# 基于 PSR 模型的区域高技术产业创新要素供给评价

戚湧[1,2] 张洪瑜[21]

(1.南京理工大学 知识产权学院;

2.南京理工大学 经济管理学院,江苏 南京 210094)

**【摘 要】**:区域高技术产业高质量发展需要创新要素有效供给。基于 PSR(压力—状态—响应)模型构建高技术产业创新要素供给评价指标体系,采用全局熵法对我国创新要素有效供给现状进行评价,并度量创新要素供给协调度,从创新要素供给综合指数和子系统协调度两个方面评价创新要素有效供给水平。在此基础上将我国区域创新要素供给分为 5 个梯度,并运用障碍因素诊断模型,分析影响各梯度省域高技术产业创新要素有效供给实现的主要障碍因素。研究发现,影响有效供给的主要障碍层从 2009 年的压力层与状态层转变为 2018 年的响应层与状态层,高技术产业发展水平等成为主要障碍因素。各省域应依据自身要素供给主要障碍层和障碍因子,结合自身创新要素供给所处梯度,采取针对性措施,通过强链、补链、固链相结合,实现区域高技术产业创新要素有效供给。

**【关键词】**:高技术产业 创新要素 评价分析 PSR 模型

**【中图分类号】**:F264.2**【文献标识码】**:A**【文章编号】**:1001-7348(2020)22-0055-10

## 0 引言

党的十九大报告明确指出,要深化供给侧结构性改革,建设现代化经济体系,把提高供给体系质量作为主攻方向,显著增强我国经济质量优势。创新要素有效供给是我国供给体系中的重要一环,是建设创新型国家的重要保障,也是提升我国科技竞争力进而推动高技术产业高质量发展的重要战略性资源。

高技术产业具有知识密集、技术先进、产品附加值高、产业关联效应强等特征,尤其在创新驱动发展等国家战略积极引导下,能够规避我国传统产业下滑危机,发挥自身优势,实现经济均衡稳定增长。但由于创新要素供需结构不匹配、低端要素规模投入、无效供给过多等引起的技术创新能力瓶颈和规模效应限制,导致我国区域高技术产业发展暴露出一些问题,如产业持续发展动力不足、企业创新意愿不强、高层次创新人才匮乏、知识产权运用能力不足等。因此,从要素供给这一产业发展动力源头出发,客观认识区域高技术产业发展中面临的创新要素供给问题,因势利导,加快完善创新要素供给体系,改善创新要素供给状况,从而推动高技术产业发展。

[1]**作者简介**:戚湧(1970-),男,江苏泰州人,博士,南京理工大学知识产权学院、经济管理学院教授、博士生导师,研究方向为创新管理;
张洪瑜(1994-),女,河南郑州人,南京理工大学经济管理学院硕士研究生,研究方向为创新管理。
**基金项目**:国家自然科学基金面上项目(71673135,71974096));江苏省社会科学基金重大项目(16ZD006)

鉴于创新要素供给的过程性特征,本文从系统性思维入手,引入 PSR 模型,关注创新要素供给的源动力和反馈过程,从要素供给原因、供给状态和供给响应 3 个方面开展全链条区域高技术产业创新要素供给评价研究,结论对建立高质量创新要素供给体系具有重要学术价值和现实意义。

## 1 文献综述

要素供给最终体现在要素创新产出过程中,因此国内高技术产业创新要素供给评价研究大多从供给侧结构性改革入手,通过分析要素投入产出效率间接评价要素供给有效性。张永安和鲁明明[1]从要素供给与创新产出角度研究发现,高技术产业 R&D 人员等要素投入的创新产出效率不断提升,表明要素供给结构日益优化;刘宇等[2]从耦合协调度出发,发现 2005—2017 年我国医药制造业创新要素投入产出耦合协调度不断提升,要素投入逐步与要素需求相协调;赵玉林和高裕[3]研究发现,人力投入等构成的技术创新对于提升湖北省高技术产业在全球价值链中的分工地位具有重要作用;俞立平等[4]研究发现,研发经费、研发人员等要素投入规模与配置结构对高技术产业创新速度具有显著门槛效应;戴魁早和刘友金[5]发现,我国要素市场扭曲程度在入世之后降低,要素市场扭曲对高技术产业发展的负向影响减弱;吕承超等[6]认为,我国大部分地区存在由资本错配和劳动力错配构成的要素资源错配,且劳动力错配显著提高高技术产业上市公司的技术创新水平;李盛楠和范德成[7]对已有文献编码研究发现,创新要素质量通过高技术产业产出质量影响产业科技水平和技术创新效率;宣烨[8]测算后发现,我国各地区要素市场扭曲程度呈现不断下降趋势,东部地区相对于中西部地区而言,要素市场扭曲程度更低。综合相关文献发现,关于高技术产业创新要素供给的研究大都从创新投入产出角度出发,对高技术产业创新要素供给尚未形成系统完整的认识和研究,且在构建评价指标体系过程中没有将环境要素考虑在内。

PSR 模型即“压力—状态—响应”模型,由加拿大统计学家 David Rapport 等[9]提出,20 世纪 80 年代末 90 年代初,OECD 在进行环境指标研究时重新评价了模型的适用性和有效性,将其持续用于该组织环境评价工作中。PSR 模型也被广泛应用于生态系统健康评价、资源可持续利用等环境评价的各个领域[10-13],是环境评价中的一种常用模型。如 Hughey 等[10]利用 PSR 模型分析环境政策实施的国民满意程度;Mihyeon 等[11]参考 PSR 模型评价交通系统对经济、环境和一般社会福利的影响;Chaves 等[12]通过 PSR 模型将影响流域水资源的社会、经济和环境问题整合在一套指标体系中;Wolfslehner 等[13]将可持续森林管理指标置于 PSR 模型框架中。PSR 模型在国内被广泛应用于环境效率评价的同时[14-16],也逐渐被引入人文社科领域。如谢小青[17]运用 PSR 框架对武汉市创业环境进行评价;唐朝永[18]研究了山西省领军型创业人才聚集机理;戴明辉[19]运用 PSR 模型对改革开放以来我国外贸可持续发展问题进行研究;章磊等[20]引用 PSR 模型对我国内地 31 个省域军民融合发展水平进行评价研究;唐朝永等[21]运用 PSR 模型从国家、横向对比和山西省自身等层面挖掘山西省新型研发组织培育的驱动力;卜繁钢和王颖[22]运用 PSR 模型对新型城镇化水平进行综合评价量化分析。综合来看,目前 PSR 模型的“压力—状态—响应”分析框架适用于环境评价,也可以被用于其它领域的客观综合评价。

