

谢一鸣,黄少卿:研发竞合模式、补贴政策与企业研发投入结构

研发竞合模式、补贴政策与企业研发投入结构

谢一鸣, 黄少卿

摘要: 本文将企业研发活动划分为基础研究和应用开发两种类型,通过设定研发阶段基础研究知识溢出水平和市场竞争阶段产品差异化水平,构建政府和双寡头企业之间“补贴—研发—生产”三阶段博弈模型,基于理论推导和数值模拟法,比较分析研发竞争、研发卡特尔以及研发联盟卡特尔三种竞合模式下企业研发投入水平、结构及社会福利,进而探索最优研发补贴政策并评估其政策效应。研究发现:无研发补贴政策情形下,三种研发竞合模式的企业研发投入总量均不足,其中,研发竞争模式还存在基础研究投入比例偏低的结构性问题;为了提高企业研发投入水平和优化研发投入结构,针对研发竞争模式,政府应实施倾向基础研究的差异化补贴政策,而针对研发卡特尔模式和研发联盟卡特尔模式,应实施统一比例的均匀补贴政策;对于高产品差异化、基础研究高知识溢出水平的行业而言,研发补贴政策的技术进步和社会福利增进效应更为明显;无论是否存在政府补贴,研发联盟卡特尔模式均最有利于技术进步与社会福利改进。

关键词: 基础研究;研发竞合模式;研发补贴政策;研发投入结构

一、引言

面对以人工智能(Artificial Intelligence, AI)技术为主导的新一轮科技革命和产业变革的机遇与挑战,2025年10月《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十五个五年规划的建议》确立了“科技自立自强水平大幅提高”的发展目标,要求“国家创新体系整体效能显著提升……基础研究和原始创新能力显著增强,重点领域关键核心技术快速突破”,并提出“强化企业科技创新主体地位……鼓励企业加大基础研究投入……提高企业研发费用加计扣除比例”的政策方针。然而,由于中国长期实施的经济追赶战略强调发挥后发优势,即更好地学习模仿吸收先进国家的科学和技术知识,因此,政府的研发支持政策通常侧重于企业的应用开发(即试验发展)环节而忽视了基础研究。

作者谢一鸣,上海交通大学安泰经济与管理学院;黄少卿,上海交通大学安泰经济与管理学院。通讯作者:黄少卿,电子信箱:sqhuang@sjtu.edu.cn。本文为国家自然科学基金重点项目(22AZD036)阶段性成果。

这种政策倾向导致整个国家的研究与试验发展(Research and Development,简称研发)经费构成存在三个问题:①从研发投入结构看,绝大部分研发经费被用于试验发展,这部分经费占全国研发总经费的比重常年在80%以上,而投入基础研究的经费比重长期处于不到20%的较低水平,尤其是纯基础研究,尽管近年来有所提升,但到2024年也仅为6.9%,相较于一些主要创新型国家15%—25%的比重存在明显差距^①。②从研发经费投入来源看,纯基础研究投入中来自企业的部分不足的问题相当突出,其占比从2018年的7.1%增长到2023年的14.2%,然而,2020年美国该比重为32.9%,日本为47.1%。③企业内部研发经费投入结构中纯基础研究的占比极低,2018年仅为0.5%,到2023年也只有1.2%,相较于发达国家2020年6%—8%的水平存在显著差距。^②

考虑到基础研究,尤其是纯基础研究在整个国家创新体系中的关键性作用,上述局面显然不利于提升原始创新能力和发展新质生产力,也不利于经济生产效率的持续提升。对企业而言,纯基础研究所形成的原理性知识扩展了企业知识储备池,不仅为基础性应用研究和应用开发奠定基础(Cohen and Levinthal, 1989; Rosenberg, 1990),还能帮助企业吸收来自外部基础研究的成果(Pavitt, 1998),是企业从事试验发展(开发新产品、新工艺)的重要思想来源(Mansfield, 1998)。对社会而言,相比高校和科研院所等公共部门,企业的基础研究可以更快地产生新产品和新工艺,具有不可替代属性(Arora et al., 2020)。因此,探究如何改善研发支持政策以有效缓解中国研发经费结构的三大问题,尤其是如何提高企业对基础研究的重视水平,改变企业研发投入结构,提升基础研究投入在企业研发投入中的占比,并相应提高企业纯基础研究投入占中国纯基础研究总投入的比重^③,在当前的经济形势和落实“十五五”规划建议背景下,有着重大理论价值和政策价值。本文将通过理论建模和数值分析,试图为解决上述问题提供相关分析框架和政策思路。

当前,发达经济体政府最常采用的研发支持政策工具是以政府拨款形式为企业的研发开支提供直接货币补贴,或实行研发税收优惠政策。Bloom et al.(2019)认为,与研发税收优惠政策相比,提供直接货币补贴的政策更具针对性,能够直接作用于特定类

① 数据来自《中国统计年鉴》(2024)、《2024年全国科技经费投入统计公报》以及朱迎春(2018)。

② 中国数据来自相关年份《中国统计年鉴》。美国、日本以及发达国家数据来自经济合作与发展组织数据库(2020年数据)。

③ 考虑到纯基础研究(即科学研究)形成的科学知识具有纯公共品属性,从事纯基础研究的主体主要是大学和财政拨款的科研机构,而企业的基础研究主要是基础性应用研究。有必要指出的是,认为企业完全不应该也不会从事纯基础研究的观点可能过于偏颇。有研究表明,从事一定纯基础研究的企业往往比完全不从事纯基础研究的企业在基础性应用研究和应用开发方面有更好的绩效表现(Cockburn et al., 1999)。事实上,正如前文所指出的,发达国家企业的纯基础研究支出占其全部研发支出比重大约在6%—8%。

