各地区大学合作研究、参加国际会议人次
	“编码”国际化	<i>Inexp</i>	篇	各地区大学交流论文和特邀报告篇数
	门槛变量	三螺旋算子	$T_{wg}$	Mbit
控制变量	企业研发投入	<i>Rdi</i>	人	各地区规模以上企业研发人员全时当量
	大学研发投入	<i>Rdu</i>	人	各地区高等学校研发人员全时当量
	大学人才供应	<i>Stu</i>	1	普通高等学校本专科人数与年末人数比

表2 变量的描述性统计

	变量符号	个数	均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	<i>Inno</i>	180	3 729.12	5 062.27	35	23 237
解释变量	<i>InSI</i>	180	0.43	0.45	0.01	2
	<i>Int</i>	180	65.19	79.10	0.00	430
	<i>Inabro</i>	180	961.41	875.38	23	4 807
	<i>Inrecept</i>	180	944.86	923.04	6	5 837
	<i>Intac</i>	180	8 385.93	5 759.87	94	32 805
	<i>Inexp</i>	180	2 667.42	2 991.33	21	16 307
	门槛变量	$T_{wg}$	180	-142.88	56.24	-276.96
控制变量	<i>Rdi</i>	180	31 679.49	39 198.35	85	258 943
	<i>Rdu</i>	180	8 628.60	6 080.85	262	30 059.50
	<i>Stu</i>	180	154.42	64.81	55.43	367.86

#### 四、实证分析与计量检验

(一)区域创新合作环境的统计描述。本文以官、产、学三螺旋算子来判断各地区协同创新环境的优劣。协合度算法是取冗余测度,协合度的正负揭示的是市场化和区域化动力学意义。即负值指向区域化,正值指向市场化。当用 $T$ 值测量时, $T$ 的负值越大,区域化的 $U$ 、 $I$ 、 $G$ 两两相互作用越强; $T$ 的正值越大,则表示市场化程度越高( $T$ 为正值时,则表明 $U$ 、 $I$ 、 $G$ 独立性高,两两相互作用较弱,但三者协合作用较强)。通过测算中国30个省域的官、产、学协同创新合作的三螺旋算子,结果发现,中国这30个地区的三螺旋协合度均为负值,说明我国官产学研创新合作环境整体上指向区域化,即官、产、学主体之间三方合作水平较低,两两合作较多,区域创新合作环境的市场化程度不高。

从图2可以发现,左侧 $T_{wg}$ 负值较大的地区表明该地区的大学、产业和政府之间两两协合

较多,如青海、山西、宁夏、新疆等地区,其科研体系比较区域化;而在右侧, *Tuig* 负值较小,表明该地区大学、产业和政府的三方协合水平较高,且科研体系更加开放或市场化,如湖北、重庆、北京、上海等地区。2010年,区域创新环境的协合程度最小的是青海,为-276.96;最大的是湖北,为-76.10,前者是后者的近4倍。这说明,各地区的创新合作环境差异较大,应进一步划分发展阶段进行具体分析。图2对2005—2010年的 *Tuig* 值进行比较,结果发现,有16个地区的科研体系市场化程度提高,其中海南和内蒙古的创新合作环境市场化程度提高幅度较大,在这些地区,大学、产业和政府三方协合有所增加,区域创新环境更加开放;而另外14个地区的科研体系则更趋于区域化,其中青海、河北和广西的创新环境区域化程度提高幅度较大,在这些地区,大学、产业和政府两两协合增多,区域创新环境趋于孤立。