虽然目前高技术产业创新效率评价涉及到创新要素供给过程性特征研究,但大多将要素供给作为整个创新过程的一个子系统进行研究,而较少关注创新要素供给状态和反馈过程。本文 PSR 模型“压力—状态—响应”可弥补现有创新要素供给评价研究的不足,将区域高技术产业创新要素供给的因果关系和改善措施融入到整体分析框架内,从一个全新角度阐释目前我国高技术产业创新要素供需不匹配的原因。

## 2 研究设计

### 2.1PSR 模型

将 PSR 模型引入高技术产业创新要素有效供给,使高技术产业中企业和产业不同层面的创新要素供给压力、状态和响应 3 个子系统纳入同一个动态分析框架。区域高技术产业创新要素有效供给是在区域社会环境下,以经济社会发展需求为导向,通过区域内市场和政府双重影响,将创新要素供给到高技术产业中产出高附加值的创新成果,并与产业发展需求对接,产出新产品,以满

足国内外生产消费需求,从而实现区域高技术产业创新要素供需匹配。在高技术产业要素供需匹配过程中,包含经济社会发展过程中对要素供给的压力,进而使产业创新要素供给状态发生改变,如新产品产出等,面对高技术产业创新要素供给状态,政府等通过加大研发经费投入等响应措施同时改变要素供给压力与状态,通过循环上升式调节,逐步达到压力、状态和响应状态相协调,使得要素供给与产业需求相匹配,实现有效供给。具体实现路径如图 1 所示。

图 1 包括两个环路。一是由顺时针箭头组成外循环,区域创新要素供给压力来自经济社会发展需求、国际贸易的技术溢出和环境可持续发展等,这些因素对区域创新要素供给产生正向或负向压力影响。创新要素在感受到压力后表现出一定现实状态,由于创新要素供给的最终目标在于生产并满足需求,企业作为微观经济主体,创新要素供给状态包括创新要素在企业和产业层面的投入与产出状态,政府部门等作出响应,通过制定相应政策、出台相关措施等,使创新要素供给有关环境要素向好的方向发展,进而影响整合创新要素供给数量和质量。二是由逆时针箭头组成的内循环,同样具有动态传导机制特点,其以区域要素供给状态为开端,反映创新要素供给压力得不到释放会抑制创新要素供给数量与质量提升,进而影响创新要素供需相匹配,而创新要素供给在感受到这种压力后,又以响应形式反馈给政府部门和产业领域,从而形成一个有机动态循环。

基于上述区域高技术产业创新要素供给逻辑分析,将区域高技术产业创新视为“创新要素—高技术产业—产业发展环境”复合生态系统,从系统面临的正负向压力输入、系统本身状态变化和系统主体反馈 3 个方面出发,共同构建区域高技术产业创新要素供给评价研究框架。PSR 模型能够与区域高技术产业创新要素有效供给要求的供需匹配相融合,通过分析要素供给 3 个子系统的协调性,进而从创新要素供给综合指数和子系统协调度两个方面综合评价创新要素在集聚到高技术产业后,能否转化为现实生产力并满足国内外生活消费需求的能力,实现对区域高技术产业创新要素有效供给的客观评价。

2.2 评价指标体系构建

区域高技术产业创新要素有效供给评价指标体系构建的难点在于可行的评价指标体系和客观的指标权重,本文基于科学性、全面性、可操作性和动态性原则,在现有研究基础上,基于 PSR 模型构建高技术产业创新要素供给评价指标体系,包含压力、状态和响应 3 个方面。高技术产业创新要素有效供给评价指标选取情况如表 1 所示。

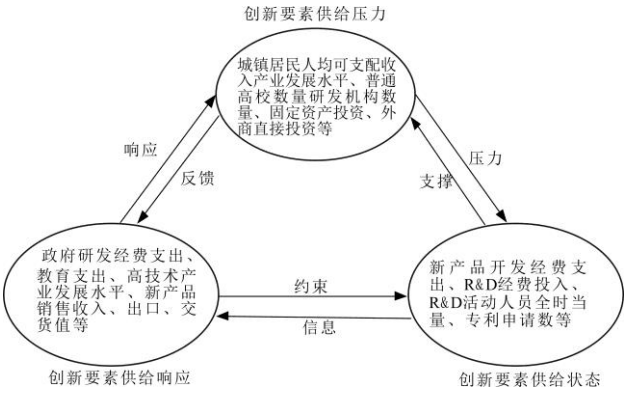


图 1 高技术产业创新要素有效供给 PSR(压力—状态—响应)模型框架

表 1 高技术产业创新要素有效供给评价指标体系

| 目标层 | 准则层 | 子要素层 | 指标层 |
|---|---|---|---|
| | 压力(P) | 经济压力 | 城镇居民人均可支配收入($X_1$)产业发展水平($X_2$) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | 普通高校数量($X_3$)研发机构数量($X_4$) |
| | | 社会压力 | 固定资产投资情况($X_5$) |
| | | 国际贸易压力 | 外商直接投资($X_6$) |
| | | 环境压力 | 地区电力消耗量($X_7$)环境污染物排放量($X_8$) |
| | 状态(S) | 投入状态 | 新产品开发经费支出($X_9$)R&D 经费内部投入($X_{10}$)<br>R&D 活动人员全时当量($X_{11}$) |
| 高技术产业创新要素有效供给 | | 产出状态 | 专利申请数($X_{12}$)新产品开发项目数($X_{13}$)<br>高技术企业数($X_{14}$)技术市场成交额($X_{15}$) |
| | 响应(R) | 政策响应 | 政府研发经费支出($X_{16}$)政府教育支出($X_{17}$)<br>科学技术支出($X_{18}$)互联网宽带接入户数($X_{19}$) |
| | | 产业响应 | 高技术产业发展水平($X_{20}$)新产品销售收入($X_{21}$)出口交货值($X_{22}$) |

