

# 创新资金投入结构与高技术产业创新效率

惠树鹏,杨睿文,单锦荣

(兰州理工大学 经济管理学院,兰州 730050)

**摘要:**基于学界研究的不足和高技术产业创新资金投入路径,提出了高技术产业创新资金投入结构,在理论分析的基础上构建了高技术产业创新资金投入结构对创新效率的影响模型。进一步运用中国2009—2016年的省域面板数据对模型参数进行估计,结果发现:高技术产业创新资金投入结构对创新效率具有显著的正向非线性影响,高技术产业创新资金投入的最佳结构为1.79:1。当创新资金投入结构在1.79以下时,其对创新效率的边际影响为0.680;跨越1.79后,边际影响下降为0.380。进一步归因分析发现,由于受高技术产业创新水平、政府支持强度和出口强度的约束,高技术产业创新资金投入结构对创新效率的影响才呈非线性特征。由此提出了优化高技术产业创新资金投入结构,提高创新效率的政策启示。

**关键词:**创新资金投入结构;高技术产业;创新效率

**中图分类号:**F424.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1002—980X(2020)9—0181—08

高技术产业为国民经济先导产业,具有知识技术密集、创新投入比重高等特点。高技术产业通过创新不但直接促进产业自身竞争力的提高,而且可以关联带动其他相关产业的发展,实现经济结构的优化升级。因此,高技术产业是我国当前产业基础高级化和产业链现代化的重要抓手,是实现动力变革、推进我国经济高质量发展的重要载体。基于开放背景和创新路径多样化,高技术产业的创新活动包括研发创新和非研发创新两个部分,其中非研发创新包括模仿创新、技术引进和技术改造等活动<sup>[1]</sup>。

## 一、文献综述

由于创新过程的高风险、复杂性以及创新资源的稀缺性,如何配置研发创新和非研发创新两部分资金投入以提高创新效率成为学界和创新实践密切关注的命题。遗憾的是学界研究长期重研发创新而轻非研发创新<sup>[2]</sup>,将研发等同于创新。但随着全球化的深入,学术界开始重视非研发创新绩效的研究,将研发创新和非研发创新纳入同一分析框架,研究二者对高技术产业创新绩效的影响。余泳等<sup>[3]</sup>研究表明R&D投入是提升中国高技术产业创新绩效的主要动力之一,但这并不意味着否定了非R&D投入的作用,事实上非R&D投入对提升中国高技术产业创新绩效存在显著的直接调节作用;李子彪等<sup>[4]</sup>研究发现,研发创新和非研发创新都对高新技术企业整体经济创新绩效产生显著的促进作用,并且非研发创新还显著促进了企业技术创新绩效的提升;侯建等<sup>[5]</sup>实证考察了高技术产业研发创新和非研发创新与创新绩效之间的关系发现,研发创新整体上对创新绩效存在显著的促进作用,而非研发创新则存在一定的负向影响;陈昭和林涛<sup>[6]</sup>研究发现,低研发资本投入行业,国际技术溢出对高技术产业技术创新有显著抑制作用;高研发资本投入行业,国际技术溢出对技术创新有显著促进作用。上述研究规正了研发是高技术产业创新唯一路径的误区,将研发创新和非研发创新纳入同一分析框架使得对高技术产业创新绩效影响因素的研究日趋完整。但在研究时没有将二者纳入同一计量模型分析,既然研发创新与非研发创新都是高技术产业创新效率的重要影响因素,分模型分别研究会重要变量缺失,模型估计结果与现实会出现偏差。现有研究忽略了研发创新与非研发创新的依赖关系,将二者分别计入两个计量模型的原因在于两个方面:一方面,在企业投入能力一定的条件下,研发创新与非研发创新两方面的投入是此消彼长的关系;另一方面,还存在“引进-创新-再引进-再创新”<sup>[7]</sup>的良性循环问题,如果将二者同时纳入模型会引起共线性。而且已有研究缺乏研发创新与非研发创新的优化对比,没有回答高技术产业创新资金投入如何配置,是否存在最佳配置结构等问题,对高技术产业创新资金投入决策的指导性欠佳。

收稿日期:2020—03—16

基金项目:国家自然科学基金地区基金项目“新能源汽车碳配额管理体系的实验研究”(71764015)

作者简介:惠树鹏(1971—),男,甘肃镇原人,兰州理工大学教授,硕士研究生导师,研究方向:管理决策方法;杨睿文(1995—),女,山西太原人,兰州理工大学硕士研究生,研究方向:管理决策方法;单锦荣(1996—),女,陕西西安人,兰州理工大学硕士研究生,研究方向:管理决策方法。

本文立足已有研究文献,采用二分法构建包括研发创新和非研发创新的高技术产业创新资金投入结构,以此为核心变量分析其对高技术产业创新绩效的影响,寻求最佳投入结构,为高技术产业创新投入决策提供理论支持和实践指导,对已有研究文献做必要有益的补充。