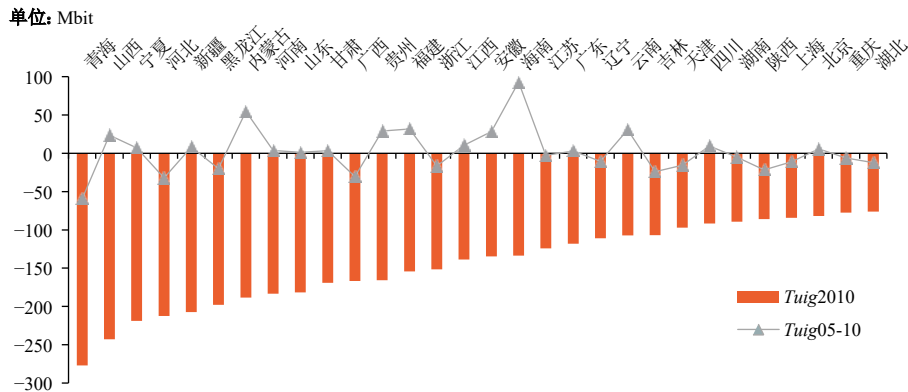


图2 2010年全国各省三螺旋算子 (*Tuig*) 及变化情况

注: *Tuig*2010是以互信息衡量的2010年全国各省三螺旋算子值, *Tuig*05-10是2005年至2010年三螺旋算子的变化量,数学表达式为:  $Tuig05-10 = Tuig2010 - Tuig2005$ 。

(二)大学国际化对区域创新能力的综合影响估计。在上文对区域官、产、学三者合作关系的互信息值的统计分析中,三维互信息值的高低代表不同的官、产、学合作模式。一种是官、产、学三者合作紧密,区域科研体系更加开放和市场化;另一种是官、产、学两两合作较多,区域科研创新体系更加区域化。在两种不同的合作模式下,以及在不同的区域创新协合程度下,大学国际化对区域创新能力的影响效果也会有所不同。因此,本文以官、产、学三螺旋算子为门槛变量分别对大学国际化水平和大学国际化能力进行门槛效应检验。为了确定门槛数量,依次对2个模型在单门槛和双门槛的假设下进行门槛的自抽样检验,通过 *Bootstrap*方法和 *F* 值来判断相应模型的门槛数量和门槛估计值(表3)。在考察以国际化水平为解释变量时,单一门槛检验得到单门槛  $\tau_{1,1}$  的门槛值为-189.0808, *F* 值为35.29, *P* 值为0,即通过检验;而双门槛的第一个门槛值  $\tau_{2,1}$  为-189.0808,第二个门槛值  $\tau_{2,2}$  为-135.5447,双门槛检验的 *F* 值为12.42, *P* 值为0.30,即没有通过检验。在考察以大学国际化能力为解释变量时,由于代理变量为举办国际会议的次数,部分地区次数为0,无法进行门槛检验。因此,本文采取单门槛模型进行估计,门槛值为-189.0808。

表3 门槛估计值

门槛变量	门槛数量		门槛大小	样本最小值	样本最大值	<i>F</i>	<i>P</i>
按国际化水平划分	单门槛	$\tau_{1,1}$	-189.0808	-191.2201	-187.2220	35.29	0.0000
	双门槛	$\tau_{2,1}$	-189.0808	-190.6374	-188.3821	12.42	0.3000
		$\tau_{2,2}$	-135.5447	-139.5749	-135.0066		

注: 因有的地区举办国际会议的次数为0,导致面板数据非平衡,因此,按国际化能力划分不能进行门槛检验。下表同。



在表 4 中,模型(1)至(3)是以大学国际化水平为解释变量的单门槛模型估计。根据大学国际化影响创新模型(公式 10),本文首先对包含大学研发投入、大学国际化水平、企业研发投入、大学人才供应和代表官、产、学合作程度的三螺旋算子等控制变量的单一门槛模型进行检验(见模型 1)。结果发现,只有在  $Tuig$  大于门槛值的一侧,大学国际化水平对区域创新的弹性系数为正值,并在 5% 的统计水平上显著;而在低于门槛值的一侧,大学国际化水平对区域创新的影响弹性不显著。在模型(2)中,删掉了不显著的控制变量  $\ln(Tuig)$  后,重新进行单门槛估计,结果发现,在  $Tuig$  大于门槛值的一侧,大学国际化水平对区域创新的影响弹性系数仍保持在 5% 的显著性水平上显著,但系数值略有提高,而且模型(2)的  $R^2$  值也有所提高;考虑到在模型设定中,大学国际化主要是通过大学研发投入影响区域创新能力的,而作为控制变量的大学人才供应在估计中显示了较强的显著性,影响了模型对大学国际化水平的估计结果。因此,模型(3)删掉这一控制变量后再进行门槛模型估计。结果发现,大学国际化水平变量对区域创新能力的影响在门槛值的两侧分别在 5% 和 1% 的统计水平上显著。而且,在大于门槛值一侧的大学国际化水平的影响弹性系数接近另一侧的 2 倍。模型(3)的  $R^2$  值也有较大幅度的提高。可见,大学国际化水平对区域创新能力具有较强的影响。

