

创新过程、创新环境及其跨层级交互 作用对创新的影响效应研究 ——基于知识生产函数的两阶层线性模型分析

周 密¹, 刘秉镰¹, 盛玉雪²

(1. 南开大学 经济与社会发展研究院, 天津 300071; 2. 南开大学 经济学院, 天津 300071)

摘 要:创新过程与创新环境具有阶层结构。文章构建了基于阶层结构的理论与实证模型,指出:(1)创新产出的增加既依赖于创新过程的科技投入、人才存量与增量以及企业所有制特征,又取决于创新环境中物质环境、制度环境与关系环境的匹配及良性发展,还依赖于创新环境与创新过程对创新产出的跨层级交互作用。(2)跨层级交互作用通过规模效应、极化效应与约束效应来影响创新产出。(3)各创新环境相互影响、交叉作用于创新产出,整体上优化了创新过程。(4)提升创新产出应实施结构化调整策略,由注重产业政策向产业政策与区域创新环境政策并重转变并加大政府在跨层级交互作用中的调节能力,对不同所有制企业同等对待。

关键词:创新环境;创新过程;跨层级交互作用;阶层线性模型

中图分类号:F062.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-9952(2013)03-0004-15

一、引言与文献回顾

自创新概念提出以来,对创新影响因素的研究一直是国内外理论研究的热点与焦点。一方面,明晰创新影响因素有助于国家层面、区域层面、产业层面以及企业层面竞争力的形成,从而为提升不同层面创新活动的绩效确立可遵循的路径;另一方面,只有解决“创新到底受哪些因素影响”这一关键命题,才能对不同特点的创新活动进行有效区分与差别对待。知识生产函数(knowledge production function)为创新影响因素研究提供了基本模型与框架,但是这一框架下创新影响因素研究局限在因素的变换与扩充上。这使联结

收稿日期:2012-11-02

基金项目:国家社会科学基金项目“中国跨越‘中等收入陷阱’的战略创新研究”(11CJL003);教育部人文社会科学项目“非均质后发大国中经济极化、区域互动与协调发展的路径选择研究”(11YJC790307)

作者简介:周 密(1980—),女,湖南岳阳人,南开大学经济与社会发展研究院讲师,经济学博士;
刘秉镰(1955—),男,天津人,南开大学经济与社会发展研究院教授,博士生导师;
盛玉雪(1987—),女,广西柳州人,南开大学经济学院博士生。

企业创新过程及其所处环境缺乏必要的纽带,也不能解决因不同影响因素之间数据结构的层次性而产生的内生性问题。因此,以实证的方式来发展技术创新影响因素关系理论(查尔斯·埃德奎斯特,2009)具有重要的理论与实践意义。

熊彼特的创新理论指出,作为资本主义“灵魂”的企业家才是决定技术创新成功与否的关键因素(熊彼特,1912)。内生增长理论强调知识资产和高技术人才池的规模对技术创新能力具有重要影响(Romer,1990)。国家创新系统理论强调国家政策环境如贸易政策、教育政策、国家制度等对创新具有较大影响(Nelson,1993)。总体来看,主流研究视角分为两种。

一种是以形成企业内生创新能力为主的创新过程观。创新过程观的研究重点在于影响技术创新的企业内在因素,认为企业内生力量在一定程度上决定了技术创新成功的可能性。这种内生力量来自企业技术资产与组织资产,这些要素的动态组合会引导企业实现“路径转换式”技术创新(雷宏振等,2011)。创新过程也会因企业规模、发展战略以及已有创新经历的不同而不同(基斯·帕维特,2009)。有关企业规模影响技术创新的研究指出,企业规模与R&D能力之间有着密切的单调正向关系,在大多数行业中它与从事R&D工作的人数成正比,或者与它在行业中的控制作用成正比(Cohen,1995)。对我国的实证研究显示,企业规模与创新投入强度之间呈现较明显的倒U形关系,存在门槛效应(张杰,2007)。安同良等(2006)发现行业、企业规模与所有制特征是影响中国制造业企业创新活动的主要因素。针对中国技术创新二次产出存在多样化差异的事实,张宗和和彭昌奇(2009)指出,R&D在技术创新主体之间和内部的配置以及创新主体内部制度性因素对技术创新绩效有重要影响。

另一种是以影响企业技术创新外在条件为主的创新环境观。Audretsch和Feldman(1996、2004)研究发现,知识投入与区域整体经济水平密切相关,并且在较大区域内更为显著。张杰等(2007)在控制了品牌、企业家背景、人力资本、行业与地区相关因素之后,对影响企业创新的环境因素——聚集效应和出口因素进行分析后指出,聚集效应对企业创新活动产生负面影响,出口因素与创新活动之间具有非线性变化关系而呈现俘获效应。张会云(2003)指出外部环境因素包括经济基础、技术基础、政府行为与政府政策。在区域创新系统理论的基础上考察企业、大学、科研机构、教育部门和政府所建立的创新网络关系对技术创新的影响成为研究热点。郭国峰等(2007)运用面板数据建立固定效应变截距知识生产函数模型,对中国中部六省技术创新能力及其影响因素进行了分析,结果发现科研机构、企业对中部地区科技进步具有显著的正向促进作用,大学则不但没有贡献,反而负向作用十分明显。李习保(2007)指出创新参与者、产业集群、地方财政对科技的支持以及对外开放度构成了地区特有的创新氛围和环境,而创新环境决定创新活动的产出效率。