## 二、理论分析及模型构建

### (一)理论分析

开放背景下,研发并非高技术产业创新的唯一路径,非研发创新也能很好地促进高技术产业创新效率提高<sup>[5,7]</sup>。研发创新虽然可以最终实现自主可控,但非研发创新通过引进、消化、吸收更容易快速形成技术优势。高技术企业可以立足该种优势在更高的技术水平上自主创新,使非研发创新服务于研发创新;研发活动也可能会对技术引进提出新需求,形成“引进-创新-再引进-再创新”的良性循环。对高技术产业而言,以提高创新效率为目标的创新投入自然被分割为两部分,这在客观上就形成了一种创新投入结构,这一结构是可变的。某地区高技术产业创新投入结构与其创新能力和创新环境越适应,创新投入结构对高技术产业创新效率的促进作用就会越强,反之作用会越弱,甚至出现负影响。基于创新资金投入的有限性,要想极大地提高创新效率,就必须合理配置研发创新和非研发创新资金,寻求研发创新和非研发创新资金的最佳结构。与其说研发创新和非研发创新影响高技术产业创新效率,还不如说创新投入结构影响了高技术产业的创新效率。借鉴曹勇和苏凤娇<sup>[8]</sup>的研究,将非研发创新投入引入 Griliches-Jaffe 知识生产函数,构建创新生产模型如下:

$$Y = A \times I_R^\alpha \times N_R^\beta \times L^\gamma \tag{1}$$

其中:Y表示创新产出;A表示创新效率; $I_R$ 表示研发经费投入; $N_R$ 表示非研发经费投入; $L$ 表示创新人力资本投入; $\alpha$ 、 $\beta$ 和 $\gamma$ 为产出弹性系数。于是创新资金投入结构为 $\frac{I_R}{N_R}$ ,用 $S_I$ 表示; $\frac{N_R}{I_R}$ 为 $S_I$ 的倒数,用 $S_N$ 表示,于是 $N_R = S_N \times I_R$ ,此时式(1)变换为

$$Y = A \times I_R^{\alpha+\beta} \times S_N^\beta \times L^\gamma \tag{2}$$

根据式(2)将创新效率A表示如下:

$$A = \frac{Y}{I_R^{\alpha+\beta} \times S_N^\beta \times L^\gamma} = S_I^\beta \times \frac{Y}{I_R^{\alpha+\beta} \times L^\gamma} \tag{3}$$

由式(3)可知,高技术产业创新效率会受到创新资金投入结构的影响,于是构建计量模型定量研究创新资金投入结构对创新效率的影响程度。

### (二)模型构建

针对已有研究文献对创新投入结构的忽略,立足理论分析,本论文将“研发创新投入/非研发创新投入”定义为高技术产业的创新资金投入结构,研究其对高技术产业创新效率的影响。参考任保显和王洪庆<sup>[9]</sup>、董鹏刚<sup>[10]</sup>和白俊红<sup>[11]</sup>的研究,政府 R&D 资助强度、出口强度和企业规模也是影响高技术产业创新效率的重要因素,因此将这些变量纳入控制变量。构建如下计量模型:

$$\ln tfpch_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln S_{Rit} + \beta_2 \ln gov_{it} + \beta_3 \ln ei_{it} + \beta_4 \ln is_{it} + \varepsilon_{it} \tag{4}$$

其中: $tfpch$ 表示高技术产业创新效率; $S_{Rit}$ 表示创新资金投入结构; $gov$ 表示政府 R&D 资助强度; $ei$ 为出口强度; $is$ 为企业规模; $i$ 为地区, $t$ 为时间; $\beta$ 为待估参数; $\varepsilon$ 为随机扰动项。如果创新资金投入存在最佳结构,那么最佳结构与非最佳结构条件下其对高技术产业创新效率的影响应该有所不同。由此,本文借鉴 Hansen<sup>[12]</sup>的固定效应门槛回归模型,以创新资金投入结构为门槛变量,寻求其最佳结构以及不同结构水平下创新资金投入结构对高技术产业创新效率的不同程度影响,于是构建如下非线性模型:

$$\ln tfpch_{it} = C + \theta_1 (\ln S_{Rit}) I_{it} (thr \leq \tau_1) + \theta_2 (\ln S_{Rit}) I_{it} (\tau_1 < thr \leq \tau_2) + \theta_3 (\ln S_{Rit}) I_{it} (thr > \tau_2) + \sum_i \beta_i \ln X_i + \varepsilon_{it} \tag{5}$$

其中:C为常数项; $thr$ 为门槛变量,即创新投入结构; $\tau_1$ 和 $\tau_2$ 分别为创新资金投入结构的第一门槛值和第二门槛值; $\theta$ 为待估参数; $I_{it}(\cdot)$ 为虚拟变量,如果 $I_{it}(\cdot)$ 括号内条件满足, $I_{it}$ 取1,否则取0; $X$ 为控制变量。

