

基础研究与应用研究的产业创新效应

李 政 王思霓

摘 要 中国正处于转变经济增长动力的攻坚期,单纯依靠提高研发投入总量已经难以满足提升产业创新能力的需要,产业创新绩效的提升在越来越大程度上取决于研发支出结构的优化。基于 2007-2017 年中国大中型企业数据,通过建立联立方程分析基础研究和应用研究投入对产业创新绩效的影响,可以发现:应用研究投入对产业创新绩效具有倒 U 型作用,基础研究投入可以持续提升产业创新绩效,一部分通过基础研究的自主创新激励效应实现,另一部分通过提高应用研究的技术吸收能力间接实现。中国产业发展正处于新的历史机遇期,只有保持对基础研究的持续强劲投入势头,提高基础研究和应用研究的整体协同度,针对不同行业分类施策,才能实现产业发展动力从模仿创新到自主创新的转变。

关键词 基础研究;应用研究;产业创新绩效

中图分类号 F270-05 **文献标识码** **文章编号** 1672-7320(2021)05-0091-14

基金项目 国家社会科学基金重大项目(18ZDA036);中国社会科学院国有经济研究智库课题(GJZK20210107)

党的十九届五中全会通过的“十四五”规划提出要加快发展现代产业体系,推进产业链现代化。经过改革开放 40 余年的发展,我国已经形成较为完整的产业链,在全球产业体系中占有重要地位。在产业发展过程中,研发投入带来的科技创新效应发挥了重要作用。我国的研发投入逐年大幅度增长,尤其是党的十八大以来,全社会研发经费投入总量由 2016 年的 1.55 万亿元增长至 2020 年的 2.44 万亿元,研发强度(研发经费投入总量占 GDP 的比重)达到 2.4%。根据世界知识产权组织发布的《2020 全球创新指数报告》,中国的创新指数排名全球第 14 位,专利申请量指标显著上升。从整体来看,虽然我国的研发投入强度不断增加,重大科技创新成果不断涌现,但是我国还未形成与产业链进一步发展相配套的科技创新能力^[1](P5-15)。由国家制造强国建设战略咨询委员会发布的《“工业四基”发展目录(2016-2020)》显示,目前我国总体上已经实现了产业链全面布局,具有规模优势,但是在产业基础能力方面依然落后于美国、德国、日本等传统制造业发达国家,我国产业链表现出产业基础薄弱、关键核心技术受制于人等一系列问题。目前我国仅有 6 大类产业实现完全自主可控,仅占比 23%,有 10 类产业对外依存度较高,尤其在集成电路产业、通信装备产业、电力装备产业等领域。我国产业链的发展现状表明随着研发投入的增加,产业链整体创新能力已经向世界前沿水平靠拢,产业技术水平从跟跑进入到并跑、领跑阶段,但是仍然存在产业大而不强、产业基础能力薄弱等问题。这些问题显示出以往通过技术引进和联合开发的创新模式已经难以继续,必须依靠自主创新提高产业基础能力,最终建成以我国为主的全球产业链。尤其是在中美关系存在巨大不确定性和全球产业链重构的现实背景下,必须以更加科学合理的视角看待新发展格局下我国产业创新能力提升的决定性因素。

“十四五”规划指出我国产业链现代化水平提升的主要推动力在于强化科技创新的引领作用,明确要求要“持之以恒加强基础研究”“加强原创性引领科技攻关”,这也是实现我国产业链自主可控、维护产

产业链安全的关键所在。习近平总书记在2013年就指出要采取“非对称”赶超战略,在关键核心技术领域下功夫。提高产业创新水平,突破关键核心技术和“卡脖子”技术是新发展格局下实现我国产业链现代化的重要途径和必要条件。Romer指出,产业创新的核心力量是技术进步,而实现技术进步的重要途径就是基础研究和应用研究研发投入的积累^[2](P71-102)。世界银行在2006年发布的报告中也指出,伴随着后发国家产业技术水平的提升,与世界前沿技术的差距不断缩小,我国必须强化基础研究投入,形成原始性创新成果,减少对发达国家的技术依赖,逐渐形成独立自主的新型发展模式。1991年我国开始开展研发投入统计工作,30余年来研发支出总量逐年上升。2020年全国研究与试验发展(R&D)经费投入共计24426亿元,总量位居全球第二。但是从研发支出结构上分析,中国的研发支出主要侧重于应用研究和试验与发展研究,基础研究投入占比始终不超过6%,距离美国、日本、德国等发达国家15%的平均水平有很大差距。在新的发展格局下,这种基础研究投入不足的现象如果持续存在,极大程度会对我国产业链现代化水平提升及经济发展模式转换带来消极影响。国务院在2018年发布的《关于加强基础科学研究的若干意见》就指出,目前我国基础科学研究存在严重短板,基础学科建设仍然是薄弱环节,原始创新成果缺乏,促进基础研究与应用创新协调发展,强化基础研究,实现具有引领性的原始创新突破是下一步发展的重中之重。提升产业创新能力,除了要加强研发投入强度,更重要的是优化研发投入结构,通过对基础研究和应用研究优化配置,形成产业自主创新的原动力。基于上述背景,本文试图从理论和实证两个层面将基础研究、应用研究和产业创新绩效纳入一个分析框架内,考察不同类型研发投入对产业创新水平提升的影响机理和作用效果。

一、文献综述

Romer指出产业创新的核心力量在于技术进步,而对研发活动不断投入产生的知识积累可以推动技术的发展,是提高创新能力的重要因素^[3](P86-95)^[4](P430-438)。研发活动一般可以分为三类:基础研究、应用研究、试验和发展研究。基础研究主要指不带任何专门或者特定目的对科学原理的探索,是一切知识的源头。相比较于其他科学研究,基础研究具有资金投入多、研发时间长、不确定性强等特征,具有很强的外部性和公共物品属性。其成果以具有前瞻性的科学论文或者学术著作为主,充分反映一个国家的原始创新能力,关系到国家产业整体发展,与国家产业安全和社会民生安全紧密相关^[5](P395-424)^[6](P104-117)。应用研究是以基础研究的主要成果为知识来源,对其应用途径进行探索。试验和发展研究主要是为解决现实中的具体问题,将基础研究和应用研究成果进行产业化生产^[7](P203-210)^[8](P1555-1564)。

现有文献就不同类型的研发投入对创新绩效和经济增长的作用做了分析。一些学者从不同类型研发投入之间的关系入手进行分析。加强对基础研究的投入是实现自主创新的关键,产业技术革命一般都由基础研究所产生的原始性创新成果引发^[9](P427-428)。具有公共物品属性的基础研究是应用研究和试验发展研究的知识来源,并且通过激励效应提高应用研究对创新产出的阈值^[10](P5-23)。应用研究是将基础研究进行成果转化的重要阶段,通过拓展基础研究所产生的知识积累来解决现实问题。Romer和Paker建立内生增长模型,说明了基础研究、应用研究可以推动技术进步从而实现产业创新发展和经济增长^[11](P69-85)。日本、韩国在战后,还有我国改革开放初期就通过加大应用研究投入力度,进行模仿创新,在短时间内实现技术进步和经济腾飞^[12](P16-25)。J. Ha等将基础研究、应用研究和人力资本水平对全要素生产率的作用置于不同技术差距水平分析框架下,当追赶国的技术差距逐渐缩小时,基础研究投入对经济增长率的促进作用更显著^[13](P373-395)。余泳泽在分析区域创新价值链时指出,加大对基础研究的经费投入可以带动应用研究的经费投入^[14](P37-52)。赵玉林等将有为政府和有效市场作为调节变量,通过实证研究发现,在政府支持力度更大、市场化程度更高的地区,基础研究对高质量创新的贡献度越高^[15](P55-64)。