(1)压力层。

对于高技术产业而言,区域产学研合作、科技创新能力、基础设施建设都影响着人才、资本、技术等创新要素的供给质量和供给能力。要素供给的外在推力主要包括绿色发展需求、城镇化进程、产业发展动态等,推力与拉力共同作用形成区域高技术产业创新要素供给方向与合力。中国经济增长前沿课题组[23]研究发现,城镇居民收入提高促使需求升级,消费结构中高端项目激发新知识部门产生,新知识部门产生过程中需要知识等新要素供给,对区域高技术产业创新要素供给产生一定影响;赵黎明[24]研究发现,我国产业发展面临传统产业改造升级和战略性新兴产业培育发展双重任务,实现二者融合发展是必然选择。借鉴以往研究,本文直接采用固定资产净值年平均余额作为资本投入基础数据。高校和研发机构作为人才培育和科研活动的主要载体,为高技术产业要素供给提供有力支撑,本文选用普通高校数量和研发机构数量反映要素供给环境。杨浩昌等(2016)认为,外商直接投资通过示范模仿效应、竞争效应、联系效应和培训效应等方式对东道国企业产生技术溢出,从而影响高技术产业技术创新;万莉(2008)认为,外商直接投资能够促进区域创新中各主体要素的合作紧密度,使各主体要素发挥积极作用,密切配合创新。因此,本文选择外商直接投资反映国际贸易压力。借鉴张治河[25]的研究,采用工业废水排放量、工业烟(粉)尘排放量、工业二氧化硫排放量三者经过无量纲化处理的总和表示环境污染物排放量。

(2)状态层。

创新要素供给状态是指要素在不同区域高技术产业之间、高技术产业内部各部门之间以及企业之间流动与集聚,人才、资金等要素从势能低的区域向势能高的区域集聚。影响要素集聚的因素主要有经济实力、城市等级、要素发展环境等,城市等级越高,高技术产业发展越好,集聚要素磁场越强,即经济基础越优渥、制度建设越完善、发展空间越广阔,越能吸引创新要素和企业集聚,从而使区域高技术产业内的创新要素集聚效应不断放大。本文将创新要素分为要素投入状态和要素产出状态两个部分,以表征高技术产业创新要素供给状态变化。罗雨泽等[26]认为,人才、资金等资源的获取有助于提升高新技术产业 TFP;武咸云等(2017)发现,增加企业研发投入可以提高企业财务绩效和企业价值。本文资金投入以 R&D 内部经费和新产品开发经费表示,采用 R&D 人员折合全时当量表示创新人才投入水平。创新要素产出状态能够体现高技术产业创新活动产出。专利是国际上通用的技术创新产出衡量指标,周文泳等(2017)研究发现,提升有效发明专利数是落后地区改进高技术产业知识供应链效率的重要着力点之一;新产品开发项目作为一个创新范围更广的增量指标,可以较好地反映高技术产业创新要素投入结果。本文在梳理以往文献基础上,采用专利申请数和新产品开发项目数作为产出状态的一个方面。此外,企业作为要素聚集平台,运用各种生产要素向市场提供商品或

服务,本文将高技术企业数作为要素直接产出状态的评价指标。

(3)响应层。

响应针对的是创新要素供给压力和状态,产业、政府等采取有效措施优化区域制度环境,实现要素供给经济价值,构建区域高技术产业创新要素供给闭环,实现要素供给螺旋式上升。本文从政策和产业响应两个角度进行评价。在政策响应方面,高技术产业培育往往需要较长时间,政府补贴是推动其快速成长的一个重要手段,如伍健等(2018)从信号传递视角分析政府补贴通过发挥资源和信号属性双重作用带动创新。本文用高技术产业政府研发经费支出、政府教育支出和科学技术支出反映高技术产业政府资金支持状况。在区域创新要素供给研究中,朱苑秋等[27]认为,基础设施是区域创新要素构成的间接要素之一,固定宽带用户数不断扩大,表明我国互联网基础设施进一步完善;谢小青等[17]认为,互联网普及使得人才尤其是技术要素供给平台更加广阔,对进一步促进创新要素有效供给产生积极影响。在产业响应方面,高技术产业创新要素供给评价的最终目的在于提供更高质量的创新要素,促进高技术产业发展,因此在梳理相关文献的基础上,本文用高技术产业产值占工业总产值的比重表示高技术产业发展水平。何向武等[28]认为,高技术产业研发创新的最终目的是在经济活动中获取经济收益;周文泳等(2017)认为,新产品销售收入有助于提高高技术产业知识供应链效率;官建成等[29]为从商业上直观体现高技术创新成果价值,将新产品销售收入和新产品出口收入作为创新活动的经济成果产出指标。因此,本文以新产品销售收入和新产品出口交货值作为产业响应指标。

2.3 模型与方法

2.3.1 创新要素供给综合评价模型

本文建立创新要素评价的全局熵值法动态评价模型,将立体时序数据表各时刻子表按照时间顺序从上到下排列,然后对指标进行纵向和横向分析。指标权重计算步骤如下:

如果对 T 年内 m 个地区的 n 个变量进行评价,可以通过数据得到 T 张截面数据表 XT=(xij)mnX T=(xij)mn,引入全局思想,将这 T 张表格按照时间顺序排列成一张表,构成一个 300×21 阶矩阵,记为:

$$X=(X1,X2,\cdots,XT)_{mT\times n}=(x_{ij})_{mT\times n} \qquad (1)$$

由于指标量纲不一,不能直接进行计算分析,必须对数据进行标准化处理。若 $x_{ij}$ 为正向指标,则:

$$x'_{ij}=\frac{x_{ij}-min\,x_{ij}}{max\,x_{ij}-min\,x_{ij}}\times 99+1 \quad (1\leqslant i\leqslant mt,\ 1\leqslant j\leqslant n) \qquad (2)$$

若 $x_{ij}$ 为逆向指标,则:

$$x'_{ij}=\frac{max\,x_{ij}-x_{ij}}{max\,x_{ij}-min\,x_{ij}}\times 99+1 \quad (1\leqslant i\leqslant mt,\ 1\leqslant j\leqslant n) \qquad (3)$$

第 j 个指标下第 i 个地区在该指标中所占比重为:

$$f_{ij}=\frac{x'_{ij}}{\sum_{i=1}^{300}x'_{ij}}\ (1\leqslant i\leqslant mt,1\leqslant j\leqslant n) \qquad (4)$$

第 j 个指标的信息熵为:

$$e_j=-k\sum_{i=1}^{300}f_{ij}\ln f_{ij}\ (1\leqslant i\leqslant mt,1\leqslant j\leqslant n) \qquad (5)$$