### (三)变量生成

被解释变量为高技术产业创新效率( $tfpch$ ),本文利用可以计算动态多投入多产出决策单元效率值的

Malmquist指数法进行测度,创新投入可以分为资本投入和人力投入,通常用R&D经费内部支出和R&D人员折合全时当量表征,但是考虑到非研发投入对创新效率的影响,本文特将非研发投入一并纳入效率测度模型,并借鉴姬中洋和李彦龙<sup>[7]</sup>的研究,用技术引进、消化吸收、购买境内技术和技术改造费用之和表示非研发投入。其中R&D经费内部支出为存量,因此特采用永续盘存法<sup>[13]</sup>计算。参照蔡青<sup>[14]</sup>,将高技术产业创新效率的产出分为知识产出和经济产出。知识产出用高技术产业专利申请数表示,反映创新过程中涉及技术、工艺和外观设计等难以量化的创新产出,体现了高技术产业自主创新积极性和创新水平。对于企业而言,只有将创新转化为具有差异性的商品并被市场认可才能称为真正有价值的创新,因此选取新产品销售收入指标表示高技术产业创新的经济产出。

核心解释变量为创新资金投入结构( $S_{Rit}$ ),计算公式为 $S_{Rit}=I_{Rit}/N_{Rit}$ ,其中 $I_{Rit}$ 为高技术产业研发投入,用永续盘存法计算得到的R&D经费内部支出表示, $N_{Rit}$ 为高技术产业非研发经费投入,用技术引进、消化吸收、购买境内技术和技术改造费用之和表示。

控制变量包括政府支持强度( $gov$ )、出口强度( $ei$ )和企业规模( $is$ )。 $gov$ 用政府R&D资助资金占高技术产业R&D经费内部支出比重表示; $ei$ 用高技术产业新产品出口销售收入与新产品销售总收入的比值衡量; $is$ 用高技术产业主营业务收入比企业个数表示。

上述各变量所涉及的指标数据来源于2009—2016年的《中国高技术产业统计年鉴》和《中国科技统计年鉴》,西藏、青海和港澳台地区由于数据缺失严重而被剔除。表1为各变量的描述性统计。

表1 变量的描述性统计

变量	观测值数	均值	标准差	最小值	最大值
高技术产业创新效率( $tfpch$ )	232	0.889	0.593	0.018	4.346
创新资金投入结构( $S$ )	232	4.445	4.572	0.226	44.598
政府支持强度( $gov$ )	232	0.120	0.101	0.001	0.433
出口强度( $ei$ )	232	0.210	0.204	0.000	0.912
企业规模( $is$ )	232	3.336	1.743	0.615	7.499

### 三、模型估计及分析

运用Stata 13.1软件对模型(4)进行混合效应、固定效应、随机效应模型回归,通过B-P检验和Hausman检验选出最优模型,回归结果见表2。

从表中2可以看出,创新资金投入结构无论在何种模型中均在5%以上的显著性水平下正向影响高技术产业创新效率,且影响程度大于3个控制变量。B-P检验结果中 $P$ 值为0.00说明随机效应优于混合效应,Hausman检验结果中 $\chi^2(0)$ 为0, $P$ 值不存在,表示随机效应未满足假设条件,因此在随机效应和固定效应中选择固定效应。固定效应的回归结果显示,创新资金投入结构在1%的显著性水平下对高技术产业创新效率存在显著的促进作用,即在其他条件不变的情况下,研发投入与非研发投入的比值每增加1%,高技术产业创新效率平均提升0.152%。企业规模在5%的显著性水平下对高技术产业创新效率具有显著的抑制作用,企业规模每增加1%,高技术产业创新效率平均下降0.151%。其余变量的变化在统计意义上未能对高技术产业创新效率产生显著的影响。

表2 基本模型回归结果

变量	混合效应模型	固定效应模型	随机效应模型
	$tfpch$	$tfpch$	$tfpch$
$\ln is$	-0.086 (-0.81)	-0.151** (-2.51)	-0.149** (-2.50)
$\ln ei$	0.035 (1.40)	-0.005 (-0.21)	-0.002 (-0.08)
$\ln gov$	0.014 (0.21)	-0.002 (-0.05)	-0.001 (-0.03)
$\ln S$	0.181** (2.45)	0.152*** (4.05)	0.153*** (4.12)
$_{-}cons$	-0.344 (-1.50)	-0.404*** (-2.99)	-0.399** (-1.97)
$N$	232	232	232
$R^2$	0.041	0.082	0.082
B-P检验( $P$ 值)		$\chi^2(01) = 589.80 (0.00)$ $Prob > \chi^2 = 0.000$	
Hausman检验( $P$ 值)	$\chi^2(0) = 0.00$ $Prob > \chi^2 = 0.000$		

注:\*\*\*、\*\*和\*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平上显著;固定效应模型和混合效应模型括号中的数字是 $t$ 统计量值,随机效应模型括号里的数字是 $z$ 统计量值。

表2表明创新资金投入结构对高技术产业创新效率存在显著的正向影响,但是回归模型的拟合优度 $R^2$ 极低,仅为0.082,说明创新资金投入结构对高技术产业创新效率的影响用线性模型表示可能并不合理,如果采用线性模型,创新资金投入结构对高技术产业创新效率的真实影响机制就会被忽略。因此借助Hansen提出的门槛模型,利用Stata13.1软件对模型(5)展开估计。在此过程中利用Bootstrap(自抽样)的方法检验门槛值的存在性,根据Bootstrap方法得到的 $F$ 统计值和相应的 $P$ 值判断单门槛或双门槛的存在性,从而确定门槛模型类型(表3)。