表 4 大学国际化对区域创新能力的影响

变量	大学国际化水平 $InSI$			大学国际化能力 $Int$	
	(1)	(2)	(3)	(4) $Tuig < \tau_{1,1}$	(5) $Tuig > \tau_{1,1}$
$\ln(Rdu)$	0.476 (2.85)***	0.479 (2.88)***	1.435 (6.92)***	1.639 (4.44)***	0.807 (2.14)**
$\ln(Rdu) \times Int$				0.0003331 (3.01)***	-0.0001313 (-2.04)**
$\ln(Rdi)$	0.271 (3.70)***	0.273 (3.73)***	0.738 (8.35)***	0.555 (1.25)	1.053 (6.10)***
$\ln(Stu)$	2.323 (12.1)***	2.317 (12.2)***			
$\ln(Tuig)$	0.078 (0.40)				
$\ln(InSI)$	0.0064508	0.0026678	0.1923126		
$(Tuig < \tau_{1,1})$	(0.10)	(0.04)	(2.23)**		
$\ln(InSI)$	0.1533504	0.1541569	0.3524981		
$(Tuig > \tau_{1,1})$	(2.42)**	(2.44)**	(4.08)***		
模型	单门槛	单门槛	单门槛	FE	FE
$R^2$	0.7224	0.7240	0.7975	0.7205	0.6838
F 值	29.24	35.29	18.87	59.74	32.74
Obs	180	180	180	40	140

由于大学国际化能力的代理变量存在 0 值的情况,无法继续使用门槛模型进行估计。因此,在估计中采用模型(3)的结构,同时增加以大学国际化能力与大学研发投入的对数值的乘积项作为判断大学国际化能力影响区域创新能力的估计项。通过 Hausman 检验发现,应采取固定效应模型进行估计,而双固定效应模型的估计值不能通过显著性检验。考虑到区域创新环境的差异性,模型(4)和(5)对门槛值的两侧样本分别进行估计。结果发现,在门槛值的左侧,也就是官、产、学两两合作较多的一侧,大学国际化能力对区域创新能力的对数有正的影响,且结果显著,而在门槛值的右侧,也就是官、产、学三者合作较为密切的一侧,大学国际化能力对区域创新能力的对数有负的影响。

门槛模型的回归结果显示,在以大学国际化水平为解释变量的估计中,当三螺旋算子小于门槛变量时,即官、产、学三者合作不密切,而两者合作比较密切的地区,大学国际化水平对区域