一些文献着重强调基础研究的重要作用。Guellec、Van 和 Toole 计算了基础研究对于不同类型产业创新产出的弹性系数^[16](P225-243)^[17](P1-12)。Czarnitzki 将研发投入分为基础研究和应用创新两个部分,并使用经济合作与发展组织(简称 OECD)调研中比利时的数据证明了基础研究对于企业创新绩效的促进作用更为显著^[18](P527-544)。温珂、李乐旋等通过分析我国实际数据指出,长期以来我国研发投入总量虽然逐年上涨但是并未带来产业创新能力的提高,主要原因在于基础研究投入比重较低,这种结构性失衡抑制了产业创新能力的提升^[19](P5-9)^[20](P1035-1042)^[6](P104-117)^[21](P63-70)。张炜、吴建南等指出基础研究是一切科学研究的前提,要深刻意识到基础研究的重要性,不断提高基础研究在全部研发投入中的比重^[22](P87-93)。孙晓华和王昀基于 OECD 23 个国家的面板数据指出,基础研究投入虽然具有较长的滞后期,但是对一国生产效率的促进作用显著高于应用研究与试验发展研究,应该充分重视在基础研究领域的投入和积累,确立其在生产过程中的核心地位,以发挥长效作用^[7](P203-210)。杨立岩和严成樑等也认为加强对基础研究的投入更有利于经济的长期发展^[23](P104-117)^[24](P3-19)。黄苹使用随机前沿分析方法,将三种不同类型的研发支出投入代入后发现,在基础研究中各个创新要素可以实现更高的产出效率^[25](P64-70)。张小筠等通过建立扩展的内生增长理论模型分析认为政府提高基础研究的比重会有效促进经济增长^[26](P1-10)。

已有文献对基础研究、应用研究对于中国产业发展和经济增长的作用做了深入探讨。但是面对中国产业技术水平新变化,基础研究、应用研究投入对于产业创新绩效的作用机理分析依然不充分,尤其是在提升我国产业链现代化水平的新要求下提供具有前瞻性的政策建议方面进展有限。本文尝试通过从理论与实证两个层面将基础研究、应用研究与产业创新绩效纳入一个分析框架内,在动态变化条件下,分析基础研究与应用研究投入直接和间接影响产业创新绩效提升的机理和效果。本文对我国政府提升产业链现代化水平、实现产业自主可控、制定相应科研政策与产业政策提供有力经验证据。

二、理论分析与研究假设

根据赖明勇等^[27](P95-105)对于 Romer 四部门模型的扩展分析,一国产业发展的均衡状态取决于最终产品生产部门、中间产品生产部门、应用研究部门和基础研究部门。其中应用研究部门所提供的技术型知识可以由本国基础研究获得,也可以通过引进国外先进技术再模仿改造获得。基础研究部门为本国应用研究部门和中间产品生产部门提供具有原始性创新的通识型知识。本文重点分析基础研究产生的通识型知识、应用研究产生的技术型知识对产业创新绩效的影响。

应用研究部门生产的技术型知识增长率取决于人力资本投入水平、产业现有的技术水平、国外先进技术引进水平以及基础研究产生的通识型知识积累水平。基础研究部门生产的通识型知识增长率取决于人力资本投入水平和已有的通识型知识积累水平。基础研究作为通识型知识的源头,可以产生原始性创新成果,对产业创新绩效具有促进作用。而应用研究对产业创新绩效的作用分为以下两种情况。当一国产业整体技术水平较低、与国外先进技术差距较大时,这时产业自主创新能力较差,一般选择大量引进国外先进技术,进行模仿创新,在短时间内取得创新成果实现技术与经济发展,在这个过程中应用研究投入的增加将促进产业创新绩效提高。当产业整体技术水平提升后,本国引进国外先进技术的难度和成本都会增加,获取的技术溢出效应显著降低,这时产业创新绩效的提升主要依靠现有的技术水平和基础研究所产生的通识型知识存量,继续追加应用研究投入会抑制产业创新绩效的提升。

假设 1: 增加基础研究投入对产业创新绩效增长始终具有知识积累效应,基础研究存量水平越高,对产业创新绩效提高的推动性越强;应用研究投入对于产业创新绩效具有倒 U 型作用,当产业技术积累水平低于最优产业技术积累水平时,增加应用研究投入可以促进产业创新绩效提高,当产业技术积累水平高于最优产业技术积累水平时,增加应用研究投入会抑制产业创新绩效提高。

上文仅分析了应用研究存量水平和基础研究存量水平对产业创新绩效增长的作用机制,没有将基

基础研究存量水平对于产业自主创新水平和技术吸收水平的间接作用效果纳入分析中。(1)基础研究的技术吸收效应。一般来说,由于基础研究产生的通识型知识具有正外部性,其积累水平可以有效提高技术学习和理解能力,提高技术吸收能力,增加技术型知识的积累。当某一产业与国外先进技术差距较大时,在技术追赶过程中最重要的就是通过采取有效措施强化产业内部的技术吸收能力,提高产业技术型知识的积累水平。技术吸收能力由现有产业技术水平、人力资本水平和基础研究所获得通识型知识存量决定。加强基础研究投入可以提高对引进技术的学习、消化和理解水平,提高技术吸收程度,最终提高产业整体的技术型知识积累水平和产业创新绩效,实现“非对称赶超”。因此基础研究对产业创新绩效的间接作用表现为:基础研究增加→技术吸收水平提升→产业创新绩效提高。(2)基础研究的自主创新激励效应。基础研究存量的增加还可以通过直接提升某一产业的自主创新能力来提高产业创新绩效。根据假设1,通识型知识的积累通过提高产业自主创新能力缩小与国外先进技术的差距。当本国产业技术与国外先进技术差距缩小时,对产业自主创新能力的要求提升,尤其是关系我国科技强国建设的战略性新兴产业和未来产业,必须全面提高自主创新能力。已有研究证明,基础研究投入越多,通识型知识积累越丰富,对前沿技术的吸收与应用创新能力越强,从而促进产业技术水平的提高^[28](P1-12)。所以对基础研究持续投入可以提高产业自主创新能力,继而提高应用研究投入作用于产业创新绩效的阈值,实现产业创新绩效的“蛙跳式”提升,即:基础研究增加→产业自主创新能力提升→产业创新绩效提高。