上述研究主要是以 Griliches(1979)和 Jaffe(1989)的知识生产函数为基础模型进行多元回归分析,不断增加自变量或优化因变量选择。虽然无法在一个模型中穷尽影响技术创新的所有因素,但是不同的学者基于不同的研究视角和统计资料获得了具有启示性的结论。而这些研究也存在一定的局限:第一,在对创新环境的研究中,现有文献从外部因素与创新相联系的主体要素(创新的机构和组织)、非主体要素(创新所需的物质条件)以及协调各要素之间关系的制度和政策网络等多种角度分别进行研究,但并没有对环境因素进行系统分类。第二,创新过程观与创新环境观之间没有建立联系与通道,使创新的过程研究与环境研究之间很难对接,也无法形成内外统一的分析框架。即使有少量研究试图综合考虑创新过程与创新环境的关系,但这些分析总体上将所有影响技术创新的因素视为同一层次的自变量,并不断增加更具有解释力的自变量。这一导向使技术创新影响因素研究长期停留在自变量的数量扩展与指标优化上,很少考虑不同自变量的结构性与层次性。这很难从根本上解决当创新过程因素与创新环境因素放在同一层次时的组内相关问题。本文的一个重要工作就是对不同层次的数据进行划分,考察由不同层次数据之间的跨层级交互关系所形成的创新影响。

二、阶层结构下创新过程与创新环境影响创新的理论分析

(一)阶层结构关系的特点。阶层数据结构(Hierarchical Data Structure)是由较低层次的数据嵌套在较高层次的数据之内组成的,不同数据之间的有向关系是层次关系(Kreft 和 Leeuw, 2007)。层级关系中的一方是处于较高层级的控制者,即宏观层次(Macro Level),也可称为总体层次;另一方是处于较低层次的被控制者,即微观层次(Micro Level),也可称为个体层次。^①从创新过程与创新环境看,由于创新的微观主体企业总是嵌套于特定区域或特定时期的创新环境中,它们形成特定时期的环境嵌入式发展(Lundvall, 1992)。因此,从影响技术创新的变量结构看,过程变量与环境变量形成相互内属和嵌套的两个层次,具有阶层结构数据的一般特征。这意味着解释效果可能来自两个不同的层次,此时,传统的单层次模型无法准确处理多层次数据结构。在一般的多元回归分析中,不同因素同时影响创新,如图 1 中 a 所示,却无法考虑因素间的相互作用。在阶层结构下,不同因素对创新的影响分解为三个不同层次,如图 2 所示, a 为创新过程对创新的独立影响, b 为创新环境作用于创新过程的跨层级交互影响。在阶层结构中,总体变量与个体变量之间的交互作用被称为跨层级交互作用(Cross-level Interaction)。这种作用是因总体变量与个体变量之间的内属嵌套关系而使总体变量通过不同的形式作用于个体变量,从而对个体变量产生不同的影响效果。 c 为创新环境对创新产出的独立影响。

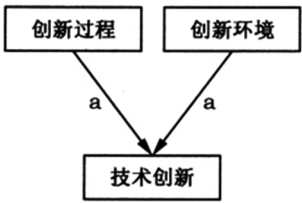


图 1 多元回归分析中
影响因素的关系

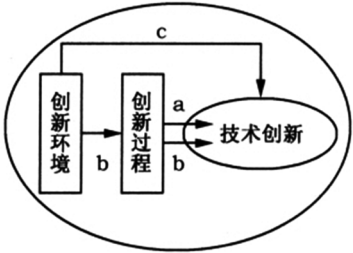


图 2 阶层结构下影响
因素的关系

(二)阶层结构下创新过程与创新环境影响技术创新的内在机理。

1. 假定技术创新的影响因素由 (N,A) 表示,其中 $N=\{1,2,\cdots,n\}$ 表示技术创新中不同的因素束, $A\subseteq\{(i,j)|i,j\in N;i\neq j\}$ 表示不同层次因素之间的层级关系, i 是总体层次, j 是个体层次。

2. 不同因素的相互影响产生于总体层次作用于个体层次的具体路径存在差异,设存在路径 $S=\{i_1,e_1,i_2,\cdots,i_{k-1},e_{k-1},i_k\}(k\geq 2)$,如果 $i_1=i,i_k=j$,则该路径是总体层次作用于个体层次的路径。

3. 为了简化分析,假定总体层次与个体层次的跨层级交互效应有多种形式,这些形式可以被称为中间转换环节,据此,定义 1 为创新环境层,2 为中间转换层,^②3 为创新过程层。

4. 当技术创新按照创新环境层—中间转换层—创新过程层的方向发展时,说明该类创新影响因素的作用方向是创新环境通过多种方式作用于创新过程,设 $S=\{(1,2),(2,3)\}$ 。

5. 关于阶层结构关系的集合为 E 。设收益函数为 $R(E)\in R,R(S\{(1,2),(2,3)\})=a$,否则为 0。

6. 在 S 中直接相连的元素集合或者没有其他元素与其相连的独立元素的集合称为 N 在 S 中的组分(groups)或脉络(contexts)。阶层结构总体层次与个体层次的内在关系具有组分可加性, $\sum C\subseteq N|SR(S(C))=R(E)$,即相连组分内部的主体之间具有合作收益,但组分之间的收益是简单相加而不存在合作收益。以控制技术类型的三个变量来表示分配函数的收益 $Y(N,S,R)$,其中:

$$Y(N,S,R)=Y(Y_1,Y_2,Y_3)=(Y_1(N,S,R),Y_2(N,S,R),Y_3(N,S,R))$$

该函数具有两个重要的约束条件:

(1)组分效率性质: $\sum_i\in CY_i(N,S,R)=R(S(C))$

(2)层级收益性质: $Y_i(N,S,R)-Y_i(N,S|\{i,j\},R)=\chi[Y_j(N,S,R)-Y_j(N,S|\{i,j\},R)]$,其中 χ 为层级收益指数。