创新能力的影响较小,弹性系数约为 19.23%;当三螺旋算子大于门槛变量时,即官、产、学三者合作较为密切的地区,大学国际化水平对区域创新能力的影响相对较大,弹性系数约为 35.25%。而在以大学国际化能力为解释变量的估计中,在官、产、学两者合作紧密而三者合作松散的地区,大学国际化能力对区域创新能力有正向影响;而三者合作较为密切的地区,大学国际化能力对区域创新的影响反而为负。其可能的解释是:一方面,一些国际性学术会议是由各省轮流主办,使得大学国际化能力的衡量可能存在偏误;另一方面,国际学术会议的主办次数只反映了当地大学具有开展国际性学术合作的设施条件和经验能力,而不能完全反映大学在国际交往中的频繁程度。这更能说明大学国际化作用于区域创新的机制是源于频繁国际交流中的知识学习和传播,而不是各地特有的国际交往能力。总之,官、产、学三者合作相对紧密的地区,大学国际化水平对区域创新能力的影响较大,而官、产、学两者合作比较密切地区的创新能力则受大学国际化能力的影响较大。这是因为三螺旋创新理论中的大学、企业和政府三个创新主体的相互作用并非无界限的,三螺旋创新是三个机构在保持独立地位和身分的前提下进行人员、信息和产品等要素交流形成的创新环境,如果某个机构范围不能保持相对独立性,将失去自己的本质特征,也将削弱创新主体的创新贡献。

(三)不同类型的大学国际化对区域创新能力的影响。本文选用的大学国际化代理变量是以《高等学校科技统计资料汇编》中的各地区国际科技交流中的合作研究的派遣和接受人次,以及国际学术会议的出席人员次数、交流论文篇数、特邀报告篇数和主办次数的数据作为大学国际化的重要指标。本文进一步把各地区大学国际化程度分为两类:一是按照国际化去向划分的“走出去”、“引进来”的大学国际化,二是按照国际化交流类型划分的“面对面”、“编码”的大学国际化。本文进一步考察不同类型的大学国际化对区域创新能力的影响。

1. “走出去”和“引进来”的大学国际化模型估计。表 5 是按照国际化去向划分的“走出去”和“引进来”的大学国际化模型回归结果。其中,模型(6)是包含所有控制变量的估计模型;模型(7)和(8)分别剔除三螺旋算子和大学人才供应变量的固定效应估计模型;模型(9)和(10)则分别是以  $\tau_{1,t}$  为门槛值划分的两个样本组的估计结果。由模型(6)至(8)可见,“走出去”和“引进来”的大学国际化的系数均显著为正,表明“走出去”和“引进来”的大学国际化对区域创新能力都有正向的影响。从两种类型的国际化变量的系数比值看,在模型(6)和(7)中,“引进来”的大学国际化对区域创新能力的影响系数是“走出去”的大学国际化的 3 倍。模型(8)中,“引进来”的大学国际化对区域创新能力的影响系数是“走出去”的大学国际化的 1.08 倍。说明当前“引进来”的大学国际化对区域创新能力的影响更大。从模型的解释系数看,模型(8)的  $R^2$  值 0.8144 远高于模型(6)和(7),说明 1.08 倍的影响系数较为可信。

表 5 “走出去”和“引进来”的大学国际化的模型参数估计

	(6)	(7)	(8)	(9) $Tuig < \tau_{1,t}$	(10) $Tuig > \tau_{1,t}$
$\ln(Rdu)$	0.178 (0.96)	0.160 (0.81)	1.172 (6.07)***	1.637 (3.71)***	0.701 (2.43)**
$\ln(Rdu) \times Inabro$	$5.78e^{-06}$ (2.02) **	$5.96e^{-06}$ (2.00) **	0.0000129 (3.30)***	$6.66e^{-07}$ (0.01)	0.0000109 (2.22)**
$\ln(Rdu) \times Inrecept$	0.0000176 (4.89) ***	0.0000183 (4.82) ***	0.0000139 (2.12) **	0.0000546 (0.82)	0.0000115 (2.00) **
$\ln(Rdi)$	0.16062 (1.10)	0.16059 (1.00)	0.607 (2.76)***	0.509 (1.59)	0.912 (7.93)***
$\ln(Stu)$	2.413 (8.15)***	2.389 (7.97)***			
$\ln(Tuig)$	0.890 (1.14)				
$R^2$	0.6426	0.6527	0.8144	0.7304	0.7654
F 值	97.53	116.00	70.23	6.56	76.24
obs	180	180	180	40	140