假设2:基础研究对产业创新绩效具有间接作用。基础研究的技术吸收效应表现为,提高基础研究投入,增加基础研究存量可以通过提高产业技术理解和应用能力,提高产业创新绩效。基础研究的自主创新激励效应表现为,提高基础研究投入可以直接提高产业自主创新能力,最终达到提高产业创新绩效的目的。

三、模型设定与变量说明

为了更好地考察基础研究和应用研究对我国产业创新绩效的影响,接下来对模型设定、数据来源及处理方法进行详细说明。

(一) 模型设定

由上文理论分析可知,产业创新绩效水平由一国的基础研究与应用研究水平共同决定。并且,根据上文分析,应有研究积累水平同时受到基础研究积累水平、人力资本水平以及技术溢出水平的影响。据此,本文借鉴孙早和许薛璐^[10](P5-23)构建的联立方程模型,分别将产业创新绩效与应用研究投入作为被解释变量,建立如下联立方程模型:

$$Y_{it} = \alpha_{10} + \alpha_{11}A_{it} + \alpha_{12}A_{it}^2 + \alpha_{13}B_{it} + \alpha_{14}H_{it} + \alpha_{15}FDI_{it} + \alpha_{16}Size_{it} + \alpha_{17}State_{it} + \mu_i + \nu_t + \varepsilon_i \quad (1)$$

$$A_{it} = \alpha_{20} + \alpha_{21}Y_{it} + \alpha_{22}B_{it} + \alpha_{23}H_{it} + \alpha_{24}FDI_{it} + \alpha_{25}Size_{it} + \alpha_{26}Profit_{it} + \alpha_{27}State_{it} + \mu_i + \nu_t + \psi_i \quad (2)$$

式(1)为产业创新绩效水平方程,其中, i 代表不同的行业, t 代表时间, μ_i 代表行业固定效应, ν_t 代表时间固定效应, ε_i 为误差项; Y_{it} 代表产业创新水平, A_{it} 代表应用研究支出水平, B_{it} 代表基础研究支出水平, H_{it} 代表人力资本水平, FDI_{it} 代表先进技术溢出水平;控制变量包括 $Size_{it}$ (行业规模), $State_{it}$ (国有企业占比)。根据式(1),当 α_{11} 显著为正、 α_{12} 显著为负时,说明应用研究支出水平对产业创新水平具有倒U型作用,当 α_{13} 显著为正时,说明基础研究能够提高产业创新水平。

式(2)代表产业技术积累水平方程,影响因素包括基础研究支出水平 B_{it} ,人力资本水平 H_{it} ,先进技术溢出水平 FDI_{it} ,行业规模 $Size_{it}$,国有企业占比 $State_{it}$,以及行业利润水平 $Profit_{it}$ ^[29](P30-55)。

为验证假设2,更好地说明基础研究如何通过技术吸收效应和自主创新激励效应推动产业创新绩效提升,建立交互项 $FDI_{it} * B_{it}$ 代表基础研究带来的技术吸收效应,建立交互项 $A_{it} * B_{it}$ 代表基础研究带来的自主创新激励效应。为了控制行业异质性,区分不同产业应用研究与基础研究投入对产业创新水平的影

响,本文对不同产业进行了划分。英国创新经济学家 Pavitt 在 1984 年根据不同产业的创新技术来源、创新技术类型、产业规模以及产业技术强度和方向,将产业划分为四大类型:(1)供应商主导型产业,产业规模小,内生技术水平有限,研发投入强度低;(2)规模密集型产业,产业规模大,内生技术水平提高可能性大,研发投入强度高;(3)专业化供应商产业,外生技术水平机会多,主要产品为投入到其他产业部门的中间品;(4)以科学为基础的产业,产业规模大,技术水平提升机会多,产业创新主要来源于研发活动^[30](P343-373)。本文参考李冬琴等和陈劲的分类标准,对我国制造业产业进行分类^[31](P8-16)^[32](P298-299)。在(1)式、(2)式的基础上将产业分为四大类,以更好地反映不同产业类型下^①,应用研究水平、基础研究水平对于产业创新水平的不同影响效果。分产业联立方程模型如下:

$$Y_{it} = \beta_{10} + \beta_{11}A_{it} + \beta_{12}A_{it} * B_{it} + \beta_{13}H_{it} + \beta_{14}FDI_{it} + \beta_{15}Size_{it} + \beta_{16}State_{it} + \mu_i + \nu_i + \varepsilon_i \quad (3)$$

$$A_{it} = \beta_{20} + \beta_{21}Y_{it} + \beta_{22}FDI_{it} + \beta_{23}FDI_{it} * B_{it} + \beta_{24}H_{it} + \beta_{25}Size_{it} + \beta_{26}Profit_{it} + \beta_{27}State_{it} + \mu_i + \nu_i + \psi_i \quad (4)$$

在其他条件不变的情况下,基础研究对于产业自主创新激励效应和技术吸收效应具有促进作用($\beta_{12} > 0, \beta_{23} > 0$)。

(二) 数据来源与处理方法

本研究所使用的原始数据来自 2007-2017 年《中国统计年鉴》和《中国科技统计年鉴》,样本覆盖大中型工业企业分行业数据,在行业选择时,删除了其他采矿业、废弃资源与废旧材料回收加工业,将汽车制造业与铁路、船舶、航天航空以及其他交通运输业合计统计为交通运输设备制造业,将橡胶制品业与塑料制品业合计统计为橡胶和塑料制品业,最终得到 35 个行业的相关指标,共计 350 个样本,变量的描述性统计见表 1。

表 1 变量的描述性统计

变量符号	样本容量	均值	标准差	最小值	最大值
LnY	350	3.0232	1.3297	-1.2009	5.8779
LnA	350	9.5383	1.7230	3.9044	12.9189
LnB	350	7.6424	0.4593	6.8390	8.3120
LnH	350	4.6512	0.9960	2.4621	6.6591
LnFDI	350	5.5080	2.1682	-2.7445	10.5743
Size	350	20.6790	50.8839	1.3530	373.5377
State	350	0.0493	0.0538	0.0008	0.7129
Profit	350	0.08067	0.0521	-0.09331	0.4161

1. 被解释变量。产业创新绩效 Y_{it} ,参考陈劲产业创新绩效考察指标,利用主成分分析法对每万名从业人员有效发明专利数、每万名从业人员发明专利申请数和新产品销售收入占主营业务比重三项指标进行综合评价^[32](P290)。在我国,可以申请授权的专利成果分为发明、实用新型、外观设计三类,这三类专利的研发过程都是创新行为的体现,但是三类专利中所包含的关键知识与技术差异很大,其中,发明专利的原创性最强、技术含量最高,审批过程更为严格和复杂,相对保护时间更长,因此,本文将每万人发明专利申请授权数来代表一个地区的创新产出成果。某一产业新产品销售收入占主营业务收入比重可以充分反映这一产业技术整体发展情况,代表创新所带来的经济绩效。以上述三项指标的数据为基