斯里克等人指出,阶层结构模型中存在唯一的具有组分效率和层级收益

性质的分配函数,它就是层级值。

$$S \text{ 的层级值为: } \left[\left(\frac{\chi^2}{1+\chi+\chi^2} \right)^a, \left(\frac{\chi}{1+\chi+\chi^2} \right)^a, \left(\frac{1}{1+\chi+\chi^2} \right)^a \right]$$

上述层级值的决定因素有两个:一是层级收益指数 χ 。这个指数反映的是层级关系收益性质要求。在技术创新影响因素研究中,这个层级收益值反映的是环境层次边际收益是过程层次边际收益的某一常数倍,在经济学意义上,这种边际收益差距是跨层级交互作用形成的内在原因。正是由于层级收益指数的差异会形成中间转换层的多样性,如环境中的财政与金融政策刺激并引导企业 R&D 投入等,因此,形成的作用路径有所不同。二是收益函数的差异。收益函数能够反映创新过程与创新环境最终作用于技术创新的整体情况,即对创新产出的影响=创新过程的影响+创新环境的影响+跨层级交互影响。这能从总体上反映考虑阶层结构关系与不考虑阶层结构关系时,创新影响因素之间的差异。

可见,在阶层结构下创新环境与创新过程的关系主要由两个因素决定:一个是环境层次到底在多大程度上影响过程层次,即由内在嵌套关系所形成的控制力的强度,这正是跨层级交互作用的影响;另一个是环境层次与过程层次作为整体对技术创新的影响,即不同层次变量整体上对技术创新绩效的影响效果,这反映出考虑阶层结构与不考虑阶层结构的影响差异,也是需要利用阶层结构区分层次性的原因所在。

三、创新过程、创新环境及其跨层级交互作用影响创新的实证分析

(一)阶层线性模型的变量及数据说明。技术创新影响因素中创新环境与创新过程的内在嵌套关系具有异质性,为避免内生性,应将这两类因素分类处理。本文以知识生产函数为基础构建两阶层线性模型(Two-Level Hierarchal Liner Model,简称 HLM2)以解决内生性问题。

1. 变量设计与说明。因变量为授权专利数(PATENT),用各地区专利申请授权量(项)反映。

在第一层次中,反映创新过程的自变量包括四个,分别是:(1)科研经费(RDFUND),用 R&D 经费(亿元)表示。R&D 经费主要用于科学技术领域的创造性活动,包括基础研究、应用研究与试验发展三类。(2)人力资本,用两个指标反映。一是用 R&D 人员全时当量(万人年)表示的科研人员投入(RDPERS)。这能够在一定程度上反映人力资本的增量情况。二是用预算内教育经费(EDUFUN,含城市教育费附加,亿元)表示的人力资本存量情况。(3)企业所有制特征,用私营工业比重(PRIVSN),即私营企业工业产值/国有及国有控股企业工业产值表示。所有制在一定程度上决定合理激励结构的产

生,并确保创新者能够获利,有助于促进主体的创新行为。

在第二层次中,创新环境的不同形式可能同时发生作用,并融合交错在一起。这种环境既包括影响创新的生产性活动,还包括影响创新的社会条件,如社会关系与制度等(Lazonick,2002)。基于此,本文将环境划分为反映生产性活动的物质环境以及反映社会条件的制度环境与关系环境。

第一类是反映物质环境的 GDP 指标。这里的 GDP 指标反映的是生产性活动的物质经济水平。

第二类是反映关系环境的极化度指标(ERINDEX)。极化度作为反映社会分化的一个重要指标正是关系环境的重要体现。

第三类是反映制度环境的投资非国有化率(PINOTNAT),用 $[1-(\text{按注册类型分的城镇固定资产投资(国有经济)}/\text{城镇固定资产投资额})]$ 表示。这一指标在一定程度上反映了我国市场化制度的基本特征。而中国这样一个追赶型后发大国正是充分利用了市场化环境(樊纲,2009)。^③

上述变量设计见图 3。

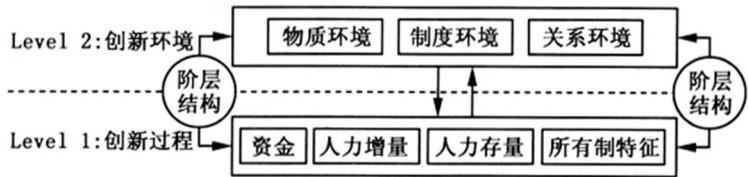


图 3 两阶层线性模型中主要变量

2. 数据测度与选择。

(1)极化度的测算。经济极化是指经济呈现一种“中间阶层消失”或“向两极聚集”的现象,反映经济社会关系的分化程度。经济极化并不同于非均衡。非均衡强调样本偏离全局均值的分布情况;极化则强调特定区域成员围绕样本局部均值呈聚类式分布,同一类成员具有非常相似的特征,不同区域的成员具有不同的特征。由于特定区域的技术创新必然受特定区域特征影响,当不同区域的成员具有显著不同的特征时,对创新的影响将呈现差异,因此,这也成为影响技术创新的重要外部环境特征。

在量化我国极化度的研究中,比较有代表性的有:欧向军和顾朝林(2004)利用 Kanbur-Zhang 指数测度江苏省的空间极化现象,认为江苏省在空间上表现为城乡极化和南北极化。郭腾云(2005)利用 Estebn-Ray 指数、Wolfson 指数和 Tsui-Wang 指数分别计算了 1952—2003 年间我国经济空间极化的变化趋势,指出中国区域极化总体上随时间推移呈现不对称的周期性上升与下降运动。赵映慧等(2010)运用 Kanbur-Zhang 指数对 1990 年以来东北地区三大城市群极化情况进行总体分析,指出东北三大城市群与东北其他城市