把样本按照三螺旋门槛划分为两组进行估计,结果发现,在门槛值的右侧,三螺旋算子较大,官、产、学三个创新主体合作程度相对较高,其大学研发投入和企业研发投入对区域创新能力的影 响皆显著为正,“走出去”和“引进来”的大学国际化对区域创新能力有正向影响且作用显著,“引进来”的大学国际化对区域创新能力的影响系数是“走出去”的大学国际化的1.06倍。而在门槛值的左侧,三螺旋算子较小,官、产、学三个主体之间协作较为松散,区域创新能力受大学研发投入的影响较大,且具有1%的统计显著性,而大学国际化和企业研发投入对区域创新能力的影响为正但不显著。这表明,在不同的创新协作环境下,创新主体对创新的贡献程度不同,官、产、学合作紧密的地区具有良性的创新环境,知识可以有效地从大学中来、传递到企业中并应用到创新中去;而官、产、学三者合作较松散的地区,三者没有形成信任、重复和互动的长期关系,企业接受新知识并转化为技术成果的能力较弱,区域创新能力的提高取决于大学的研发投入水平。在创新环境较好的地区,创新主体对新知识的传播和吸收的能力更强,低成本的“引进来”可以增加本国参与国际交流的受众数量,从而更大程度地促进区域创新;而在创新环境较差的地区,创新主体对新知识的吸收和转化的能力较弱,大学国际化对区域创新能力的影响不显著。

2. “面对面”和“编码”的大学国际化模型估计。表6是按照国际化交流类型划分的“面对面”和“编码”的大学国际化模型回归结果。其中,(11)、(12)、(13)是依次删除三螺旋算子和大学人才供应变量的固定效应面板模型。(14)和(15)是以 $\tau_{1,t}$ 为门槛值分组的估计结果。整体上,大学国际化程度的系数显著为正,表明“面对面”和“编码”形式的国际化对区域创新能力有正向影响。从系数比较来看,模型(11)和(12)中,“编码”形式的大学国际化对区域创新能力的影响系数是“面对面”形式国际化的近3倍;而在模型(13)中,“编码”形式的大学国际化对区域创新能力的影响系数是“面对面”形式国际化的近1.23倍。而且,模型(13)的解释能力远远高于模型(11)和(12),大学研发投入和企业研发投入变量在模型(13)中变得显著,与客观事实比较吻合。因此,模型(13)更适合对这两种形式的国际化进行估计。

表6 “面对面”和“编码”的大学国际化的模型参数估计

	(11)	(12)	(13)	(14) $Tuig < \tau_{1,t}$	(15) $Tuig > \tau_{1,t}$
$\ln(Rdu)$	0.203 (1.08)	0.189 (0.95)	1.234 (6.54)***	1.595 (3.83)***	0.825 (2.87)***
$\ln(Rdu) \times Intac$	$2.46e^{-06}$ (2.33)**	$2.44e^{-06}$ (2.27)**	$3.47e^{-06}$ (2.41)**	0.0000218(1.17)	$2.72e^{-06}$ (2.02)**
$\ln(Rdu) \times Inexp$	$6.91e^{-06}$ (3.00)***	$7.30e^{-06}$ (3.02)***	$4.27e^{-06}$ (1.63)	0.0000134(0.30)	$3.08e^{-06}$ (1.09)
$\ln(Rdi)$	0.076 (0.62)	0.731 (0.53)	0.560 (2.55)**	0.438 (1.39)	0.848 (6.89)***
$\ln(Stu)$	2.472 (9.68)***	2.456 (9.42)***			
$\ln(Tuig)$	0.242 (1.03)				
$R^2$	0.6165	0.6220	0.8191	0.7482	0.7712
F值	87.30	99.60	59.87	7.19	74.78
obs	180	180	180	40	140