① 供应商主导型产业包括:纺织业,纺织服装、服饰业,皮革、毛皮、羽毛(绒)及其制品业,木材加工及木、竹、藤、棕、草制品业,家具制造业,造纸及纸制品业,印刷业和记录媒介的复制,文教体育用品制造业;规模密集型产业包括:煤炭开采和洗选业,石油和天然气开采业,黑色金属矿采选业,有色金属矿采选业,非金属矿采选业,农副食品加工业,食品制造业,饮料制造业,烟草制品业,石油加工、炼焦及核燃料加工业,橡胶和塑料制品业,非金属矿物制品业,黑色金属冶炼及压延加工业,有色金属冶炼及压延加工业,金属制品业,交通运输设备制造业,电力、热力的生产和供应业,燃气生产和供应业,水的生产和供应业;专业化供应商产业包括:通用设备制造业,专用设备制造业,电气机械及器材制造业,仪器仪表及文化、办公用机械制造业;以科学为基础的产业包括:化学原料及化学制品制造业,医药制造业,化学纤维制造业,交通运输设备制造业,通信设备、计算机及其他电子设备制造业。

础重新组合,提取主成分因子。第一主成分方差累计贡献率为86.47%,保留了原指标的大部分信息,所以对这三项指标分别赋值0.591、0.587、0.554。

2. 解释变量。应用研究变量 A_{it} 和基础研究变量 B_{it} 均需通过永续盘存法进行存量计算,指标所需要的具体数据可以从历年《中国科技统计年鉴》中查找得到,本文主要说明应用研究变量的核算方法,并且采用同样的方法对基础研究变量进行核算。

应用研究变量永续盘存法的核算,即本期的应用研究支出存量为上一期应用研究支出存量与本期应用研究支出增加值现值之和,即

$$K_t = \sum_{k=1}^n \mu_k E_{t-k} + (1-\delta)K_{t-1} \quad (5)$$

(5)式中, K_t 与 K_{t-1} 为本期与上期应用研究支出存量, k 为滞后期, μ_k 为滞后算子,即应用研究支出的贴现系数, δ 为应用研究支出存量的折旧率, E_{t-k} 表示 $t-k$ 期应用研究支出的现值。一般假定平均滞后期为 θ , $t-\theta$ 期的应用研究支出即为 t 期应用研究支出存量的增量值,当 $k=0$ 时, $\mu_k=1$;当 $k \neq 0$ 时, $\mu_k=0$ 。在这种情况下,(5)式就可以表示成(6)式的形式,即

$$K_t = E_{t-\theta} + (1-\delta)K_{t-1} \quad (6)$$

假定滞后期为1,则(6)式可以改写为(7)式的形式,即

$$K_t = E_t + (1-\delta)K_{t-1} \quad (7)$$

本期的应用研究支出为前一期应用研究支出现值与前一期应用研究支出存量之和。计算本期应用研究支出存量需要分别核算应用研究支出现值、应用研究支出折旧率以及基期应用研究支出存量。本期应用研究支出的数据处理如下:由于《中国科技统计年鉴》在2008-2010年报告了大中型工业企业应用研究支出水平,2011-2017年只报告了规模以上工业企业应用研究支出水平,为保证数据的连续性与可比性,本文利用2011-2017年大中型工业企业固定资产原值与同期规模以上工业企业固定资产原值的比重,对2011-2017年大中型工业企业应用研发支出做了近似核算。

计算应用研究支出现值的关键点在于确定应用研究支出价格指数,以往文献的思路是通过应用研究支出的具体用途来构造价格指数。具有代表性的有Loeb和Lin通过计算R&D人员工资价格指数和固定资产价格指数的加权平均数来确定价格指数,设定的权重分别为0.55和0.45^[33](P45-51);Frantzen通过对工资价格指数和产出价格指数进行加权平均构造,设定的权重为0.25和0.75^[34](P125-146)。在国内相关研究中,李习保和詹宇波通过消费价格指数进行构造^[35](P13-24)^[36](P50-63);朱平芳和徐伟民将价格指数构造为消费价格指数和固定资产投资价格指数的加权平均,设定权重为0.55和0.45^[37](P45-53);白俊红采用相似的构造方法,通过消费价格指数和固定资产投资价格指数进行构造,设定比重为0.38和0.62^[38](P1375-1400)。本文借鉴朱平芳和徐伟民的计算方法,设定应用研究支出价格指数为0.55*消费价格指数+0.45*固定资产投资价格指数,根据这一价格指数将应用研究支出折算成实际价值。对于R&D内部支出折旧率 δ ,已有文献通常设定为四个经验值,分别为5%、10%、15%和20%^[39](P77-89)^[40](P1129-1156)^[41](P46-58)^[42](P139-151)^[36](P50-63)^[17](P1-12)。由于R&D具有较高的更新换代速度,通常来讲其折旧率会显著高于固定资产折旧率,因此,本文也选择20%作为应用研究支出折旧率。

最后确定基期应用研究支出资本存量,假定应用研究支出资本存量增长率等于应用研究支出增长率,则基期应用研究支出资本存量可以表示成式(8),即

$$K_0 = E_0 / (g + \delta) \quad (8)$$

基础研究支出 B_{it} ,基础研究支出与应用研究支出的核算方法类似,基础研究支出的本期投入为各个年份研究机构基础研究支出与高校基础研究支出加总,利用研发支出价格指数以2007年为基期进行平减,存量的折旧率 δ 取0^[17](P1-12),得到各个年份基础研究支出存量水平。

3. 其它控制变量。技术溢出水平 FDI_{it} ,本文核算的技术溢出水平数据为各个年份外商资本与港澳

台资本之和,再利用固定资产投资价格指数转换为以2007年为基期的实际值;人力资本水平 H_{it} ,不同行业研发机构人员数;行业规模 $Size_{it}$,各个行业总资产/企业个数;国有企业占比 $State_{it}$,国有资本/实收资本;行业利润水平 $Profit_{it}$,营业利润/营业收入。

四、实证分析与稳健性检验

实证分析与稳健性检验主要分为三个部分:首先针对全部产业分析了应用研究和基础研究对产业创新绩效的影响;其次将产业进行分类,进一步考察产业异质性条件下应用研究、基础研究在产业创新过程中发挥的不同作用,以及基础研究通过技术吸收效应和自主创新激励效应产生的不同效果;最后为了验证回归结果的稳健性,对联立方程进行其他两种方式的回归分析。

(一) 基本结果

在对模型的全部参数进行估计之前,首先应该对本文设立的联立方程的使用条件和计量方法进行说明。联立方程参数“可识别”是进行参数估计的前提条件,参数“可识别”的充要条件是联立方程所排斥的外生变量个数应该大于或者等于该联立方程包含的内生解释变量个数,即满足“阶条件”。

表2 基本回归结果(全部产业)