之间的极化度呈增大趋势。本文选取 Esteban-Ray 指数 (Esteban 和 Ray, 1994) (简称 ER 指数) 来计算极化度, 其基本思想是在一定的权数基础上, 通过变量间的不断循环比较, 内生确定比较的基准, 从而测度变量间的差异程度 (见式(1))。

$$f_{ER} = A \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_i^{1+\partial} p_j |X_i - X_j| \quad (1)$$

其中, X 取地区生产总值; p_i 、 p_j 分别为地区 i 、 j 的变量值在全国 (或所研究区域) 的权重; n 为样本数, 即区域总数, 本文选取的区域总数为 31 个; 参数 A 为标准

化系数, 定义 $A = 10/\mu$, 其中 μ 为研究区域按地区生产总值加权的经济变量均

值, $\mu = \sum_{i=1}^n p_i X_i$ 。 ∂ 为区间

(0, 1.6) 内的任意值, ∂ 值越接近 1.6, ER 指数与标准基尼系数的差异越明显, 而且越能体现区域极化趋势, 本文按一般惯例取 1.5。选用

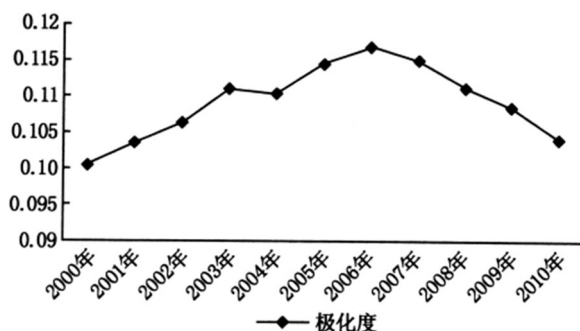


图 4 我国 2000—2010 年极化度

2000—2010 年的统计数据, 计算结果见图 4。

极化度反映的区域经济结构性布局将对创新产生重要影响。一方面, 对中国这样的后发大国, 由于国家内部区域和产业的多样性以及相互差异, 国家层面的创新分析可能并不适用, 区域层面的创新分析则不能忽视; 另一方面, 区域非均质性使不同区域之间的差异成为协调发展的巨大障碍。图 4 反映出近十年来, 我国区域经济极化呈现倒 U 形发展态势, 区域经济差异由大变小。这说明创新环境中, 由极化度反映的社会关系分化与差异正在逐步减弱。

(2) 数据的选择与来源。本文所选用的样本组数满足 Bryk 和 Baudenbush (1992) 以及 Hofmann (1997) 对 HLM 的样本大小的认识要求, 第一层与第二层的变量涉及 31 个省市、2000—2010 年, 共 341 组数据。为保证平稳性, 各变量均取对数形式。

数据来自中国主要科技指标数据库、国家统计局数据库、《中国统计年鉴 (2011)》、《2000—2011 年全国教育经费执行情况统计公告》。需要说明的是, 由于统计原因, 2010 年 R&D 人员全时当量数据 (未公布)、2000 年私营工业比重数据 (统计口径问题) 以及 2010 年预算内教育经费数据 (未公布) 缺失。以上所缺数据采用差值法取前后两年均值予以补全。本文采用最大似然法进行估计。

第一层与第二层变量的描述性统计见表 1 与表 2。

表 1 第一层变量描述性统计

变量	组数	中值	标准差	最小值	最大值
LNPATENT	341	7.89	1.60	1.95	11.84
LNRDFUND	341	3.58	1.66	−1.61	6.75
LNRDPERS	341	0.96	1.34	−3.91	3.56
LNPRIVSN	341	−1.28	1.14	−4.76	1.22
LNEDUFUN	341	4.86	0.94	2.03	6.92

表 2 第二层变量描述性统计

变量	组数	中值	标准差	最小值	最大值
GDP	11	213 465.08	103 231.35	99 214.55	401 202.03
ERINDEX	11	0.11	0.01	0.10	0.12
PINOTNAT	11	0.56	0.11	0.36	0.66

(二)实证结果分析。^④在具体模型的选用上,我们参照 Snijders 和 Bosker (1999)提出的经验法则,本文第二层为 11 组,适用于固定效应。

1. 模型建立。

各自变量及因变量均取对数形式。完整的模型见式(2)和式(3)。为了更好地分析各个因素对创新产出的影响,我们考虑了八个模型(见表 3、表 4),每个模型的变量有所不同:模型 1 至模型 4 只考虑了第一层因素,其中模型 1 只考虑了科研经费和科研人员投入两个因素,模型 2 在模型 1 的基础上加入了私营比重,模型 3 在模型的 1 基础上加入了教育经费,模型 4 则综合考虑了以上四个因素;模型 5 至模型 7 在模型 4 的基础上分别考虑了第二层因素——GDP、极化度和投资非国有化,模型 8 则综合考虑了以上三个第二层因素。

第一层模型:

$$\text{LNPATENT}_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j} (\text{LNRDFUND}_{ij}) + \beta_{2j} (\text{LNRDPERS}_{ij}) + \beta_{3j} (\text{LN-PRIVSN}_{ij}) + \beta_{4j} (\text{LNEDUFUN}_{ij}) + r_{ij} \tag{2}$$