由表3可知,在10%的显著性水平下,创新资金投

入结构作为门槛变量时存在一个门槛值,因而对其选取单一门槛模型。接着对门槛值和门槛系数进行估计,见表4。

表4表明创新资金投入结构的门槛估计值在95%的置信区间内,门槛值估计较准确(LR图如图1所示)。进一步用Stata13.1估计门槛模型,结果见表5。

门槛回归结果表明,创新资金投入结构作为门槛变量时,单一门槛值为0.583,两个门槛区间内的参数估计值都通过1%显著性水平的检验,拟合优度 $R^2$ 为0.419与线性回归相比有很大的提高,其余控制变量的显著性有明显的改善,说明创新资金投入结构对高技术产业创新效率的影响确实为非线性。创新资金投入结构小于0.583时,其对高技术产业创新效率的边际影响为0.680;当创新资金投入结构跨越门槛值0.583时,其对高技术产业创新效率的边际影响下降为0.380;当创新资金投入结构等于0.583时,为最佳投入结构,此时研发经费投入/非研发经费投入为1.79:1,大于该比值,创新资金投入结构对高技术产业创新效率的正向影响明显减弱。进一步将29个省份划分到两个门槛区间,见表6。

表3 门槛效应自抽样检验结果

门槛变量	模型	F	P	BS次数	临界值		
					1%	5%	10%
创新资金投入结构	单一门槛	12.19*	0.084	500	19.756	15.162	10.766
	双重门槛	5.78	0.396	500	17.723	13.227	10.884

注:\*\*\*、\*\*和\*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平上显著。

表4 门槛效应估计值及置信区间

门槛变量	门槛模型	门槛值	95% 置信区间
创新资金投入结构	单一门槛模型	0.583	[0.036, 0.5833]

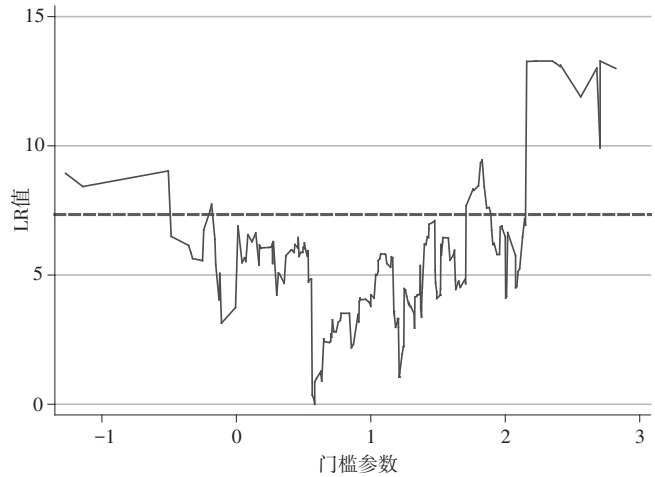


图1 创新资金投入结构的单一门槛估计值和置信区间

表5 门槛模型回归结果

门槛变量	创新资金投入结构(S)		
	系数	标准误	T
lnis	0.760***	0.094	8.08
lnel	0.076*	0.039	1.95
lngov	-0.200**	0.079	-2.52
$\ln S \times I(thr \leq \tau_1)$	0.680***	0.132	5.14
$\ln S \times I(thr > \tau_1)$	0.380***	0.125	3.03
_cons	0.208	0.253	0.82
F统计量		28.61	
$R^2$		0.419	

注:\*\*\*、\*\*和\*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平上显著。

表6 2009—2016年29个省份在两个门槛区间分布的变动情况

年份	第一门槛区间	第二门槛区间
2009	天津、辽宁、吉林、黑龙江、江苏、安徽、福建、河南、湖南、广西、海南、重庆、四川、贵州、宁夏、陕西、新疆、甘肃	北京、山西、河北、内蒙古、浙江、上海、山东、江西、湖北、广东、云南
2010	天津、内蒙古、黑龙江、江苏、浙江、福建、湖南、广西、海南、重庆、四川、宁夏、陕西、甘肃	北京、山西、河北、吉林、安徽、辽宁、江西、山东、河南、湖北、广东、贵州、云南、新疆、上海
2011	内蒙古、江苏、福建、湖南、广西、海南、四川	北京、天津、河北、山西、辽宁、吉林、黑龙江、上海、浙江、安徽、江西、山东、河南、湖北、广东、重庆、贵州、云南、陕西、甘肃、宁夏、新疆
2012	江苏、吉林、江西、湖南、广西、四川、海南、新疆、宁夏	北京、河北、天津、内蒙古、山西、黑龙江、辽宁、上海、浙江、安徽、福建、山东、河南、湖北、广东、重庆、贵州、云南、陕西、甘肃
2013	吉林、湖南、新疆、宁夏、海南	北京、河北、天津、内蒙古、山西、黑龙江、辽宁、江苏、浙江、上海、安徽、福建、江西、山东、河南、湖北、广东、广西、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃
2014	内蒙古、山西、湖南、辽宁、新疆、宁夏	北京、河北、天津、黑龙江、吉林、上海、江苏、浙江、安徽、福建、江西、山东、河南、湖北、广东、广西、海南、重庆、四川、云南、贵州、陕西、甘肃
2015	吉林、云南、宁夏	北京、天津、河北、山西、内蒙古、辽宁、黑龙江、上海、江苏、浙江、安徽、福建、江西、山东、河南、湖北、湖南、广东、广西、海南、重庆、四川、贵州、陕西、甘肃、新疆
2016	福建、湖南	北京、天津、河北、山西、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、上海、江苏、浙江、安徽、江西、山东、河南、湖北、广东、广西、海南、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、宁夏、新疆