解释变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	产业创新绩效水平(Y)			产业技术积累水平(A)		
A_{it}	2.0527*** (0.1706)		0.7369*** (0.1596)			
A_{it}^2	-0.0431*** (0.0097)		-0.0439*** (0.0098)			
B_{it}		1.6641*** (0.0724)	1.7772*** (0.1388)	1.1431*** (0.0489)	1.1176*** (0.0557)	1.1122*** (0.0556)
H_{it}	0.0014 (0.0133)	0.0066 (0.0095)	0.0055* (0.0093)	0.0058 (0.0063)	-0.0048 (0.0063)	-0.0046* (0.0063)
FDI_{it}	0.0129 (0.0525)	-0.0316 (0.0378)	-0.0296 (0.0368)	0.0312 (0.0281)	0.0433 (0.0305)	0.0454* (0.0304)
$Size_{it}$	0.0027 (0.1794)	0.4125** (0.1520)	0.4028** (0.1480)	0.2572** (0.0944)	-0.1248 (0.1024)	-0.1281 (0.1024)
$State_{it}$	5.7703*** (1.0265)	-0.8695 (0.6492)	1.14613 (0.7796)	2.6349*** (0.4312)	2.6102*** (0.4344)	2.5946*** (0.4343)
Y_{it}				0.0310 (0.0225)	-0.0007 (0.0304)	0.0050 (0.0302)
$Profit_{it}$				1.2106*** (0.2750)	1.4133*** (0.3668)	1.4533*** (0.3652)
N	350	350	350	350	350	350
R^2	0.9375	0.9678	0.9696	0.9921	0.9921	0.9921

注:***p<0.01,**p<0.05,*p<0.1;括号内为标准差。

为了更好地对模型参数进行估计,首先观察(1)式和(2)式,联立方程所排斥的外生变量个数都大于1,即可以对参数进行估计。在计量方法选择上,本文选用系统估计方法,对联立方程进行迭代式3SLS估计,以便得到更能反映变量之间相互关系的有效估计系数。在具体操作过程中,做了如下处理:(1)本文首先对联立方程是否存在内生性进行检验,联立方程的内生解释变量包含产业创新绩效、应用研究存量水平、应用研究存量水平的平方项,对联立方程进行第一阶段回归,即内生解释变量对工具变量的回归,回归结果显示F值的p值很小,第一阶段回归方程显著,不存在内生性问题。(2)参考孙早和许薛璐^[10]

(P5-23)的做法,应用研究支出与基础研究支出对于产业创新绩效的作用具有滞后性,在对联立方程进行回归分析时,对应用研究支出进行滞后一期处理,对基础研究支出进行滞后两期处理,用来反应应用研究支出与基础研究支出对于产业创新绩效的真实影响路径和效果。(3)本文首先对产业整体数据进行回归,回归结果见表2。为了控制不同产业以及其他随时间变化因素对解释变量带来的影响,本文在进行回归分析时增加了产业固定效应和时间固定效应,采用迭代3SLS方法对联立方程进行回归分析。

表3 对产业进行分组的回归结果

产业分组	被解释变量	解释变量							
		A_{it}	B_{it}	H_{it}	FDI_{it}	$Size_{it}$	$State_{it}$	N	R^2
供应商主导型产业	产业创新绩效水平(Y)(1)	-0.3311*** (0.1013)	1.8501*** (0.1931)	0.1001*** (0.0278)	-0.1586 (0.1035)	0.8371*** (0.1492)	4.5515*** (1.4012)	350	0.8466
	产业技术积累水平(A)(2)	-0.2050*** (0.0537)	1.4269*** (0.0912)	0.0497*** (0.0114)	0.5296*** (0.1252)	0.3613 (0.1726)	2.4840 (2.6091)	350	0.9812
规模密集型产业	产业创新绩效水平(Y)(3)	0.3391*** (0.0573)	1.1533*** (0.1704)	0.1409*** (0.0275)	-0.1265*** (0.0395)	0.0881 (0.0892)	-0.9725** (0.4836)	350	0.6051
	产业技术积累水平(A)(4)	0.0716** (0.0402)	1.0381*** (0.0833)	0.0261*** (0.0095)	0.0524 (0.0331)	0.2441* (0.1483)	1.2639*** (0.4102)	350	0.9902
专业化供应商产业	产业创新绩效水平(Y)(5)	0.4339 (0.2708)	1.1559*** (0.2565)	0.0104 (0.0254)	-0.5589*** (0.2521)	0.1332 (0.4455)	-0.1622 (1.1432)	350	0.9227
	产业技术积累水平(A)(6)	-0.0139 (0.0293)	0.9942*** (0.0772)	0.0042 (0.0055)	-0.0448 (0.1197)	-0.2425 (0.1718)	0.5304 (1.6781)	350	0.9978
以科学为基础的产业	产业创新绩效水平(Y)(7)	0.2017 (0.1770)	1.9565*** (0.2059)	0.0459*** (0.0183)	-0.0049 (0.1408)	-1.7514*** (0.1668)	-0.0558 (0.5712)	350	0.9489
	产业技术积累水平(A)(8)	-0.0877** (0.0435)	0.6935*** (0.1319)	0.0076 (0.008)	0.3541*** (0.1335)	0.3683 (0.2340)	-1.2088 (1.5003)	350	0.9974

注:***p<0.01,**p<0.05,*p<0.1;括号内为标准差。

表2中,第(1)(4)列为没有加入基础研究支出变量,仅考虑应用研究支出对产业创新绩效的影响,结果显示应用研究存量水平 A_{it} 对于产业创新绩效具有倒U型作用;第(2)(5)列将基础研究支出纳入回归方程中,仅显示基础研究支出对于产业创新绩效的正向促进作用;第(3)(6)列为联立方程的核心,将应用研究支出与基础研究支出同时纳入回归方程,考虑这两个解释变量对产业创新绩效的作用,结果显示应用研究支出 A_{it} 对于产业创新绩效具有倒U型作用,基础研究支出对于产业创新绩效具有正向促进作用,初步验证了上文所作假设1。

第(3)(6)列是本文的核心联立方程,针对这两列回归结果的解释说明如下:(1)人力资本水平 H_{it} ,在产业创新绩效方程中,人力资本水平对产业创新绩效具有显著的正向促进作用,在技术累积方程中,并没有促进技术进步,可能是因为当前产业发展中的人力资本积累过度强调了数量扩张,却忽略了质量提升,在技术进步上形成了“人才负担”;(2)技术溢出水平 FDI_{it} ,在第(3)列中,技术溢出水平 FDI_{it} 对产业创新绩效的提升作用效果并不显著,在第(6)列中,技术溢出水平对于本国技术积累具有显著的促进作用,

这说明外国技术溢出可以在一定程度上提升本国技术创新能力,但是并不能直接提升本国产业创新绩效,第(6)列技术溢出水平的系数为0.045,说明随着我国整体产业创新能力的提升,外国技术溢出的作用力十分有限;(3)产业规模 $Size_{it}$,产业规模表现出对产业创新效率提升的间接作用,产业规模越大,越有能力增加研发投入用于提高技术水平;(4)产业利润 $Profit_{it}$,产业的利润率越高代表盈利能力越强,面临的资金压力越小,越有能力和动力将资金投入到研发活动中;(5)国有企业占比 $Profit_{it}$,在技术积累方程中显示,国有企业占比越多,越能促进产业进行研发投入,说明国有企业在产业技术开发过程中起到引领作用。