第二层模型:

$$\begin{aligned} \beta_{0j} &= \gamma_{00} + \gamma_{01} (\text{GDP}_j) + \gamma_{02} (\text{ERINDEX}_j) + \gamma_{03} (\text{PINOTNAT}_j) \\ \beta_{1j} &= \gamma_{10} + \gamma_{11} (\text{GDP}_j) + \gamma_{12} (\text{ERINDEX}_j) + \gamma_{13} (\text{PINOTNAT}_j) \\ \beta_{2j} &= \gamma_{20} + \gamma_{21} (\text{GDP}_j) + \gamma_{22} (\text{ERINDEX}_j) + \gamma_{23} (\text{PINOTNAT}_j) \\ \beta_{3j} &= \gamma_{30} + \gamma_{31} (\text{GDP}_j) + \gamma_{32} (\text{ERINDEX}_j) + \gamma_{33} (\text{PINOTNAT}_j) \\ \beta_{4j} &= \gamma_{40} + \gamma_{41} (\text{GDP}_j) + \gamma_{42} (\text{ERINDEX}_j) + \gamma_{43} (\text{PINOTNAT}_j) \end{aligned} \tag{3}$$

表 3 两阶层线性模型估计结果 1

自变量	系数	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4
截距项	β_{0j}	5.196*** (30.361)	6.172*** (30.217)	4.328*** (19.998)	5.448*** (18.859)
科研经费 LNRDFUND	β_{1j}	0.670*** (9.688)	0.417*** (5.769)	0.372*** (4.535)	0.289*** (3.614)
人员投入 LNRDPERS	β_{2j}	0.307*** (3.583)	0.527*** (6.231)	0.453*** (5.332)	0.569*** (5.569)
私营比重 LNPRIVSN	β_{3j}		0.218*** (7.568)		0.173*** (5.569)
教育经费 LNEDUFUN	β_{4j}			0.370*** (6.086)	0.223*** (3.489)

注: +、*、** 和 *** 分别表示在 10%、5%、1% 和 0.1% 的水平上显著,下同。

2. 结果分析。

表 4 两阶层线性模型估计结果 2

自变量		系数	模型 5	模型 6	模型 7	模型 8
截距项		γ_{00}	5.538*** (8.29)	18.928** (3.03)	3.081* (2.13)	7.95*** (180.53)
科研经费 LNRDFUND		γ_{10}	0.058(0.33)	-2.584(-1.48)	-0.095(-0.23)	0.654*** (7.97)
人员投入 LNRDPERS		γ_{20}	0.549*** (2.89)	3.736* (2.01)	-0.008(-0.02)	0.024(-0.23)
私营比重 LNPRIVSN		γ_{30}	0.112* (1.70)	-0.199(-0.32)	0.144(1.01)	0.217*** (7.99)
教育经费 LNEDUFUN		γ_{40}	0.499*** (3.47)	-0.515(-0.38)	1.553*** (4.76)	0.574*** (8.16)
国内生产 总值 GDP	截距项	γ_{01}	-1.2E-05*** (-3.47)			0(-0.15)
	LNRDFUND	γ_{11}	3.0E-06*** (3.23)			4.0E-06* (2.17)
	LNRDPERS	γ_{21}	-2.0E-06*** (-2.66)			-5.0E-06* (-1.75)
	LNPRIVSN	γ_{31}	0(1.401)			-1.0E-6(-0.60)
	LNEDUFUN	γ_{41}	0(0.412)			-2.0E-06(-0.95)
极化度 ERINDEX	截距项	γ_{02}		-129.1* (-2.23)		-8.267* (-1.77)
	LNRDFUND	γ_{12}		27.715* (1.73)		23.305* (1.85)
	LNRDPERS	γ_{22}		-31.005* (-1.81)		4.414(0.07)
	LNPRIVSN	γ_{32}		3.751(0.66)		-11.296(-0.57)
	LNEDUFUN	γ_{42}		7.319(0.59)		-7.383(-0.18)
投资的非 国有化 PINOTNAT	截距项	γ_{03}			0.393* (2.16)	-3.276* (-2.16)
	LNRDFUND	γ_{13}			1.320* (1.77)	4.7* (2.30)
	LNRDPERS	γ_{23}			0.015(0.02)	-3.262(-0.66)
	LNPRIVSN	γ_{33}			0.142(0.56)	0.987(0.61)
	LNEDUFUN	γ_{43}			-1.823*** (-3.23)	0.249* (2.07)

第一,不考虑阶层结构关系时,创新过程与创新产出具有明显的正相关关系,且呈规模报酬递增状态。当不考虑创新环境因素,而仅考虑科技经费、人员投入、教育经费、私营比重这四个反映创新过程因素时,科研经费与技术创新的相关系数在 0.3—0.7 之间。这表明以科技经费反映的资金要素投入对技术创新具有显著影响。本文认为科技人员投入反映创新型人才的增量,教育经费反映创新型人才长期累积所形成的存量,这共同构成了创新型人才的形成与使用基础。模型结果显示,创新型人才的存量与增量对创新均具有明显影响,其中科技人员对创新的影响更大,这说明利用较为成熟的人力资本比投入潜在的人力资本对创新具有更为重要的影响。企业所有制特征在一定程度上有助于形成良好的激励机制,从而与创新正相关。而综合考虑各个创新过程因素时,各系数和为 1.254,大于 1,说明我国创新过程呈规模报酬递增状态,即同时增加相同比例的各个创新过程因素投入将获得大于这一比例的创新产出。

第二,不考虑阶层结构关系时,创新过程中的人员投入比经费投入发挥了更重要的促进作用。从模型 1 至模型 4 各自变量系数的变化看,科研经费对专利产出的解释能力在加入私营比重和教育经费后减弱,而人员投入的解释能力则相对增强,两者的相对地位出现逆转。这说明在综合考虑多种创新过程因素时,创新产出的影响因素越多元化,特定因素的单一作用就越弱。总体来看,人员投入发挥着比经费投入更重要的作用,这与创新越来越依赖于智力资本这一情况密切相关。