第 j 个指标的信息熵冗余度为:

$$g_j=1-e_j \qquad (6)$$

各指标权重为:

$$w_j=\frac{g_j}{\sum_{j=1}^{n}g_j} \qquad (7)$$

综合评价值为:

$$F_i=\sum_{j=1}^{n}w_j\,x'_{ij} \qquad (8)$$

要素供给有效性变化受到压力、状态和响应各个子系统之间协调程度影响。参考张晓东(2001)提出的协调度模型以及冯科等(2007)对 3 个子系统的协调度计算,引入协调度函数,依据各个系统间距离大小和离散程度度量 3 个子系统以及子系统与区域创新要素供给综合指数之间的协调状况,压力、状态和响应 3 个子系统的变化速率应相互均衡,任何一方偏颇都会对区域高技术产业创新要素供给产生影响。计算公式为:C= $=\frac{X+Y+Z}{\sqrt{(X2+Y2+Z2)}}$。从协调度定义可知,C 值为协调度指数,由各子系统取值决定。X、Y、Z 相应为压力、状态和响应子系统指数,当 X、Y、Z 取值均为正值且相等时,C 值最大,为 1.732;反之,若 X、Y、Z 均为负值且相等时,则 C 值最小;其它任何情形界于二者之间,3 个子系统越协调,C 值越接近 1.732[14]。

2.3.2 障碍度模型

区域高技术产业创新要素供给评价既是对高技术产业供给水平的客观评判,更重要的是理清影响创新要素供给水平的障碍因子,以便针对性地对创新要素供给压力层和响应层进行调整,因此需进一步对创新要素供给评价障碍因素进行诊断。障碍因素计算采用因子贡献度($V_j$)、指标偏离度($x_{ij}$)和障碍度($Y_i$,$y_i$)3 个指标进行分析诊断。因子贡献度($V_j$)以单因素对总目标的权重表示单项因素对总目标的影响程度;指标偏离度($x_{ij}$)为单项指标与创新要素供给评价有效供给目标之间的差距,用单项指标标准化值与 100%之差表示;障碍度($Y_i$,$y_i$)分别表示第 i 年分类指标和单项指标对高技术产业创新要素供给的影响,是进行创新要素有效供给障碍诊断的目标和结果,计算公式如下:

$$x_{ij} = 1 - X'_{ij} \tag{9}$$

$$y_i = x_{ij} * \frac{V_j}{\sum_{j=1}^{22} (x_{ij} * V_j)} * 100\% \tag{10}$$

$$Y_i = \sum y_i \tag{11}$$

## 3 实证分析

3.1 创新要素供给评价与分析

本文所有数据均来自《中国统计年鉴》、《中国工业经济统计年鉴》、《中国高技术产业统计年鉴》、《中国科技统计年鉴》以及各省市统计年鉴等,缺失数值均用插值法补齐。运用 SPSS19.0 软件对全局熵法进行编程计算,得到我国内地 30 个省域(西藏因数据不全未纳入统计)2009—2018 年高技术产业创新要素供给综合指数及排名,如表 2 所示。

表 2 2009—2018 年我国区域高技术产业创新要素供给综合指数及排名

| 省域 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 均值 | 排名 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 北京 | 12.06 | 15.77 | 16.89 | 16.39 | 19.52 | 23.12 | 26.59 | 28.10 | 29.67 | 30.05 | 25.94 | 3 |
| 天津 | 8.33 | 8.82 | 9.65 | 11.38 | 11.97 | 12.71 | 16.66 | 12.79 | 15.47 | 16.32 | 12.41 | 11 |
| 江苏 | 26.82 | 29.51 | 37.66 | 46.59 | 49.29 | 52.72 | 55.26 | 58.01 | 65.87 | 70.65 | 49.24 | 2 |
| 广东 | 39.65 | 43.37 | 50.59 | 58.89 | 63.43 | 65.97 | 72.03 | 83.58 | 85.46 | 88.12 | 65.11 | 1 |
| | | | | | | …… | | | | | | |
| 东部 | 14.63 | 15.34 | 18.20 | 21.50 | 23.08 | 24.71 | 26.77 | 28.21 | 30.52 | 32.50 | 23.55 | |
| 吉林 | 4.46 | 4.53 | 5.06 | 5.63 | 6.89 | 6.38 | 6.73 | 7.28 | 7.72 | 8.12 | 6.28 | 20 |
| 河南 | 5.90 | 6.02 | 7.20 | 9.22 | 11.68 | 13.22 | 15.68 | 16.60 | 17.51 | 18.97 | 12.20 | 12 |
| 湖北 | 7.13 | 7.12 | 8.72 | 11.08 | 12.41 | 13.95 | 15.70 | 16.64 | 17.76 | 19.10 | 12.96 | 10 |
| 江西 | 5.71 | 6.05 | 6.85 | 7.44 | 8.38 | 9.39 | 10.47 | 11.33 | 11.55 | 12.26 | 8.94 | 17 |
| | | | | | | …… | | | | | | |
| 中部 | 5.37 | 5.67 | 6.56 | 7.77 | 9.10 | 9.96 | 11.19 | 12.01 | 12.60 | 13.49 | 9.37 | |
| 广西 | 4.01 | 4.23 | 4.83 | 5.51 | 5.91 | 6.32 | 6.99 | 7.52 | 7.81 | 8.27 | 6.14 | 22 |
| 四川 | 8.13 | 8.93 | 10.42 | 12.91 | 14.35 | 14.73 | 16.95 | 18.37 | 19.37 | 20.74 | 14.49 | 7 |
| 云南 | 3.63 | 3.84 | 4.22 | 4.86 | 5.04 | 5.31 | 5.83 | 6.37 | 6.49 | 6.84 | 5.24 | 24 |
| 陕西 | 7.04 | 7.81 | 8.90 | 11.11 | 12.90 | 14.28 | 16.61 | 15.64 | 17.37 | 18.55 | 13.02 | 9 |

| | | | | | | …… | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 西部 | 4.17 | 4.49 | 4.99 | 5.85 | 6.45 | 6.94 | 7.87 | 8.27 | 8.62 | 9.15 | 6.68 | |
| 均值 | 8.33 | 8.79 | 10.25 | 12.10 | 13.25 | 14.26 | 15.69 | 16.58 | 17.71 | 18.87 | 13.58 | |

由表2可知,我国内地30个省域高技术产业创新要素供给综合指数平均值为13.58,与最高的广东省相比,各省域要素供给综合值仍有较大提升空间。横向比较发现,仅北京、上海、江苏、浙江、广东、山东和四川 7 个省市综合指数超过全国平均值,除四川外,全部集中在东部地区。从地区纵向比较看,居于首位的广东创新要素供给综合指数均值为65.41,比最低值青海省高出62。