(二) 产业分组回归结果

对全部产业进行回归分析没有考虑产业异质性条件下应用研究、基础研究和两者相互作用下对产业创新绩效的不同影响。在下一步分析中,有必要按照前文所述,将产业分为四大类后,进行回归分析,进一步考察不同产业类别中应用研究、基础研究在产业创新过程中发挥的不同作用,以及产业异质性条件下基础研究技术吸收效应和自主创新激励效应的不同效果。两组回归结果分别见表3和表4。

表4 对产业进行分组的进一步回归结果

产业分组	被解释变量	解释变量					
		A_{it}	$A_{it} * B_{it}$	H_{it}	FDI_{it}	N	R^2
供应商主导型产业	产业创新绩效水平(Y)(1)	-1.4125*** (0.3441)	0.1327*** (0.0317)	0.0746** (0.0356)	-0.1913 (0.1350)	350	0.7353
		Y_{it}	FDI_{it}	$FDI_{it} * B_{it}$	H_{it}	N	R^2
	产业技术积累水平(A)(2)	0.0058 (0.0596)	0.2762 (0.3359)	0.0493 (0.0435)	-0.0063 (0.0118)	350	0.9849
		Y_{it}	FDI_{it}	$FDI_{it} * B_{it}$	H_{it}	N	R^2
规模密集型产业	产业创新绩效水平(Y)(3)	-0.7636*** (0.1947)	0.1257*** (0.0224)	0.1171*** (0.0351)	-0.0657 (0.0471)	350	0.4445
		Y_{it}	FDI_{it}	$FDI_{it} * B_{it}$	H_{it}	350	R^2
	产业技术积累水平(A)(4)	0.1999*** (0.0532)	-1.0016*** (0.1299)	0.1275*** (0.0155)	0.0182* (0.0109)	N	0.9867
		Y_{it}	FDI_{it}	$FDI_{it} * B_{it}$	H_{it}	N	R^2
专业化供应商产业	产业创新绩效水平(Y)(5)	0.4967 (0.7490)	0.0228 (0.0235)	-0.0132 (0.0214)	-0.9658** (0.4624)	350	0.9012
		Y_{it}	FDI_{it}	$FDI_{it} * B_{it}$	H_{it}	N	R^2
	产业技术积累水平(A)(6)	0.0751*** (0.0234)	-0.3974*** (0.0773)	0.0810*** (0.0088)	0.0050 (0.0034)	350	0.9995
		Y_{it}	FDI_{it}	$FDI_{it} * B_{it}$	H_{it}	N	R^2
以科学为基础的产业	产业创新绩效水平(Y)(7)	-0.3637 (0.3882)	0.1104*** (0.0243)	0.0471** (0.0233)	-0.2149 (0.1615)	350	0.9204
		Y_{it}	FDI_{it}	$FDI_{it} * B_{it}$	H_{it}	N	R^2
	产业技术积累水平(A)(8)	0.0577 (0.0464)	0.0421 (0.1596)	0.0279 (0.0223)	-0.0109** (0.0055)	350	0.9991
		Y_{it}	FDI_{it}	$FDI_{it} * B_{it}$	H_{it}	N	R^2

注:*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$;括号内为标准差。

根据表3所示,应用研究在不同产业类别中显示出不同特征:在四类产业中,第(1)列,应用研究投入与产业创新绩效之间呈现显著的负相关,第(3)(5)(7)列中均呈现显著正相关。基础研究对于产业创新绩效在四类产业中都具有显著的促进作用,但是,与表2相比,基础研究的促进作用不再一致,第(1)(7)列回归系数水平高于表2中的整体回归系数水平,第(3)(5)列回归系数水平低于表2中整体回归系数水

平,说明在供应商主导型产业和以科学为基础的产业中,基础研究投入对产业创新绩效的促进作用更大。人力资本水平 H_{it} 在四类产业中也对产业创新绩效具有促进作用,应该加强人力资本投入来提高基础研究投入转化为自主创新的能力,以促进产业技术创新发展。对于技术溢出水平 FDI_{it} , (2)(8)列显示, FDI_{it} 的回归系数显著为正,说明对于供应商主导产业和以科学为基础的产业,本国可以通过对国外先进技术的适当引入,促进本国基础研究发展与产业创新绩效提升。

表4显示了在加入基础研究与应用研究相互作用项之后的回归结果,用来更好的分析基础研究在促进产业创新中的直接与间接作用,产业创新绩效水平方程表示基础研究的自主创新激励作用,技术累积方程表示基础研究通过技术吸收的间接作用。

根据表4,在供应商主导型、规模密集型和以科学为基础的产业中,基础研究的投入都显著促进产业创新绩效的提升。在规模密集型和专业化供应商产业中,基础研究具有对技术溢出的吸收效应。原因可能是规模密集型产业和专业化供应商产业外生的技术机会比较多,企业的技术创新活动主要是将研发活动与生产设备紧密结合,所以基础研究通过为应用研究提供通识型知识,加强对引进技术的理解能力提高产业创新绩效。尤其需要注意的是在以科学为基础的产业即需要继续攻关的关键核心技术所在产业(比如化学原料制造业、航空航天设备制造业、计算机通信和其他电子设备制造业)中,依靠国外先进技术溢出的作用十分有限,必须充分发挥基础研究所带来的自主创新效应来带动产业创新绩效的提升。

(三) 稳健性检验

为了验证上述回归结果的稳健性,本文又对联立方程进行两种方式的回归分析。

1. 针对应用研究和基础研究的投入水平变量,由研究经费的存量水平替代为从事应用研究和基础研究的科研人员全时当量存量水平。产业实现创新驱动的根本因素是人才的驱动。人力资本可以看作

表5 稳健性检验结果1

解释变量	产业创新绩效方程(Y)	技术积累方程(A)
A_{it}	0.6277* (0.3525)	
A_{it}^2	-0.0760*** (0.0199)	
B_{it}	2.0080*** (0.3279)	1.2678*** (0.2647)
H_{it}	0.0127 (0.0133)	0.0138 (0.0110)
FDI_{it}	0.0571 (0.0522)	0.0082 (0.0522)
$Size_{it}$	1.4386*** (0.1461)	0.1054 (0.1530)
$State_{it}$	1.2288*** (0.4298)	-0.6366* (0.3321)
Y_{it}		0.3272*** (0.0443)
$Profit_{it}$		1.0577* (0.6270)
N	280	280
R^2	0.9383	0.9732

注:***p<0.01, **p<0.05, *p<0.1;括号内为标准差。

是研发投入的核心载体。研发人员的结构构成决定了原始创新能力和技术吸收转化能力。使用应用研究和基础研究科研人员全时当量存量水平代替两项研究经费投入存量水平,存量水平计算方法与前文一致,回归结果见表5。回归结果表明,使用研究人员全时当量存量水平计算的回归结果依然显示对产业创新绩效具有倒U型影响,基础研究通过提升自主创新能力,并充分发挥对技术吸收的作用,促进产业创新绩效的提高。