第三,创新环境及其跨层级交互作用对技术创新的影响效应。

(1) 规模效应:“物质环境→科研经费与人力资本增量反向调节→创新产出”的规模增长路径。GDP 反映生产性活动的经济规模。它既以物质环境的

角色直接作用于创新产出，又通过影响科研经费和科研人员投入而作用于创新产出。从直接作用看，GDP 与创新具有微弱的负相关性，其中可能的原因在于我国的经济增长主要是要素驱动与投资驱动为主，创新或知识驱动的模式还未完全形成。经济规模通过正向调节科研经费和负向调节科研人员对创新产出的作用来影响创新产出。经济规模越大，科研经费投入对创新产出的作用越大(图 5(a)中斜率增大)，而科研人员投入的作用则越小(图 5(b)中斜率减小)。可见，规模效应在我国创新中主要通过经费渠道发挥作用：首先，经济规模的扩大增强了科研经费投入的作用，却弱化了科研人员投入的作用，从而使资金与人员形成一定的替代效应；其次，教育经费投入的作用并没有因经济规模的扩大而得到增强(见图 5(d))。我国创新产出的提升遵循“GDP 规模→科研经费与人力资本增量反向调节→创新产出”的规模增长路径。一方面，GDP 的规模效应主要通过能即时产生效果的科研经费来实现，而并不通过效果缓慢但能持续推进的教育经费来实现。另一方面，GDP 的规模效应并没有通过私营比重这一所有制特征路径作用于创新产出(见图 5(c))。这说明虽然所有制特征单独对创新产生影响，但是 GDP 这一物质环境的改善并不通过所有制特征这一中介变量(温福星，2009)作用于创新。因此，在物质环境的优化过程中应对不同所有制企业同等对待，不应有所区别。

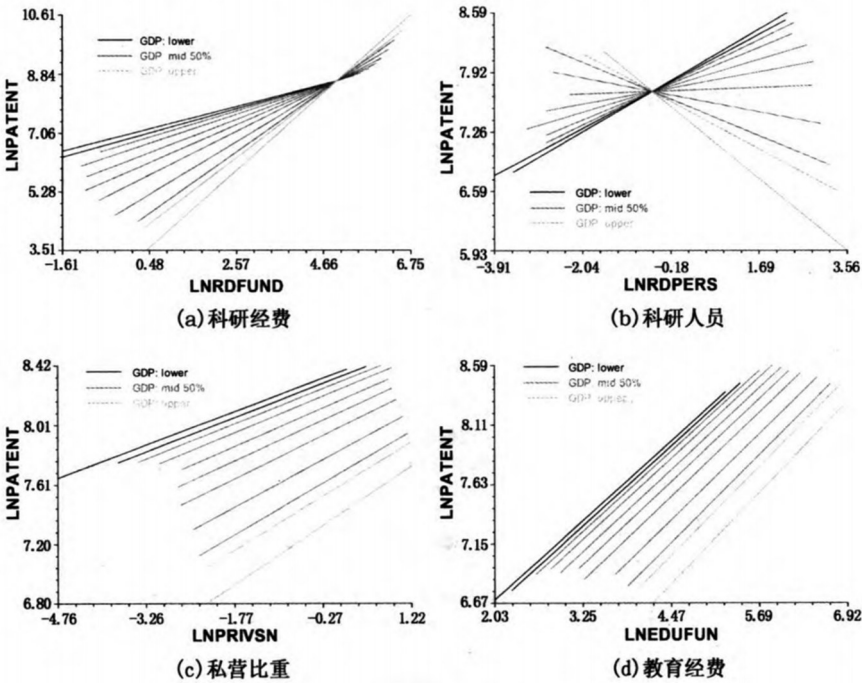


图 5 规模效应的跨层级交互作用(根据模型 2 制作)

(2)极化效应:“关系环境极化→经费与人力资本增量反向调节→创新产出”的极化增长路径。极化效应对创新产出的影响效应分为两个方面:一是以关系环境的角色直接负向作用于创新产出;二是通过正向调节科研经费投入、负向调节科研人员投入的作用来间接影响创新产出,但并不能通过显著影响企业所有制和教育经费而作用于创新产出。可见,我国极化效应的增大强化了经济要素的集中,拉大了发达极点(核)与周边的落后区域之间的经济差距,但没有形成与此相适应的科研要素,而是在强化科研经费投入作用的同时弱化了科研人员投入作用。而这与创新所亟需的智力资本需求并不相适应。这说明我国社会分化与差异所导致的极化形成了社会和非均质格局(郝寿义,2009),通过加剧创新过程因素的不合理匹配而增加了社会关系相互协调的难度,为经济极化后的资源流动、产业互动与创新网络形成设置了障碍,从而影响技术创新能力的整体提升。因此,弱化经济社会极化可主要通过科研经费与人员的适配性来解决,对具有不同所有制特征与不同教育水平的区域应同等对待。

(3)约束效应:“制度环境约束→科研经费与人力资本存量反向调节→创新产出”的约束增长路径。以市场化为特征的制度环境是我国这样一个追赶型大国的重要环境特征。制度环境会对创新产出产生直接正向作用,说明市场化制度特征对创新具有促进作用。同时,制度环境可以通过正向增强科研经费投入的作用和负向影响教育经费投入的作用来影响创新过程进而影响创新产出。这反映出制度环境的重要功能是约束作用,约束作用体现在两方面:一方面,制度环境所反映的市场化情况对创新产出具有重要的限制作用,约束教育经费投入的活动界限或范围;另一方面,通过促进科研经费投入来发挥保障与推动作用。