从区域划分看,中西部创新要素供给综合指数明显低于东部地区。东中西部地区创新要素供给平均值分别为 23.55、9.37、6.68,呈现阶梯型发展状态。中西部地区差异较小,均处于低增速要素供给阶段。从时间维度看,2009—2018 年 10 年间我国省域间创新要素供给水平差距逐渐扩大。

本文分别对2009—2018年我国内地30个省域创新要素供给评价体系中的压力(P)、状态(S)和响应(R)指数变化情况进行分析,目的在于更深入探析影响地区创新要素供给水平的作用机制。

(1)压力(P)指数。

如图 2 所示,压力(P)指数反映的是人类各项经济活动对创新要素供给产生的影响。2009—2018 年我国各省域创新要素供给压力(P)指数呈逐年上升趋势。从区域划分看,东中西部差异明显,压力(P)指数变化斜率最大的6个省份全部分布在东部地区,说明压力指标对创新要素供给的影响力度大幅度增加,中西部地区压力(P)指数有所增加,但10年间始终处在低于5的低水平状态。同时,东部地区区域内部压力指数差异大于中西部地区,内部创新要素竞争动力强于合作意愿。从时间序列看,不同省域压力(P)指标发生变化的时间和程度不尽相同,江苏、广东两省压力指数变化最快。2012—2014 年江苏省压力(P)指数变化斜率最大,使江苏省从较低的状态发展到较高的压力水平,压力层(P)变化使得状态层(S)和响应层(R)作出相应反应,从而对创新要素供给的影响力度大幅提升。

(2)状态(S)指数。

如图 3 所示,我国内地 30 个省域创新要素供给状态整体有所提升,除广东、江苏、浙江、山东、上海、北京外,其余省域状态(S)指数上升不显著。分区域看,2009—2018 年状态(S)指标整体斜率变化最大的 6 个省市(广东、江苏、北京、浙江、山东和上海)全部在东部地区。中西部地区创新要素供给状态指数平均值较小,分别为 2.19 和 1.69,与东部地区(8.21)相比还有较大提升空间。值得注意的是,中西部地区虽然整体水平较低,但安徽、湖北、四川、陕西等中西部省域要素供给状态(S)逐年改善。从时间序列分析看,东部地区部分省域虽然在 2014 年后要素供给状态(S)指数增长缓慢,进入平台期,但总体仍保持在较高水平,而中西部地区大部分省域创新要素供给状态(S)处于逐年上升过程中,仅甘肃等少数省域维持在低速率的低水平状态。

(3)响应(R)指数。

如图 4 所示,我国内地 30 个省域创新要素供给响应(R)指标总体呈上升趋势。分区域看,响应(R)指数总体变化斜率最大的 3 个省市(广东、江苏和上海)全部位于东部地区,同时区域内部亦出现较大差异。陕西、四川、河南和湖北等中西部省份依托自身政策,带动高技术产业创新要素快速集聚,到 2018 年,响应(R)指数已经达到东部一些发达省份水平。从时间序列看,2011—2014 年,为响应国家政策,各地区大力发展高技术产业,政府政策相继出台,创新要素响应(R)指数斜率变大。随着国家高技术产业政策和相应配套设施不断完善,从 2016 年开始,大部分省域响应(R)指数曲线相比之前更加陡峭,并在 2018 年达到峰值。

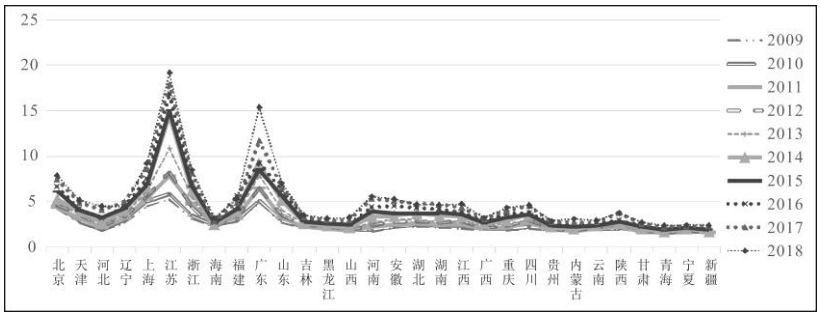


图 2 我国区域创新要素供给压力(P)指数

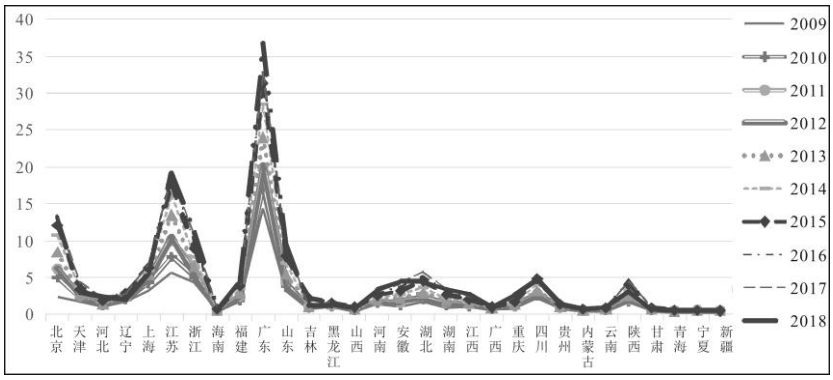


图 3 我国区域创新要素供给状态(S)指数

图 4 我国区域创新要素供给响应(R)指数

(4)协调度分析。

协调度系数(C)越接近 1.732,说明创新要素供给内部 3 个子系统协调性越好。对 2009-2018 年我国区域协调度系数均值进行聚类分析,结合高珊等[14]的研究,将 30 个省域协调值划分为 4 个等级,如表 3 所示。要素供给达到协调的包括北京、天津、江苏、浙江、安徽等 10 个省域,全部集中在东、中部地区,基本协调的有广东、辽宁、上海、重庆、四川等 9 个省域,吉林、山西、广西、云南、甘肃等 7 个省域创新要素供给协调度较低,青海、宁夏、内蒙古和海南处于极不协调状态。东、中部地区要素协调度明显优于西部地区。如图 5 所示,比较 2017 与 2018 年协调度系数发现,区域内部发展不平衡,省域间协调状态存在较大差异,除海南处于极不协调状态外,东部地区其余省域已经实现要素供给协调。从时间序列看,2018 年大部分省域协调度系数低于 2017 年,这是由于压力(P)子系统增长较快,不能与状态(S)和响应(R)子系统协调发展。