2.在进行回归分析时,对基础研究支出存量数据进行滞后三期处理,对应用研究支出存量数据进行滞后两期处理。这种处理的原因在于研发投入具有滞后性,从研发投入到产生通识型和技术型知识,进而转化为现实生产力,受到经济发展水平、科学知识认知水平、科技成果转化水平等一系列因素的影响,决定了研发投入与提升产业创新绩效之间存在较长的时滞。为避免滞后期数确定偏差带来的回归结果不稳健,在原有联立方程的基础上对应用研究和基础研究投入存量分别增加一期滞后期数,重新进行回归分析后结果见表6。结果显示,在增加滞后期数后,变量的回归系数符号与基本回归结果一致,但是显著性明显低于基本回归结果。可能的原因在于,基础研究和应用研究投入后对产业创新绩效的转化时间较短,增加滞后期数会显著降低回归系数显著性,但是总体回归结果稳健。

表6 稳健性检验结果2

解释变量	产业创新绩效方程(Y)	技术积累方程(A)
A_{it}	0.5435*** (0.1355)	
A_{it}^2	-0.0288*** (0.0091)	
B_{it}	1.1467*** (0.1584)	0.8186*** (0.0897)
H_{it}	-0.0016 (0.0085)	-0.0051 (0.0062)
FDI_{it}	-0.0111 (0.0320)	0.0343 (0.02848)
$Size_{it}$	0.1485 (0.1863)	0.0627 (0.1317)
$State_{it}$	0.5367* (0.2776)	-0.5646*** (0.1962)
Y_{it}		0.0664* (0.0354)
$Profit_{it}$		1.3717*** (0.3426)
N	245	245
R^2	0.9754	0.9933

注:***p<0.01,**p<0.05,*p<0.1;括号内为标准差。

五、研究结论与政策建议

随着自主创新理论的不断拓展与实践,中国已经在一定程度上实现了从技术引进到自主创新的转变。但是从创新成果的水平来看,我国产业整体上以改进型创新为主,发明专利数远远低于外观设计专利与实用新型专利数量,关键核心技术突破能力依旧薄弱。发达国家的发展经验和现有研究成果均表明,增加基础研究投入、提高原始创新能力可以有效地强化知识创新水平的广度与深度,是一国提升产业创新水平的重要路径。不断强化基础创新投入、突破“卡脖子”技术也是提升我国产业基础能力、实现

产业链自主可控与产业链水平提升的重要推动力量。在全球新一轮科技革命与产业链价值链重构的背景下,为突破我国产业“引进—改进—再引进”的低水平循环,亟须对研发投入结构进行合理布局,强化基础研究投入,提升产业基础能力,通过自主创新构建以我国为主的全球产业链。

本文首先梳理了以往相关文献,建立了包含应用研究、基础研究以及产业创新绩效在内的联立方程模型。在实证研究方面,利用2007-2017年中国大中型企业数据,采用迭代三阶段最小二乘法对理论假设进行验证。结果表明:(1)从全部产业来看,我国应用研究支出对于产业创新绩效具有倒U型作用,基础研究作为提升技术水平的重要影响因素,可以有效促进产业创新绩效的提升。(2)将全部产业分为供应商主导型、规模密集型、专业化供应商型和以科学为基础型,从分产业类型样本来看,基础研究投入对全部四类产业均有显著的促进作用。并且在以科学为基础的产业中,尤其需要加强基础研究投入以提升产业的自主创新水平,最终实现产业创新绩效提升和产业自主可控。

本文对我国提高产业创新绩效,实现产业发展动力的转变提出如下建议。

1. 提高产业自主创新能力需要进一步加强基础研发经费投入。改革开放以来,我国凭借技术引进、消化吸收、模仿创新等多种途径实现产业技术的“非对称赶超”。随着我国产业技术水平从跟跑过渡到并跑、领跑阶段,应该果断转变产业技术提升的动力机制,提高研发投入中基础研究所占比重,充分发挥基础研究带来的原始创新支撑作用。一直以来,基础研究投入强度不足成为制约我国自主创新发展的短板。基础研究是产业创新的源头活水,是有效解决短期“卡脖子”问题和实现产业技术水平长期持续提升的关键因素,从未来发展角度基础研究所产生的原始创新对我国产业创新绩效提升所发挥的作用还会进一步释放。我国研发投入存量已经保持一定规模,在下一步发展中必须逐步提升基础研究投入强度,保证基础研究投入总额。在发布的《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》中,将基础研究投入占研发经费总投入的比重提升到8%以上已经明确列入其中。除了政府要积极发挥资金投入的带头作用以外,还要大力激发企业作为创新主体在基础研究方面的积极性。参考美国科技型企业的发展经验,要使企业认识到拥有核心技术在发展过程中的重要性,高度重视企业所在领域前沿技术发展的重要性,强化企业内部对于基础研究的投入。

2. 提高产业自主创新能力需要提升基础研究与应用研究的整体协同度。从整体看,目前我国基础研究与应用研究的联结通道还没有打通,存在脱节现象。政府应该采取有效措施提高基础研究转向产业化生产的利用效率,建立基础研究部门与企业之间的有效对接模式。战略性新兴产业技术以及未来产业技术的突破离不开基础研究所提供的产业共性技术,但是基础研究不会自动转化为可供产业生产利用的成果。此时,应该充分发挥政府的协调作用,建立产学研合作机制,在这种合作框架下,一方面基础研究可以拓宽产业生产的知识前沿,提高产业技术吸收能力与运用能力;另一方面建立基础研究与社会需求之间的联系机制,围绕产业链部署创新链,实现技术进步与经济发展的深度融合。

3. 政府在制定强化研发投入的政策时要充分考虑不同类型产业的特点。政策的重点在于提高基础研究和应用研究的适配程度,提高产业自主创新能力和创新绩效。从本文的实证研究(表4)中可以看出,单纯依靠引进国外技术的产业政策总体上对产业创新绩效提升的作用非常有限,甚至在规模密集型产业和专业化供应商产业中还表现出抑制作用。但是在这两类产业中,基础研究通过提高技术吸收能力间接促进产业创新绩效的提升。在以科学为基础的产业中,国外先进技术溢出的作用非常有限,必须充分发挥基础研究投入带来的自主创新效应。因此研发投入政策应该强调将有限的资源投入到涉及关键核心技术的基础学科和关系到国家和产业安全的领域,实现关键核心技术突破和产业自主可控。

参考文献

- [1] 陈劲,阳镇,朱子钦.“十四五”时期“卡脖子”技术的破解:识别框架、战略转向与突破路径.改革,2020,(12).
- [2] P. Romer. Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 1990, 98(5).