从表6和图2可以看出,随着时间的推移,越来越多的地区由第一门槛区间跨越到第二门槛区间,表明高技术企业越来越倾向于研发资金投入,创新资金投入结构有明显提高。这可能是由于大多数高技术企业认为:创新来源于自主研发,在促进创新效率的途径中,研发投入比非研发投入带来的效用更大,即研发投入越多越好。但这可能只是主观臆想导致的谬误,因为门槛回归结果显示,较低的投入结构对高技术产业创新效率的影响较强,而较高的投入结构影响较弱,这在一定程度上也佐证了朱娟和李永发<sup>[15]</sup>的研究结果。研发创新虽然促进创新效率的提升,但由于其存在着较大的风险,且创新成果转化为经济产出的周期较长,因而对创新效率的提升作用非常有限。但相比之下,人们能够在进行诸如技术改造、技术引进、消化吸收和购买国内技术等非研发创新活动前对创新投入和产出进行预判,大大降低了创新风险,还能利用现成的知识和技术在短时间内将创新成果转化为产出,是中国现阶段内提高创新效率的有效途径。因此,无论是政府还是企业都应摒弃“重研发,轻非研发”的思想,把握好创新资金投入结构,将非研发投入重视起来,利用好现有先进技术,让有限的资金发挥最大的价值。

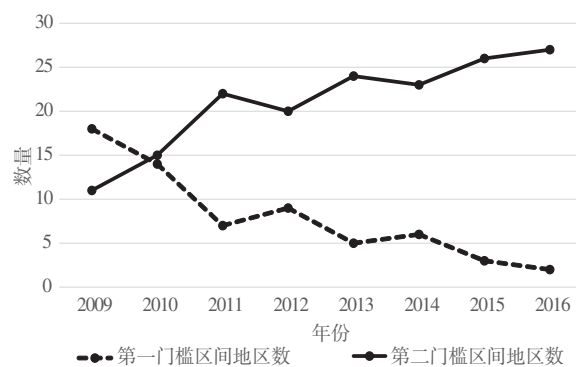


图2 2009—2016年两个门槛区间包含的省份数

#### 四、进一步拓展分析

门槛回归结果表明,当高技术产业研发经费投入与非研发投入的比值超过1.79时,创新资金投入结构对高技术产业创新效率的作用程度减弱,创新资金投入结构对高技术产业创新效率的影响呈非线性。而造成这种非线性的原因可能是高技术产业的创新资金投入结构对创新效率的影响还受到产业创新水平和创新环境的约束。为了研究不同创新水平和创新环境下创新资金投入结构对高技术产业创新效率的影响,本文再次利用如下门槛回归模型进一步研究创新资金投入结构对高技术产业创新效率非线性影响的原因。

$$\ln tfpch_{it} = C + \theta_1 (\ln S_{Rit}) I_{it}(\text{thr} \leq \tau_1) + \theta_2 (\ln S_{Rit}) I_{it}(\tau_1 < \text{thr} \leq \tau_2) + \theta_3 (\ln S_{Rit}) I_{it}(\text{thr} > \tau_2) + \sum_i \beta_i \ln X_i + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

其中: $\theta$ 和 $C$ 为待估参数; $I_{it}(\cdot)$ 为虚拟变量,如果 $I_{it}(\cdot)$ 括号内条件满足, $I_{it}$ 取1,否则取0; $\text{thr}$ 为门槛变量,在此分别将创新水平( $p$ )以及代表创新环境因素的政府支持强度( $gov$ )和出口强度( $open$ )作为门槛变量放入模型当中,生成3个门槛回归模型。其中,创新水平用有效发明专利数与高技术产业企业数的比值表示,政府支持强度和出口强度同控制变量的描述。再次利用Stata13.1软件采用上文中所述方法确定门槛模型类型,见表7。

从表7可知,创新水平、政府支持强度和出口强度作为门槛变量时,分别在1%、5%和10%的显著性水平下存在一个门槛值,因此均选择单一门槛模型,进而对门槛值进行估计,见表8。

由表8可知,3个门槛变量的门槛估计值均在95%的置信区间内且置信区间较小,说明门槛估计值非常准确。本文分别绘制出3个门槛变量的似然比函数图以更直观地展现门槛估计值的准确性,门槛估计值是LR值为0时的取值,如图3~图5所示。

表7 门槛效应自抽样检验结果

门槛变量	模型	F	P	BS次数	临界值		
					1%	5%	10%
创新水平	单一门槛	25.70***	0.002	500	22.795	15.710	12.730
	双重门槛	8.10	0.504	500	25.590	18.314	15.552
政府支持强度	单一门槛	16.81**	0.036	500	20.245	14.300	11.882
	双重门槛	4.53	0.632	500	20.259	13.540	10.873
出口强度	单一门槛	14.92*	0.078	500	24.885	17.463	14.066
	双重门槛	6.33	0.458	500	29.989	22.726	17.324