图 5 我国区域高技术产业创新要素供给体系协调度

表 3 创新要素供给协调度等级划分

| 协调实现水平 | 协调度系数 | 省域个数 | 特点 |
|---|---|---|---|
| 协调 | ≥1.69 | 10 | 实现系统内协调,有力支持高技术产业良好发展 |
| 基本协调 | 1.56～1.68 | 9 | 基本实现系统内协调,具备一定支持发展能力 |
| 不太协调 | 1.52～1.55 | 7 | 还未实现系统内协调,但仍有发展前景 |
| 极不协调 | ≤1.51 | 4 | 未能实现系统内协调,且与标准有一定差距 |

在协调度划分基础上,借鉴顾伟男等(2017)的研究,将创新要素供给综合得分与协调度水平排序相差不大(理论上≤4)的省域称作高水平创新要素有效供给型,协调度排名明显优于要素供给综合得分的省域称为协调领先型,反之称为要素供给领先型。分析可知,分区域看,东部地区创新要素供给协调度明显优于西部地区,呈现出梯度格局。其中,第一梯度为北京、江苏、浙江、天津、山东、福建,创新要素供给综合指数和协调度系数都处于领先地位,实现了较高水平的创新要素有效供给;第二梯度为广东、上海、辽宁、四川、陕西,创新要素供给综合指数排序明显高于要素协调度系数,属于要素供给领先型;第三梯度为吉林、黑龙江、河南、湖北、重庆,创新要素供给综合指数和协调度系数排名相差不大,但两者发展速度较慢,在全国处于中等水平,属于中等水平的创新要素有效供给;第四梯度为河北、安徽、湖南、江西、贵州,要素协调度系数明显优于创新要素供给综合指数,属于协调度领先型;第五梯度为山西、内蒙古、云南、甘肃、广西、青海、宁夏、新疆、海南,属于低水平的创新要素供给型。

3.2 分梯度障碍因素诊断

3.2.1 指标层障碍因子

根据障碍因素诊断计算方法,对 2009—2018 年 5 个梯度各省域高技术产业创新要素供给障碍度进行计算。由于创新要素供给评价体系包含多项具体指标,按照障碍度大小,本文列出障碍度排名前 7 位的因子,如表 4～8 所示。2009 年阻碍第一梯度省域高技术产业创新要素高水平有效供给的障碍因素主要集中在压力和响应子系统,包括高技术产业发展水平、环境污染物排放、科技活动经费中政府资金、出口交货值、高校数、产业发展水平和外商直接投资等;2018 年主要集中在响应子系统和状态子系统,包括技术市场成交额、新产品开发经费支出、专利申请数、出口交货值、R&D 经费内部支出、新产品销售收入和 R&D 活动人员等指标。从单指标变化趋势看,2009—2018 年环境污染物排放、城镇居民人均可支配收入、产业发展水平、地方财政科技支出等指标障碍度下降幅度最大,技术市场成交额障碍度上升,说明第一梯度省域在基础设施建设、环境保护等方面取得较大进展,但知识产权保护等制度创新力度不够。

广东、上海等第二梯度省域障碍因素由 2009 年主要集中在压力和响应子系统(产业发展水平、城镇居民人均可支配收入、R&D 机构数、技术市场成交额、新产品销售收入以及出口交货值等)变化为 2018 年集中在状态子系统(新产品开发经费支出、R&D 活动人员数、专利申请数、技术市场成交额等),这也是造成广东等地协调度偏低的主要原因。2009—2018 年障碍度下降较大的指标分别为环境污染物排放量、电力消耗量、城镇居民人均可支配收入、产业发展水平、政府科技支出、产业发展水平等,这极大增强了区域创新要素供给推力和拉力,扩大了要素需求,间接促进了创新要素供给增长。

吉林、河南等第三梯度省域 2009 年障碍度较大的指标集中在压力和响应子系统,包括环境污染物排放、出口交货值、外商直接投资额、地方财政教育支出等指标;2018 年主要障碍度指标为技术市场成交额、新产品开发项目数、专利申请数、R&D 经费内部支出以及新产品开发经费等,集中在状态子系统。与前两个梯度不同,就单指标而言,第三梯度省域部分指标障碍度逐年上升,如 R&D 机构数、新产品开发经费支出、专利申请数、技术市场成交额、新产品销售收入等,且主要集中在状态和响应子系统。可见,第三梯度省域高技术产业创新要素集聚需要在状态和响应子系统建设完善中持续优化。

第四梯度省域创新要素供给障碍度指标 2009 年主要集中在压力和状态子系统,包括高校数、外商直接投资额、环境污染物排放、新产品开发项目数、高技术企业数、高技术产业发展水平等指标;2018 年主要障碍指标转移到状态和响应子系统,包括 R&D 经费内部支出、R&D 活动人员数、专利申请数、新产品开发项目数、新产品销售收入以及出口交货值等指标。第四梯度省域各指标之间障碍度差距极小,大部分指标对区域高技术产业创新要素有效供给实现具有一定影响。就单个指标变化而言,第四梯度省域的地方财政教育支出、环境污染物排放、城镇居民收入等指标障碍度降低幅度较大,但状态层指标大部分处于增长态势,虽然数值相对较小,但仍应予以重视并逐步优化区域创新要素供给。

表 4 2009、2018 年第一梯度创新要素有效供给障碍度因素排序

| 年份 | 位序 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2009 | 障碍因素 | $X_{20}$ | $X_{7}$ | $X_{16}$ | $X_{22}$ | $X_{3}$ | $X_{2}$ | $X_{6}$ |
| | 障碍度(100%) | 3.69 | 3.62 | 3.52 | 3.48 | 3.42 | 3.42 | 3.41 |
| 2018 | 障碍因素 | $X_{15}$ | $X_{9}$ | $X_{12}$ | $X_{22}$ | $X_{10}$ | $X_{21}$ | $X_{11}$ |
| | 障碍度(100%) | 3.63 | 3.04 | 2.97 | 2.95 | 2.88 | 2.84 | 2.80 |

表 5 2009、2018 年第二梯度创新要素有效供给障碍度因素排序

| 年份 | 位序 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2009 | 障碍因素 | $X_{8}$ | $X_{2}$ | $X_{15}$ | $X_{1}$ | $X_{4}$ | $X_{20}$ | $X_{21}$ |
| | 障碍度(100%) | 5.79 | 3.58 | 3.37 | 3.36 | 3.34 | 3.31 | 3.31 |
| 2018 | 障碍因素 | $X_{15}$ | $X_{5}$ | $X_{4}$ | $X_{21}$ | $X_{11}$ | $X_{12}$ | $X_{9}$ |
| | 障碍度(100%) | 3.63 | 3.05 | 2.79 | 2.76 | 2.72 | 2.68 | 2.66 |