总的来看,我国创新环境对创新过程的跨层级交互作用主要体现在规模效应、极化效应和约束效应三个方面,且三类效应均通过正向调节资金因素和负向调节人力因素来影响创新产出,其中人力因素中对人力增量与人力存量的调节存在一定差异(见图6)。

(4)各创新环境因素相互影响,交叉作用于创新产出,整体上优化了创新过程的作用。在综合考虑第二层三个创新环境因素后:首先,在创新环境对创新产出的影响中,极化度的影响为负,这

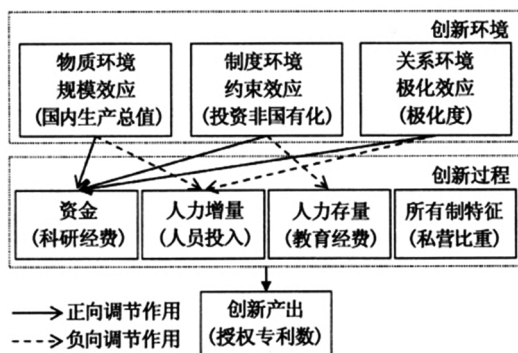


图6 创新环境对创新过程的跨层级交互作用

与单独分析时结论一致,但 GDP 的作用变得不显著,而投资非国有化的作用从正变为负。这说明物质环境和制度环境对创新的影响受到关系环境的干扰与交叉影响,对创新形成一定的制约。其次,对跨层级交互作用,以 GDP 表示的物质环境与以市场化反映的制度环境的影响路径基本不变,而以极化度反映的关系环境通过正向调节经费来产生影响,人力资本因素则并不显著。再次,创新环境的加入改变了创新过程的规模报酬,使同比例增加的创新过程因素投入获得了更多的创新产出。模型 8 中各创新过程因素的系数之和为 1.469,大于模型 4 的 1.254。可见,创新环境整体上优化了创新过程的产出效应。

四、结论与政策启示

在阶层结构视角下,对创新的影响分为三个层面:创新过程影响、创新环境影响以及创新环境与创新过程的跨层级交互影响。当不考虑阶层结构关系时,创新过程对创新产出具有明显的正向作用,且呈规模报酬递增状态。当考虑阶层结构关系时,除直接作用于创新产出之外,物质环境、关系环境与制度环境还分别通过跨层级交互作用中的规模效应、极化效应与约束效应来影响创新产出。规模效应的影响路径为“物质环境→科研经费与人力资本增量反向调节→创新产出”,极化效应的影响路径为“关系环境极化→科研经费与人力资本增量反向调节→创新产出”,约束效应的影响路径为“制度环境约束→科研经费与人力资本存量反向调节→创新产出”。当同时考虑各类环境因素时,GDP 和制度环境对创新的影响受到极化度的干扰与交叉影响,对创新形成一定的制约;以 GDP 表示的物质环境与以市场化反映的制度环境的跨层级交互作用路径基本不变,而以极化度反映的关系环境通过正向调节经费来产生影响,人力资本因素则并不显著。所有制特征虽然单独对创新产生影响,但是环境因素并未通过所有制特征这一变量发挥作用;创新环境的加入改变了创新过程的规模报酬,使同比例增加的创新过程因素投入获得了更多的创新产出。

未来提升创新产出的政策主要包括:

第一,对创新过程、创新环境及其跨层级交互作用进行结构化调节,创新政策由注重产业政策向产业政策与区域创新环境政策并重转变。当前,在创新活动支持计划中,如 863 计划、973 计划、高科技企业优惠贷款政策等,政策的作用对象通常以企业为单位,政策实施方式以为企业提供创新活动经费或技术支持为主,而较少关注物质基础、金融资源、商业创新支持体系、知识产权归属、民营企业或中小企业政策支持计划方面的环境建设。未来应加强创新环境中物质基础环境、协调发展环境的改善以及市场化水平的提升。对创新环境因素与创新过程因素实行差异化促进策略。对创新过程中科技投入、人才存量与增量以及企业所有制特征等因素,重点支持资金与人员的匹配与良

性发展。在环境的优化调整中,不仅要单独调整物质环境、关系环境和制度环境,还要在政策、战略与规划的制定中对 GDP、区域协调发展与市场化建设之间的内在关系进行系统整合,促进不同环境因素协同发展。

第二,建立创新环境与创新过程之间的联系,加大政府在跨层级交互作用中的调节能力。以政府引导的方式促成物质经济规模、区域协调与市场制度建设的成果扩散和外溢至企业内部,加强技术贸易、合作研发生产和技术服务等多种环境与过程对接渠道的建设。解决创新环境与创新过程之间的系统封闭问题,在创新环境建设中优化物质经济规模、经济极化、制度约束等方面的环境建设,通过建立创新型人才池、知识产权管理机制、技术平台、创新网络等以及综合运用多种政策(产业政策、金融政策、贸易政策、财税政策等)等方式引导创新过程改善。

第三,在促进创新的机制体制建设中,对不同所有制企业同等对待,消除所有制歧视。建立创新公共产品以共享为核心的制度框架,为不同所有制企业公平共享创新资源提供保障。由政府投资的创新公共产品,如研究实验基地和大型科学仪器设备共享平台、自然资源资源共享平台、科学数据共享平台、科技文献共享平台、成果转化公共服务平台和网络科技环境平台等科技基础条件平台应对所有企业开放,建立免费使用与有偿使用相结合的机制,强调对企业主体“软管理”中的体制机制创新,如设备共享、开放交流等的实施。在环境建设中所有制歧视较明显的企业融资领域,在加大贷款贴息、后补助、配套资金力度的同时,应积极吸引不同类型的金融机构来支持民营企业或小微企业的活动。政策性金融机构为确需帮助的民营或小微企业融资建立风险补偿机制,开发多元化风险分担金融工具,增强风险较高但前景广阔的创新项目的融资能力。