注:\*\*\*、\*\*和\*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平上显著。

表8 门槛效应估计值及置信区间

门槛变量	门槛模型	门槛值	95% 置信区间
创新水平	单一门槛模型	-0.797	[-0.932, -0.764]
政府支持强度	单一门槛模型	-3.962	[-4.007, -3.953]
出口强度	单一门槛模型	-0.481	[-0.527, -0.454]

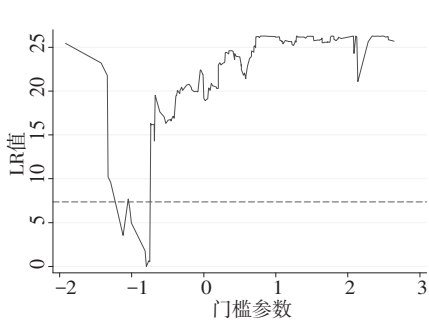


图 3 创新水平的单一门槛估计值和置信区间

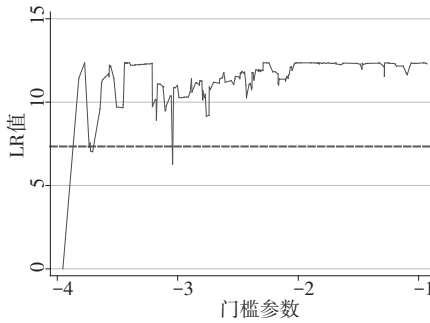


图 4 政府支持强度的单一门槛估计值和置信区间

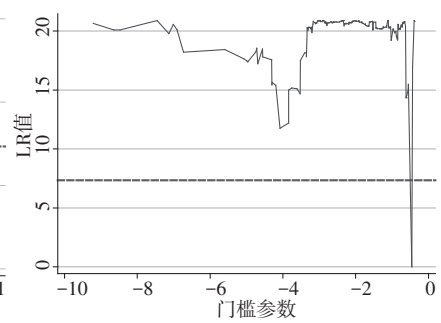


图 5 出口强度的单一门槛估计值和置信区间

确定门槛值后,继续使用Stata13.1对模型(6)的其他参数进行估计,见表9。

当创新水平作为门槛变量时,模型具有单一门槛效应,门槛值为-0.797,  $R^2$ 为0.451。创新水平低于-0.797,创新资金投入结构在10%的显著性水平下负向影响高技术产业创新效率,影响系数为-0.422;创新水平高于-0.797,创新资金投入结构在1%的显著性水平下正向影响高技术产业创新效率,系数为0.561。可见跨越门槛值后,创新资金投入结构对高技术产业创新效率的影响由阻碍变为促进。这表明高技术产业创新水平处于低门槛区间时,随着创新资金投入结构的提高,创新效率不断降低,此时企业研发投入的相对量增加不但不能提高创新效率,反而对其产生了阻碍作用。究其原因可能是企业创新水平较低时,其拥有的诸如人力资本、技术水平、管理经验、相关知识和研发资金等创新资源未能达到实现自主创新的要求或者这些资源未能实现有效配置,而创新又是一项高风险、高技术含量的活动,资源的低水平和低配置往往导致创新效率低下,甚至以失败告终,创新投入成为沉没成本,严重阻碍创新效率的提升。同时,较低的创新水平意味着较低的吸收能力,企业引进的技术没有很好地消化吸收,抑制了非研发创新对高技术产业创新效率的促进作用。因此,企业在此阶段不应一味加大研发投入,而应该调整创新投入结构,使之与当前的创新水平相适应。当高技术产业创新水平处于高门槛区间时,随着创新资金投入结构的提高,创新效率不断提升,这说明当企业的创新水平积累到一定高度时,继续提高研发投入占比才对企业创新效率提升具有促进作用,此时的企业通过学习创新知识、积累创新经验具备了一定的自主创新能力和吸收能力,达到了研发创新与非研发创新的相互促进,能够利用现有的创新资源将创新投入顺利转化为创新产出,提升创新效率。

当政府支持强度作为门槛变量时,模型具有单一门槛效应,门槛值为-3.962,  $R^2$ 为0.430。政府支持强度低于-3.962,由于没有通过显著性检验,创新资金投入结构对高技术产业创新效率为不显著的负影响,影响系数为-0.133;政府支持强度高于-3.962,创新投入结构对高技术产业创新效率的影响由负转正,影响系数为0.597,且通过显著性水平为1%的检验。这表明政府对高技术产业的研发投入支持度处于低门槛区间时,创新资金投入结构的提高使得创新效率不断下降,即企业研发投入相对量的增加抑制了创新效率的提升;当政府支持处于高门槛区间时,提高企业研发资金投入的相对量能够促进创新效率的提升。这是由于创新活动的每一个环节都离不开资金支持,充足的资金保障了企业创新活动顺利开展,资金短缺会导致企业不能吸引优秀人才,害怕创新带来的风险而不敢尝试创新。因此政府为了鼓励企业开展创新,打消企业的顾虑,主动给予高技术产业研发资金支持,而当这种支持处于低水平,尚未达到创新所需时,企业的自主创新活动仍然受制于资金短缺,不能顺利产出创新成果,这时的企业更适合用现有的资金引进外部先进技术,迅速地将