- [3] 张军,许庆瑞. 知识积累、创新能力与企业成长关系研究. 科学学与科学技术管理, 2014, 35(8).
- [4] J. Plank, C. Doblinger. The Firm-Level Innovation Impact of Public R&D Funding: Evidence from The German Renewable Energy Sector. *Energy Policy*, 2018, 113.
- [5] M. Callon. Is Science a Public Good? Fifth mullins lecture, Virginia Polytechnic Institute. *Science Technology & Human Values*, 1994, 19(4).
- [6] 柳卸林,何郁冰. 基础研究是中国产业核心技术创新的源泉. 中国软科学, 2011, (4).
- [7] 孙晓华,王昀. 何种类型的研发投资更有利于提高一国生产率?——来自 OECD 国家的经验证据. 科学学研究, 2014, 32(2).
- [8] D. Czarnitzki, S. Thorwarth. Productivity Effects of Basic Research in Low-Tech and High-Tech Industries. *Research Policy*, 2012, 41(9).
- [9] 夏建白. 基础研究是中国科学院发展的土壤和驱动力. 中国科学院院刊, 2018, 33 (4).
- [10] 孙早,许薛璐. 前沿技术差距与科学研究的创新效应——基础研究与应用研究谁扮演了更重要的角色. 中国工业经济, 2017, (3).
- [11] WG. Park. A Theoretical Model of Government Research and Growth. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 1998, 34(1).
- [12] 生延超,欧阳晓. 基础研究还是应用研究: 后发大国创新方式及创新领域选择. 中国科技论坛, 2017, (10).
- [13] J. Ha, J. K. Yong, J. W. Lee. Optimal Structure of Technology Adoption and Creation: Basic Versus Development Research in Relation to the Distance from the Technological Frontier. *Asian Economic Journal*, 2009, (23).
- [14] 余泳泽. 中国区域创新活动的“协同效应”与“挤占效应”——基于创新价值链视角的研究. 中国工业经济, 2015, (10).
- [15] 赵玉林,刘超,谷军健. 研发投入结构对高质量创新的影响——兼论有为政府和有效市场的协同效应. 中国科技论坛, 2021, (1).
- [16] D. Guellec, Van Pottelsberghe De La Potterie B. The Impact of Public R&D Expenditure on Business R&D. *Economics of innovation and new technology*, 2003, 12(3).
- [17] A. A. Toole. The Impact of Public Basic Research on Industrial Innovation: Evidence from The Pharmaceutical Industry. *Research Policy*, 2012, 41(1).
- [18] D. Czarnitzki, H. Hottenrott, S. Thorwarth. Industrial Research Versus Development Investment: The Implications of Financial Constraints. *Cambridge Journal of Economics*, 2011, 35(3).
- [19] 温珂,李乐旋. 从提升自主创新能力视角分析国内企业基础研究现状. 科学学与科学技术管理, 2007, 28(2).
- [20] 李宾. 国内研发阻碍了我国全要素生产率的提高吗? 科学学研究, 2010, 28(7).
- [21] 威力为,郭园园. 中国基础研究支出的严峻态势及投资强度影响因素的跨国分析. 研究与发展管理, 2016, 28(5).
- [22] 张炜,吴建南,徐萌萌等. 基础研究投入:政策缺陷与认识误区. 科研管理, 2016, 37(5).
- [23] 杨立岩,潘慧峰. 人力资本、基础研究与经济增长. 经济研究, 2011, (4).
- [24] 严成樑,龚六堂. R&D 规模、R&D 结构与经济增长. 南开经济研究, 2013, (2).
- [25] 黄苹. 不同活动类型技术创新单要素效率研究. 科研管理, 2015, 36(11).
- [26] 张小筠,刘戒骄,谢攀. 政府基础研究是否有助于经济增长——基于内生增长理论模型的一个扩展. 经济问题探索, 2019, (1).
- [27] 赖明勇,包群,彭水军等. 外商直接投资与技术外溢:基于吸收能力的研究. 经济研究, 2005, (8).
- [28] AI. Martínez-Sendra, MA. Quintás, A. Sartal, XH. Vázquez. How Can Firms' Basic Research Turn into Product Innovation? The Role of Absorptive Capacity and Industry Appropriability. *IEEE Transactions On Engineering Management*, 2015, 62(2).
- [29] L. Alfaro, M. X. Chen. Surviving the Global Financial Crisis: Firm Ownership, Organization and Establishment Performance. *Harvard Business School Working Paper*, 2010, 4(3).
- [30] K. Pavitt Sectoral. Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and A Theory. *Research Policy*, 1984, 13(6).
- [31] 李冬琴,廖中举,程华. 行业 R&D 投入与产出绩效的非线性关系研究——基于创新产业分类的视角. 工业技术经济, 2013, 32(10).
- [32] 陈劲. 科技创新: 大国未来 30 年强国之路. 北京: 中国大百科全书出版社, 2020.

- [33] P.Loeb,V. Lin. Research and Development in the Pharmaceutical Industry :A Specification Error Approach. *Journal of Industrial Economics*, 1977, 36(1).
- [34] D.Frantzen. The Causality between R&D and Productivity in Manufacturing: An International Disaggregate Panel Data Study. *International Review of Applied Economics*, 2003, 17(2).
- [35] 李习保. 区域创新环境对创新活动效率影响的实证研究. 数量经济技术经济研究, 2007, (8).
- [36] 詹宇波, 刘荣华, 刘畅来. 中国内资企业的技术创新是如何实现的——来自大中型工业企业的省级面板证据. 世界经济文汇, 2010, (1).
- [37] 朱平芳, 徐伟民. 政府的科技激励政策对大中型工业企业 R&D 投入及其专利产出的影响——上海市的实证研究. 经济研究, 2003, (6).
- [38] 白俊红. 中国的政府 R&D 资助有效吗? 来自大中型工业企业的经验证据. 经济学(季刊), 2011(4).
- [39] 沈坤荣, 李剑. 企业间技术外溢的测度. 经济研究, 2009, (4).
- [40] 吴延兵. R&D 存量、知识函数与生产效率. 经济学(季刊), 2006, (5).
- [41] 吴延兵. 创新的决定因素——基于中国制造业的实证研究. 世界经济文汇, 2008, (2).
- [42] 白俊红, 江可申, 李婧. 中国地区研发创新的相对效率与全要素生产率增长分解. 数量经济技术经济研究, 2009, (3).

Industrial Innovation Effects of Basic Research And Applied Research

Li Zheng, Wang Sini (Jilin University)

Abstract China is in the critical period of transforming the driving force of economic growth. It is difficult to meet the needs of improving industrial innovation ability solely by increasing the total amount of R&D investment. The structure of R&D expenditure began to be important to determine the industrial innovation performance to a large extent. Based on the data of China's large and medium-sized enterprises from 2008 to 2017, this paper analyzed the impacts of basic research and applied research investment on industrial innovation performance by establishing simultaneous equations. It was found that applied research investment has an inverted U-shaped effect on industrial innovation performance. In contrast, basic research investment can continuously improve industrial innovation performance, partly through original innovation incentive effect, and partly through an indirect technology absorption effect on applied research. The development of Chinese industries are facing a new period of historical opportunity. Only by maintaining the strong momentum of investment in basic research, improving the overall degree of coordination between basic research and applied research, and adopting different strategies for different enterprises can we realize the transformation of China's industrial innovation from imitation innovation to original innovation.

Key words basic research; applied research; industrial innovation

■ 收稿日期 2021-04-16

■ 作者简介 李 政, 经济学博士, 吉林大学中国国有经济研究中心主任, 吉林大学经济学院教授、博士生导师; 吉林长春 130012;
王思霓, 吉林大学经济学院博士研究生。

■ 责任编辑 何坤翁