表 6 2009、2018 年第三梯度创新要素有效供给障碍度因素排序

| 年份 | 位序 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2009 | 障碍因素 | $X_7$ | $X_{14}$ | $X_{22}$ | $X_6$ | $X_{17}$ | $X_1$ | $X_5$ |
| | 障碍度(100%) | 3.77 | 3.54 | 3.48 | 3.49 | 3.44 | 3.42 | 3.39 |
| 2018 | 障碍因素 | $X_{15}$ | $X_9$ | $X_{12}$ | $X_4$ | $X_{10}$ | $X_{11}$ | $X_{13}$ |
| | 障碍度(100%) | 3.63 | 3.49 | 3.49 | 3.46 | 3.44 | 3.43 | 3.40 |

表 7 2009、2018 年第四梯度创新要素有效供给障碍度因素排序

| 年份 | 位序 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2009 | 障碍因素 | $X_{14}$ | $X_7$ | $X_3$ | $X_{20}$ | $X_{16}$ | $X_6$ | $X_{13}$ |
| | 障碍度(100%) | 3.65 | 3.63 | 3.58 | 3.57 | 3.55 | 3.51 | 3.50 |
| 2018 | 障碍因素 | $X_{15}$ | $X_{22}$ | $X_{21}$ | $X_{10}$ | $X_{12}$ | $X_{11}$ | $X_{13}$ |
| | 障碍度(100%) | 3.63 | 3.54 | 3.46 | 3.46 | 3.45 | 3.41 | 3.33 |

第五梯度省域绝大部分位于西部地区,2009 年创新要素供给障碍度因子最大的指标集中在压力和状态子系统,主要为 R&D 机构数、R&D 经费内部支出、R&D 活动人员、新产品开发经费支出、外商直接投资等;2018 年障碍度因子最大的指标为技术市场成交额、R&D 人员数、新产品开发经费支出、R&D 机构数、新产品销售收入、出口交货值等,主要分布在创新要素供给的 3 个子系统中。第五梯度单个要素指标变化中,14 个指标均有所上升,只有 8 个指标障碍度下降,除环境污染物排放量和电力消耗量两个指标障碍度下降较快外,其它 6 个指标下降速度缓慢。可见,第五梯度高技术产业创新要素有效供给的实现,需要从 3 个子系统同时着手,共同推进区域创新要素有效供给的实现。

表 8 2009、2018 年第五梯度创新要素有效供给障碍度因素排序

| 年份 | 位序 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2009 | 障碍因素 | $X_8$ | $X_7$ | $X_{12}$ | $X_{11}$ | $X_9$ | $X_4$ | $X_6$ |
| | 障碍度(100%) | 3.68 | 3.46 | 3.35 | 3.34 | 3.31 | 3.30 | 3.51 |
| 2018 | 障碍因素 | $X_{15}$ | $X_{21}$ | $X_9$ | $X_{12}$ | $X_{22}$ | $X_{11}$ | $X_4$ |
| | 障碍度(100%) | 3.63 | 3.62 | 3.62 | 3.62 | 3.60 | 3.60 | 3.60 |

3.2.2 准则层障碍度分析

依据评价结果,对 5 个梯度区域分别进行准则层障碍度分析,以明确市场和政府在建设创新要素供给体系中的角色。由图 6

可知,从整体看,各省域创新要素供给 3 个子系统障碍度呈下降趋势,但下降速度不一,压力子系统障碍度下降最快,是影响区域高技术产业创新要素有效供给的首要因素。从各梯度数值看,第一梯度省域 2009 年压力系统障碍度最大,其次是响应子系统、状态子系统;2010 年之后依次变为状态、响应、压力子系统。其中,压力子系统障碍度下降幅度最大(年均 6.2%),状态和响应子系统以 1.2%和 3.3%的速度递减。第二梯度省域 2010 年之前障碍度从大到小依次为压力、状态和响应子系统,2010 年之后状态子系统障碍度最大,压力、状态、响应 3 个子系统下降速度依次为 6.03%、3.14%、3.55%。第三、四、五梯度省域创新要素供给 3 个子系统中,压力子系统障碍度下降速度相对更快,状态和响应子系统下降缓慢,对区域创新要素集聚和配置作用相对较小。

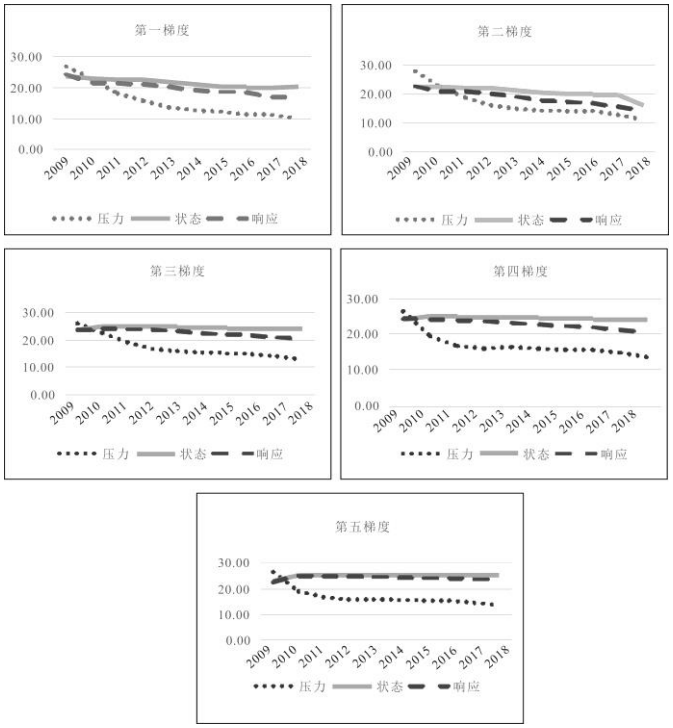


图 6 2009—2018 年我国 5 个梯度高技术产业创新要素供给各准则层障碍度

## 4 结论与对策建议

### 4.1 结论

本研究得出以下结论:①我国各省域创新要素供给水平发展速度存在差异,从 2009 年到 2018 年,大部分省域均实现了供给综合指数翻番,但仍有部分中西部省域要素供给综合指数增长速度较慢,尚未达到全国平均水平;②创新要素供给横向差距不断扩大,分区域看,东部地区明显优于中西部地区,且极值由 2009 年接近 38 扩大至 2018 年接近 85,证实了要素集聚效应的存在,更说明我国目前各地区经济高质量发展所需的创新要素供给极不均衡;③从单个指标看,目前影响我国大部分省域创新要素供给的指标为状态层的技术市场交易额、专利申请数、R&D 资金和人才投入等科技创新资源以及响应层的高技术产业发展水平、新产品销售收入、出口交货值等经济资源。