表 9 门槛模型回归结果

门槛变量 解释变量	创新水平( $\rho$ )			政府支持强度( $gov$ )			出口强度( $open$ )		
	系数	标准误	$T$	系数	标准误	$T$	系数	标准误	$T$
$\ln S$	0.861***	0.091	9.49	0.852***	0.092	9.22	0.740***	0.094	7.83
$\ln open$	0.041	0.038	1.07	0.050	0.093	1.29	0.071*	0.039	1.82
$\ln gov$	-0.136*	0.080	-1.71	-0.042	0.095	-0.44	-0.267***	0.077	-3.47
$\ln S \times I(thr \leq \tau_1)$	-0.422*	0.226	-1.87	-0.133	0.203	-0.65	0.566***	0.121	4.68
$\ln S \times I(thr > \tau_1)$	0.561***	0.118	4.77	0.597***	0.122	4.90	2.021***	0.441	4.58
$_{-}cons$	0.207	0.242	0.86	0.460*	0.272	1.69	0.085	0.244	0.35
$F$ 统计量	32.51			29.93			29.29		
$R^2$	0.451			0.430			0.425		

注:\*\*\*、\*\*和\*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平上显著。

新技术转化为收益,为下一次自主创新积累充足的研发资金;只有当政府研发支持达到一定高度,并与企业自身研发投入相配合,才能为创新活动提供充分的资金,保证研发活动的成功率和创新成果的应用效果,进而提高创新效率。

当出口强度作为门槛变量时,模型具有单一门槛效应,门槛值为 $-0.481$ , $R^2 = 0.425$ 。出口强度低于 $-0.481$ ,在1%的显著性水平下创新资金投入结构正向影响高技术产业创新效率,影响系数是0.566;出口强度高于 $-0.481$ ,创新资金投入结构在1%的显著性水平下的影响系数为2.021,是低门槛区间的3.6倍,表明创新投入结构对高技术产业创新效率的促进作用大幅提升。可见,出口强度作为门槛变量时,创新资金投入结构对高技术产业创新效率始终存在正向影响,当出口强度跨越门槛值后,创新资金投入结构的影响程度迅速提升,边际影响变为先前的3.6倍。这可能是由于市场需求是技术创新的内在源泉,而出口作为一种外需具有高标准、严要求、高利润的特点,对企业技术要求高的同时也对企业有极大的吸引力,更能激发企业的自主创新能力,因而创新资金投入结构(即研发投入的相对量)对创新效率的边际影响总为正。而随着出口强度的加大,本土企业与外商的贸易更加频繁,为了稳定已建立的外贸关系,寻求长期合作,本土企业会在学习外部知识的基础上更注重自主创新,抢占市场先机,获取利润后开展新一轮的创新,不断填补市场空白,因此高出口强度下,高技术产业创新资金投入结构(即研发投入的相对量)对创新效率的边际影响更大。

## 五、主要结论与政策启示

### (一)主要研究结论

论文基于高技术产业创新资金投入分研发创新投入和非研发创新投入的现实,借鉴已有关于研发创新投入和非研发创新投入作用于高技术产业创新效率的研究成果,兼顾高技术企业为提高创新效率的创新资金投入决策需求,构建了高技术产业创新资金投入结构,在此基础上运用2009—2016年省域高技术产业创新的相关数据,进一步分析了高技术产业创新资金投入结构对创新效率影响的机制和原因,主要研究结论如下:

(1)高技术产业创新资金投入确实存在最佳结构,即高技术产业创新资金投入结构对创新效率的影响呈非线性机制,最佳投入结构为1.79:1,当创新资金投入结构低于最佳结构时,高技术产业创新投入结构对创新效率的边际影响为0.680;当创新资金投入结构高于最佳结构时,其对创新效率的边际影响为0.380。

(2)基于全国29个省域(西藏、青海及港澳台地区由于数据缺失被剔除)的定量分析发现,2009—2016年间,随着时间的推移,越来越多的省份由创新资金投入结构的合理区间迈入了不合理区间,除湖南和福建外,其余省份高技术产业创新资金投入结构对创新效率的边际影响均有所降低。

(3)进一步研究发现,高技术产业创新资金投入结构对创新效率之所以呈非线性影响,主要原因在于高技术产业创新资金投入结构对创新效率的作用还受到产业自身创新水平、政府支持强度和出口强度等因素的影响,且都呈单一门槛特征。当高技术产业创新水平跨过门槛值后,创新资金投入结构对创新效率的影响由负向变为显著的正向促进作用;当政府支持强度跨越门槛值时,创新资金投入结构对创新效率的影响由不显著负向影响变为显著的正向促进作用;当出口强度跨越门槛值时,创新资金投入结构对创新效率的正向影响出现了较大幅度的递增,其边际影响为跨越门槛值之前的3.6倍。