由模型(15)的结果可知,“编码”形式大学国际化的系数值要大于“面对面”形式的大学国际化对区域创新能力的影响,这说明创新合作环境较紧密的地区,更应该采取“编码”形式的大学国际化。因为大学国际化的“编码”形式可以通过对论文、报告的复印、出版及流通等增加对新知识的学习和获取的途径,更利于知识在更多受众、更多主体间的全方位、多形式的传播。而模型(14)的结果则呈现出相反的结果,即“面对面”的大学国际化变量系数明显高于“编码”形式的大学国际化对区域创新能力的影响。这说明,创新合作环境较松散的地区,更应该采取“面对面”形式的国际化,因为“面对面”形式的大学国际化可以增加创新个体之间的直接交流,有利于改进创新硬环境和软环境,进而提高区域创新能力。

在模型(14)和(15)中,创新合作环境较为紧密的地区,大学国际化、大学研发投入和企业研发投入对创新的影响显著为正,在区域创新合作环境较弱的地区,企业研发投入对区域创新能力的影 响没有通过显著性检验,这进一步表明企业与大学和政府之间的创新合作不紧密,需要进一步提升区域整体的创新合作环境。两种形式的国际化变量仅在模型(15)中的“面对面”形式的大学国际化的系数在 5% 的水平上显著,其他大学国际化变量系数均没有通过  $t$  值检验,一个可能的解释是:本文用国际学术会议的交流论文数和特邀报告数作为编码知识的代理变量可能低估了编码知识的传播,因为在互联网的背景下,国际性的编码知识较隐性知识更容易获取,即使足不出户或者不认识国外研究者本人,也可以通过论文和书籍等学习,而面对面形式的国际化交流成本高,主要表现在参与合作研究和国际会议上,因此用此代理变量分析“面对面”的国际化与创新的关系也更为显著。

## 五、结 论

随着大学的不断发展,大学的功能也在不断地拓展和延伸,除了人才培养、科学研究、服务社会外,越来越多的人认识并认同国际交流与合作,特别是在争创“双一流大学”时,各地区都把大学国际化作为带动区域发展的一项重要工作。本文依据官、产、学三者合作关系即三螺旋创新合作环境对不同地区进行划分,研究全国省域层面和分区域的不同大学国际化类型和国际化程度对区域创新能力的影响。得出以下结论:第一,目前我国的三螺旋创新合作环境发展还不充分,官、产、学创新合作环境整体指向区域化,即官、产、学主体之间的三方合作较少,两两合作较多,区域创新合作环境的市场化程度不高。第二,大学国际化水平变量对区域创新能力的影响在门槛值的两侧具有明显的差异。在门槛值左侧的官、产、学三者合作不密切,区域创新合作环境趋于区域化的地区,大学国际化水平对区域创新能力的影响较小,弹性系数约为 19.23%;在门槛值的右侧,大学国际化水平对区域创新能力的影响相对较大,弹性系数约为 35.25%。在门槛值的右侧,大学国际化水平对区域创新能力的影响较大,而在门槛值的左侧,区域创新能力则受大学国际化能力的影响较大。第三,“引进来”形式的大学国际化对区域创新能力的影响大于“走出去”形式的大学国际化。在诸如北京、上海、湖北和重庆等官、产、学三者合作紧密的地区,两种形式的大学国际化都对区域创新能力有显著影响;而在官、产、学三者合作松散的地区,区域创新能力的提高取决于大学的研发投入水平,大学国际化对区域创新能力的影响不显著。第四,“面对面”和“编码”形式的国际化对区域创新能力有正向影响。创新合作环境较好的地区,更应采取“编码”形式的大学国际化;创新合作环境较差的地区,则应采取“面对面”形式的国际化。

根据以上结论提出以下政策建议:第一,目前国内区域创新网络整体上指向区域化,离完善的三螺旋创新网络还有很大的发展空间,应加强诸如人员循环、信息循环和创造技术并在技术转移中获利的输出循环,使官、产、学三个创新主体不断混合循环、互利互惠,形成更有利于技术发明和产品孵化的区域型创新网络。第二,大学是区域创新网络的重要主体,尤其是在创新合作环境差的地区,大学对区域创新能力的提升有较大影响。而大学国际化是促进区域创新能力提升的重要形式,各地区应根据当地创新合作环境和三螺旋创新所处的阶段,合理分配财政资源,适时推动大学国际化发展。第三,在创新合作紧密的地区,“引进来”和“走出去”的大学国际化形式都很重要,同时应积极推动“编码”形式的大学国际化发展;而在创新合作松散的地区,大学研发投入对区域创新能力影响较大,应加大对大学的研发投入。更需要通过“引进来”的形式参与学习、培训和交流,积极采取“面对面”形式的大学国际化,以提升当地区域创新能力。