注释:

- ①由于微观与宏观在经济学研究中都有其特定内涵,为避免产生歧义,本文统一使用总体层次与个体层次。
- ②增加中间转换环节,以清楚地反映创新过程与创新环境之间的作用机理。
- ③樊纲等主编的《中国市场化指数——各地区市场化相对进程 2009 年报告》。
- ④本文已根据相关主流文献,对模型的适用性进行了检验,结果符合要求。

主要参考文献:

- [1]安同良,施浩,Alcorta.中国制造业企业 R&D 行为模式的观测与实证:基于江苏省制造业企业问卷调查的实证分析[J].经济研究,2006,(2):21—30.
- [2]郭国峰,温军伟,孙保营.技术创新能力的影响因素分析——基于中部六省面板数据的实证研究[J].数量经济技术经济研究,2007,(9):134—143.
- [3]郭腾云.1952—2003 年我国区域经济极化趋势及其方向[J].河北师范大学学报,2005,(4):412—416.

- [4]郝寿义,郝大江.基于要素适宜度视角的空间经济增长[J].中南财经政法大学学报, 2009,(2):79—83.
- [5]克雷伏特,里夫.多层次模型分析导论[M].重庆:重庆大学出版社,2007.
- [6]雷宏振,郭庆,张子超.“路径转换式”企业蛙跳技术创新影响因素研究——基于动态机理分析视角[J].北京交通大学学报,2011,(1):74—78.
- [7]李习保.区域创新环境对创新活动效率影响的实证研究[J].数量经济技术经济研究, 2007,(8):13—24.
- [8]欧向军,顾朝林.江苏省区域经济极化及其动力机制定量分析[J].地理学报,2004,(5): 791—799.
- [9]温福星.阶层线性模型的原理与应用[M].北京:中国轻工业出版社,2009.
- [10]肖峰.技术发展的社会形成[M].北京:人民出版社,2002.
- [11]熊彼特著,叶华译.经济发展理论:对利润、资本、信贷、利息和经济周期的探究[M].北京:中国社会科学出版社,2009.
- [12]张杰,刘志彪,郑江淮.中国制造业企业创新活动的关键影响因素研究——基于江苏省制造业企业问卷的分析[J].管理世界,2007,(6):64—74.
- [13]张宗和,彭昌奇.区域技术创新能力影响因素的实证分析——基于全国30个省市区的面板数据[J].中国工业经济,2009,(11):35—44.
- [14]赵映慧,修春亮,姜博,等.1990年以来东北地区三大城市群的极化发展[J].经济地理, 2010,(5):738—743.
- [15]Audretsch D B, Feldman M P. R&D spillovers and the geography of innovation and production [J]. American Economic Review, 1996, 86(3): 630—640.
- [16]Brent B A, Walter G P. Patent rights and innovative activity: Evidence from national and firm-level data[J]. Journal of International Business Studies, 2007, 38(6): 878—900.
- [17]Esteban J M, Ray D. On the measurement of polarization[J]. Econometrica, 1994, 62 (4): 819—851.
- [18]Raudenbush S W, Bryk A S. Hierarchical linear models: Applications and data analysis methods [M]. Newbury Park, CA: Sage, 1992.
- [19]Hofmann D A. An overview of logic and rationale of hierarchical linear models[J]. Journal of Management, 1997, 23(6): 723—744.
- [20]Jaffe A B. Real effects of academic research [J]. American Economic Review, 1989, 79 (5): 957—970.
- [21]Lazonick W. Innovative enterprise and historical transformation[J]. Enterprise and Society, 2002, 3(1): 3—47.
- [22]Lundvall B. National systems of innovation: Toward a theory of innovation and interactive learning[M]. London: Printer, 1992.
- [23]Nelson R R. National innovation systems: A comparative analysis[M]. New York: Oxford University Press, 1993.
- [24]Slikker M, Van den Nouweland A. Communication situations with asymmetric player [J]. Mathematical Methods of Operations Research, 2000, 52(1): 39—56.

[25]Snijders T A B,Bosker R J. Multilevel analysis:An introduction to basic and advanced multilevel modeling [M]. London:Sage,1999.

On the Effects of Innovation Process, Innovation Environments and Their Cross-level Interaction on Innovation: Analysis of Two-level Hierarchical Linear Model Based on Knowledge Production Function

ZHOU Mi¹, LIU Bing-lian¹, SHENG Yu-xue²

(1.*Institute of Economic and Social Development, Nankai University, Tianjin 300071, China*; 2.*School of Economics, Nankai University, Tianjin 300071, China*)

Abstract: Innovation process and innovation environments are featured by hierarchical structure. This paper constructs a theoretical and empirical model based on hierarchical structure and reaches the following conclusions: firstly, the increase in innovation output depends on not only science and technology input, stock and increment of talents and corporate ownership characteristics but also the alignment of physical environment, institutional environment and relationship environment and their healthy development as well as the cross-level interaction of innovation process and innovation environments on innovation output; secondly, the cross-level interaction influences innovation output through scale, polarization and constraint effects; thirdly, the interaction among innovation environments affects innovation output, and optimizes the innovation process as a whole; fourthly, in order to improve the innovation output, it needs to implement the structural adjustment policy, pay equal attention to industry policy and regional innovation environment policy, place more particular emphasis on the role of governments in regulating the cross-level interaction and treat equally enterprises with different ownership characteristics.

Key words: innovation environment; innovation process; cross-level interaction; hierarchical linear model

(责任编辑 许 柏)