### (二)政策启示

(1)基于高技术产业创新投入结构对创新效率的非线性影响,我国高技术产业在加大创新资金投入以提高创新效率时,要坚持将自主创新与开放合作相结合,既要推进自主创新以实现安全可控,又要重视学习和引进国外先进技术,加大对国外技术的消化吸收投入力度。在该思想的指引下,高技术企业要注重研发创新资金投入和非研发创新资金投入的平衡,在保证研发创新资金投入的同时,要重视非研发创新资金投入对高技术产业创新效率的作用,找寻创新资金投入最佳结构,最大限度地提高高技术产业的创新效率。

(2)在优化创新资金投入结构,提升高技术产业创新效率的过程中,要充分、系统考虑高技术产业自身的创新水平、政府支持强度和出口强度等因素的非线性影响。在实践中,高技术企业应着力提高自身的创新水平,并以此为依据选择最优资金投入结构;政府应提高对高技术产业的支持强度,使之形成最优资金投入结构,同时制定出台支持高技术产业出口的政策,以出口牵引创新资金投入结构优化,极大限度提升高技术产业创新效率。

## 参考文献

- [ 1 ] ZHENG G, GUO Y, WANG Y. Non-R&D innovation patterns in Chinese SMEs: An empirical study from Zhejiang province [J]. *International Journal of Innovation & Technology Management*, 2014, 13(6): 177-211.
- [ 2 ] 郑刚, 刘仿, 徐峰, 等. 非研发创新: 被忽视的中小企业创新另一面[J]. *科学学与科学技术管理*, 2014, 35(1): 140-146.
- [ 3 ] 余泳, 陈龙, 王筱. R&D投入、非 R&D投入与技术创新绩效作用机制研究——以中国高技术产业为例[J]. *科技进步与对策*, 2015, 32(6): 66-71.
- [ 4 ] 李子彪, 孙可远, 赵菁菁. 研发创新、非研发创新对创新绩效影响的差异化——基于高新技术企业的实证研究[J]. *技术经济*, 2017, 36(11): 7-15.
- [ 5 ] 侯建, 陈恒, 李丽, 等. 高技术产业研发创新与非研发创新的异质门槛效应研究[J]. *管理学报*, 2018, 15(3): 392-398.
- [ 6 ] 陈昭, 林涛. 国际技术溢出、研发投入门槛与技术创新[J]. *上海经济研究*, 2018(4): 118-127.
- [ 7 ] 姬中洋, 李彦龙. 非研发创新与高技术产业创新绩效[J]. *经济经纬*, 2019(4): 94-100.
- [ 8 ] 曹勇, 苏凤娇. 高技术产业技术创新投入对创新绩效影响的实证研究——基于全产业及其下属五大行业面板数据的比较分析[J]. *科研管理*, 2012, 33(9): 22-31.
- [ 9 ] 任保显, 王洪庆. 政府 R&D 资助对高技术产业创新效率的影响——基于最优规模的视角[J]. *经济经纬*, 2019, 36(6): 95-102.
- [ 10 ] 董鹏刚, 史耀波. 市场需求要素驱动的创新溢出效应研究[J]. *科技进步与对策*, 2019, 36(9): 19-25.
- [ 11 ] 白俊红. 企业规模、市场结构与创新效率——来自高技术产业的经验证据[J]. *中国经济问题*, 2011(5): 65-78.
- [ 12 ] HANSEN B. Threshold effects in non-dynamic panels: Estimation, testing and inference [J]. *Journal of Econometrics*, 1999, 93(2): 345-368.
- [ 13 ] 吴延兵. R&D 存量、知识函数与生产效率[J]. *经济学(季刊)*, 2006(3): 1129-1156.
- [ 14 ] 秦青. 区域工业企业技术创新效率及影响因素——基于三阶段 SBM 模型的分析[J]. *地域研究与开发*, 2018, 37(2): 47-51.
- [ 15 ] 朱娟, 李永发. 非研发创新与地区生产率——基于空间面板计量模型的分析[J]. *北京师范大学学报(社会科学版)*, 2019(4): 147-160.

## Innovative Capital Investment Structure and High-tech Industry Innovation Performance

Hui Shupeng, Yang Ruiwen, Shan Jinrong

(School of Economics and Management, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China)

**Abstract:** Based on the shortcomings of academic research and the investment path of high-tech industry innovation capital, the investment structure of high-tech industry innovation capital is put forward, and a model of the impact of high-tech industry innovation capital investment structure on innovation efficiency is built on the basis of theoretical analysis. Based on the panel data of China's provinces in 2009—2016, the model parameters were estimated. The results show that the high-tech industry innovation capital investment structure has a significant positive non-linear impact on innovation efficiency. The optimal structure for high-tech industry innovation capital investment is 1.79:1. When the innovation capital investment structure is below 1.79, the marginal impact of it on innovation efficiency is 0.680, when the innovation capital investment structure spans 1.79, the marginal impact is reduced to 0.380. Further quantitative attribution analysis find that due to the constraints of high-tech industry innovation level, government support intensity and export intensity, the impact of high-tech industry innovation capital investment structure on innovation efficiency is nonlinear. On the basis of the above analysis, the policy enlightenment of optimizing the investment structure of high-tech industry innovation capital and improving innovation efficiency is put forward.

**Keywords:** innovation capital investment structure; high-tech industry; innovation efficiency