### 主要参考文献:

- [1] 金炬,马峥,梁战平. 从中美合著论文状况看中 美科技合作[J]. 科学学与科学技术管理,2007,(5): 41-47.

- [2] 拉杰什·纳如拉. 全球化与技术[M]. 冷民, 何希志译. 北京: 知识产权出版社, 2011.
- [3] 李盛兵. 大学国际化评价指标体系初探[J]. 华南师范大学学报(社会科学版), 2005, (6): 113-116.
- [4] 路甬祥. 对国家创新体系的再思考[J]. 求是, 2002, (20): 6-8.
- [5] 邱延峻. 大学国际化的发展模式、演进历程与历史经验[J]. 西南交通大学学报(社会科学版), 2010, (2): 1-7.
- [6] 苏敬勤, 刘建华, 姜照华. 国家创新体系国际化的模型与测算: 中美比较[M]. 北京: 科学出版社, 2014.
- [7] 王纬超, 武夷山, 潘云涛. 中国高校合作强度及官产学研合作的量化研究[J]. 科学学研究, 2013, (9): 1304-1312.
- [8] 许侃, 聂鸣. 互信息视角下的大学—产业—政府三螺旋关系: 中韩比较研究[J]. 情报杂志, 2013, (4): 187-193.
- [9] 叶鹰, 鲁特·莱兹多夫, 武夷山. 三螺旋模型及其量化分析方法研讨[J]. 中国软科学, 2014, (11): 131-139.
- [10] 赵彦云, 刘思明. 中国专利对经济增长方式影响的实证研究: 1988-2008年[J]. 数量经济技术经济研究, 2011, (4): 34-48.
- [11] 张玉华, 潘云涛, 马峥. 科技论文评估方法研究[J]. 编辑学报, 2004, (4): 243-244.
- [12] Carlsson B. Internationalization of innovation systems: A survey of the literature[J]. Research Policy, 2006, 35(1): 56-67.
- [13] Cooke P. Regional innovation systems: An evolutionary approach[A]. Cooke P, Heidenreich M, Braczyk H. Regional innovation systems[C]. London: Routledge, 2004.
- [14] Ensley M D, Pearson A W, Amason A C. Understanding the dynamics of new venture top management teams: Cohesion, conflict, and new venture performance[J]. Journal of Business Venturing, 2002, 17(4): 365-386.
- [15] Etzkowitz H, Leydesdorff L. The triple helix—university-industry-government relations: A laboratory for knowledge-based economic development[J]. EASST Review, 1995, 14(1): 14-19.
- [16] Etzkowitz H, Webster A, Gebhardt C, et al. The future of the university and the university of the future: Evolution of ivory tower to entrepreneurial paradigm[J]. Research Policy, 2000, 29(2): 313-330.
- [17] Fritsch M. Measuring the quality of regional innovation systems: A knowledge production function approach[J]. International Regional Science Review, 2002, 25(1): 86-101.
- [18] Grant R M. Multinationality and performance among British manufacturing companies[J]. Journal of International Business Studies, 1987, 18(3): 79-89.
- [19] Griliches Z. Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth[J]. Bell Journal of Economics, 1979, 10(1): 92-116.
- [20] Hansen B E. Threshold effects in non-dynamic panels: Estimation, testing, and inference[J]. Journal of Econometrics, 1999, 93(2): 345-368.
- [21] Jaffe A B. Real effects of academic research[J]. The American Economic Review, 1989, 79(5): 957-970.
- [22] Leydesdorff L. The measurement and evaluation of triple helix relation among university, industries, and governments[C]. Copenhagen, The fourth international triple helix conference, 2002.
- [23] OECD. Quality and internationalisation in higher education[M]. Paris: OECD, 1999.
- [24] Polanyi M. The tacit dimension[M]. London: Routledge and Kegan Paul, 1967.
- [25] Scherer F M. Firm size, market structure, opportunity, and the output of patented inventions[J]. The American Economic Review, 1965, 55(5): 1097-1125.
- [26] Shaked I. Are multinational corporations safer?[J]. Journal of International Business Studies, 1986, 17(1): 83-106.
- [27] Shannon C E. A mathematical theory of communication[J]. The Bell System Technical Journal, 1948, 27(3): 379-423.
- [28] Sullivan D. Measuring the degree of internationalization of a firm[J]. Journal of International Business Studies, 1994, 25(2): 325-342.
- [29] Vernon R. International investment and international trade in the product cycle[J]. The Quarterly Journal of Economics, 1966, 80(2): 190-207.
- [30] Von Hippel E. “Sticky information” and the locus of problem solving: Implications for innovation[J]. Management Science, 1994, 40(4): 429-439.
- [31] Youtie J, Shapira P. Building an innovation hub: A case study of the transformation of university roles in regional technological and economic development[J]. Research Policy, 2008, 37(8): 1188-1204.