### 4.2 对策建议

基于上述研究结论,针对现阶段主要障碍因素,提出以下对策建议:

(1)已经实现较高水平创新要素有效供给的区域,应大力培育高技术产业创新链中具有核心技术的领军型企业、科研机构等优势种群,实现深度产学研合作,使创新要素的多样性、丰富性与优势种群协调发展,激发区域高技术产业创新生态的活力和韧性。

(2)要素供给领先型地区要注重创新要素供给协调,补链与强链相结合。在发挥市场配置资源基础性作用前提下,丰富高技术产业创新要素供给效率评价体系,及时对创新资源的部门需求、利用程度、产出情况和协调情况进行评价和监控,有效提升创新资源供给效率、配置效率和利用效率。

(3)吉林、黑龙江等中等水平创新要素供给地区,要同时推进创新要素在本地区集聚,更要注重要素供给各子系统之间的协调,构建区域创新要素供给系统。培育区域高技术产业集群,主动调整产业结构和空间布局,使之与区域内部资源禀赋和创新内生动力相匹配,增强创新要素集聚动力和吸引力。

(4)低水平创新要素供给地区在发挥“强政府”作用的基础上,更好地发挥市场机制功能,正确处理政府与市场的关系。在政策导向上,避免特惠型政策抑制市场优胜劣汰的选择机制,注重优化创新创业环境,破除行业垄断,合理配置创新要素,优化创新要素供给系统,加速要素流入。

**参考文献:**

[1]张永安,鲁明明.高技术制造业创新效率评价及要素投入差异性研究[J].科技进步与对策,2019,36(16):51-57.

[2]刘宇,康健,邵云飞.供给侧改革视域下高技术产业创新投入要素与成果产出关系研究——来自我国医药制造业的耦合证据[J].科技进步与对策,2019,36(11):64-69.

[3]赵玉林,高裕.技术创新对高技术产业全球价值链升级的驱动作用——来自湖北省高技术产业的证据[J].科技进步与对策,2019,36(3):52-60.

[4]俞立平,蔡绍洪,储望煜.协同创新下产业创新速度的要素门槛效应——基于高技术产业的研究[J].科技管理研究,2018,38(1):118-125.

[5]戴魁早,刘友金.要素市场扭曲与创新效率——对中国高技术产业发展的经验分析[J].经济研究,2016(7:)72-86.

[6]吕承超,王志阁,王媛媛.要素资源错配、所有制结构与技术创新[J].财经问题研究,2019(10):42-52.

[7]李盛楠,范德成.中国高技术产业技术创新效率影响因素研究——一个理论框架[J].科技进步与对策,2020,37(7):43-51.

[8]宣烨.要素价格扭曲、制造业产能过剩与生产性服务业发展滞后[J].经济学动态,2019(3):91-104.

[9]DAVID RAPPORT D,FRIEND A.Towards a comprehensive framework for environmental statistics:a stress-response approach[M].Ottawa:Statistics Canada,1979.

[10]HUGHEY K F,CULLEN R,KERR G N,et al.Application of the pressure-state-response framework to perceptions reporting of thestate of the New Zealand environment[J].Journal of Environmental Management,2004,70(1):85-93.

[11]MIHYEON J C,AMEKUDZI A.Addressing sustainability in transportation systems:definitions,indicators,and metrics[J].Journal of Infrastructure Systems,2005,11(1):31-50.

[12]CHAVES H M,ALIPAZ S.An integrated indicator based on basin hydrology,environment,life,and policy:the Watershed Sustainability Index[J].Water Resources Management,2007,21(5):883-895.

[13]WIHYEON J C,AMEKUDZI A.Addressing sustainability in transportation systems:definitions,indicators,and metrics[J].Journal of Infrastructure Systems,2005,11(1):31-50.

[14]高珊,黄贤金.基于PSR框架的1953-2008年中国生态建设成效评价[J].自然资源学报,2010,25(2):341-350.

[15]冯彦,郑洁,祝凌云.基于PSR模型的湖北省县域森林生态安全评价及时空演变[J].经济地理,2017,37(2):171-178.

[16]张满满,于鲁冀,张慧,等.基于PSR模型的河南省水生态安全综合评价研究[J].生态科学,2017,36(5):49-54.

[17]谢小青,黄晶晶.基于PSR模型的城市创业环境评价分析——以武汉市为例[J].中国软科学,2017,36(2):172-182.

[18]唐朝永,牛冲槐.基于PSR模型的山西领军型创业人才集聚机理研究[J].科技管理研究,2018,38(6):111-117.

[19]戴明辉.从贸易生态化视角看中国对外贸易可持续发展变迁:一个 PSR 模型的量化评估[J].国际贸易问题,2015(1):132-144.

[20]章磊,胡慧姿,张诤敏.基于PSR模型的省域军民融合发展水平评价研究[J].情报杂志,2019,38(8):97-104.

[21]唐朝永,邢鑫,牛冲槐.基于PSR模型的山西省新型研发组织培育机理研究[J].科技管理研究,2019,39(15):71-76.

[22]卜繁钢,王颖.新型城镇化PSR评价模型构建及驱动力分析——以济南市为例[J].中国统计,2019(1):30-32.

[23]中国经济增长前沿课题组.突破经济增长减速的新要素供给理论、体制与政策选择[J].经济研究,2015(11):4-19.

[24]赵黎明,宋瑶,殷建立.战略性新兴产业、传统产业与政府合作策略研究[J].系统工程理论与实践,2017(3):642-663.

[25]张治河,潘晶晶,李鹏.战略性新兴产业创新能力评价、演化及规律探索[J].科研管理,2015,36(3):1-12.

[26]罗雨泽,罗来军,陈衍泰.高新技术产业TFP由何而定——基于微观数据的实证分析[J].管理世界,2016,32(2):8-18.

[27]朱苑秋,谢富纪.长三角大都市圈创新要素整合[J].科学学与科学技术管理,2007,28(1):97-100.

[28]何向武,周文泳.区域高技术产业创新生态系统协同性分类研究[J].科学学研究,2018,36(3):541-549.

[29]官建成,陈凯华.我国高技术产业技术创新效率的测度[M].数量经济技术经济研究,2009(10):19-33.