## Has the Internationalization of Universities Improved Regional Innovation Capability?

Wang Yeqiang<sup>1</sup>, Zhu Chunxiao<sup>2</sup>, Xing Fei<sup>3</sup>

(1. *Institute for Urban and Environmental Studies, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100028, China;*

2. *Graduate School of Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 102488, China;*

3. *School of Mathematics, Shandong University, Ji'nan 250100, China)*

**Summary:** In the regional innovation system, government is the main part of institutional innovation, enterprise is the main part of technological innovation, and university is the main part of knowledge innovation. In other words, government is responsible for providing institutional support for effective innovation, enterprise is responsible for adapting to the market and applying R&D to business applications, and university is responsible for the production, spreading and transfer of knowledge. With the rapid economic globalization, international cooperation and cross-border alliances among each innovation entities have an increasing influence on regional innovation capability. Existing literature has done a lot of research on the internationalization of enterprises and innovation. However, university as an important part of social innovation system in the era of knowledge economy, the influence of its degree of internationalization on innovation capability is rarely researched. In theory, the internationalization of university is an international “learning-by-alliances”. On the one hand, it increases the international spread of codified knowledge through international textbooks, scientific research projects, and conference exhibitions. On the other hand, it increases the spread of tacit knowledge by increasing the international exchange of students and teachers. These all provide conditions for the production of new knowledge and the spreading of old knowledge in different groups and regions, which in turn will improve the regional innovation capability.

The paper makes a quantitative analysis on the internationalization of university and the regional innovation capability based on the triple-helical innovation model of government-enterprise-university. It is found that the innovation coordination environment for government-enterprise-university is generally regionalized and the level of cooperation is low. Both openness and marketization of the regional scientific research system are not high, and the overall regional innovation coordination is poor. In the close coordination regions, the regional innovation coordination is related well and the degree of university’s internationalization has great influence on the regional innovation capability. Furthermore, in the less close coordination regions, the ability of university’s internationalization has a relatively larger impact on regional innovation capability. On the whole, in the close coordination regions, the internationalization of university in the form of no matter “go abroad” “bring in” or “face to face” all have a significant positive impact on the innovation capability. Affected by variable selection, the impact from “codified” university’s internationalization is not significant. In the less close coordination regions, the R&D input from university is the main factor affecting regional innovation capability. In addition to this, it is necessary to adopt the internationalization of university in the form of “bring in” as well as “face to face” to promote local regional innovation capability.

**Key words:** internationalization of university; information entropy; mutual information; knowledge production function; threshold model

(责任编辑 石头)