型的研发活动;而且,研发补贴政策是一种事前激励政策,与企业创新项目未来是否盈利无关,企业获得资金支持的确性高(李文健等,2022)。因此,考虑到研究的重点是如何优化企业研发投入结构,本文将聚焦于研发补贴政策对企业研发投入结构可能带来的影响。另外,为了取得关键核心共性技术的基础研究突破,抢占产业发展战略制高点,面对此类研发活动所要付出的高昂成本、漫长的研发周期以及研发产出的高度不确定性,高科技行业企业往往倾向于选择与其他企业开展研发合作,甚至在政府支持下,依托行业性组织组建研发联盟,典型例子如美国半导体制造技术联盟(SEMATECH)和日本超大规模集成电路计划(VLSI)。研发模式的重要性与现实意义越来越受到社会各方的关注和重视,因此,针对研发政策影响的评估,有必要将研发竞合模式这一维度纳入分析框架。

基于以上考虑,本文构建了一个包括补贴、研发和生产三阶段的政府与双寡头企业之间的博弈模型。在产品市场上,两家企业生产差异化产品并开展古诺竞争。在研发阶段,按照 Arora et al.(2021)的方法,将企业研发投入划分为具有互补性关系的基础研究和应用开发两种类型,二者的比例关系形成企业研发投入结构。本文模型还设定了基础研究知识溢出水平、产品差异化程度、基础研究降低应用开发成本的幅度三个外生参数,分别用来衡量行业内科学知识和基础技术知识的利用程度、企业市场势力,以及基础研究对技术开发的重要性。然后,参考 Kamien et al.(1992)提出的企业研发模式,引入研发竞争、研发卡特尔和研发联盟(Research Joint-Venture, RJV)卡特尔三种不同的研发竞合模式,研究不同研发模式下企业的研发投入规模与结构、消费者剩余、生产者剩余、社会福利水平及其随上述三个外生参数变化的情况,在此基础上分析最优研发补贴政策及其对三种研发竞合模式产生的政策效应。

本文的主要发现如下:①当无研发补贴政策干预时,研发竞争模式不仅存在两种类型研发投入规模不足的问题,还存在基础研究投入比例偏低的结构性扭曲情况,而研发卡特尔模式以及 RJV 卡特尔模式仅存在两种类型研发投入规模不足的状况。②针对研发竞争模式的最优研发补贴政策是对基础研究提供更高补贴比例的差异化补贴政策,而针对研发卡特尔和 RJV 卡特尔模式的最优研发补贴政策是对两种类型研发制定相同补贴比例的均匀补贴政策。③最优研发补贴政策对技术进步和社会福利的促进效应在产品差异化程度高和基础研究知识溢出水平高的行业更为显著。④以促进技术进步和社会福利最大化为目标,最优的研发模式是 RJV 卡特尔模式,即企业在竞争前的基础研究环节协调投资和共享知识,而在直接参与市场竞争的应用开发环节保持独立研发。

本文主要贡献在于:①对 Kamien et al.(1992)经典理论模型中的企业研发活动进行分解,将其关于研发竞合模式的分析扩展到具有互补性但性质各异的基础研究和应用开发两种类型的研发活动上,从研发投入结构而非总体规模的视角论证研发竞合模式对企业研发决策的影响,从而补充和丰富了相关理论文献。②在分析企业研发投入

结构的理论框架中,引入研发竞合模式和产品差异化,研究了这两个维度对企业研发投入规模、结构以及社会福利方面的异质性影响,为揭示政府研发补贴政策选择的重要性提供了新的理论诠释。③比较分析不同竞合模式下研发补贴政策对技术进步和社会福利的改进效应,并基于基础研究知识溢出水平和产品差异化程度来确定最优研发补贴方案,为政府研发补贴政策的制定、实施和动态调整提供精准的理论依据,也为政府引导企业强化基础研究和技术开发进而提升原始创新能力、发展新质生产力提供了重要参考。

二、文献综述

1. 企业研发投入结构及其相关研发政策的研究

(1)研发活动分类的相关界定。经济合作与发展组织(OECD)以及美国国家科学基金会将研发活动划分为“基础研究”“应用研究”与“试验发展”三种类型。其中,“基础研究”是为了获得关于现象和可观察事实的基本原理的新知识而进行的实验性或理论性研究,不以任何专门或特定的应用或使用为目的;“应用研究”是为了确定研究成果可能的用途,或是为探索实现预定目标所需新方法(原理性)或新途径而进行的创造性研究;而“试验发展”则是利用从基础研究、应用研究和实际经验中所获得的现有知识,为产生新的产品、材料和装置,建立新的工艺、系统和服务,以及对已产生和建立的上述各项做实质性改进而进行的系统性工作(OECD, 2015)。Stokes(2011)按照“是否有应用考虑”和“是否追求基本认识”两个维度,将“研究”活动划分为四种类型,构建了研究的四象限模型。其中,“波尔象限”代表不考虑实际应用、纯好奇心驱使的纯基础研究,通常是公共部门承担的科学研究;“巴斯德象限”代表为满足社会需求和商业用途而激发的基础性应用研究,同私营部门的应用研究或基础技术研究更为接近;“爱迪生象限”代表完全以解决现实问题为导向的应用开发性质的研究;“皮特森象限”代表既非理论导向也非应用驱动的兴趣探索型研究。本文将研发活动区分为“基础研究”和“应用开发”,其中,“基础研究”包括 OECD 分类法中的“基础研究”和“应用研究”两大类,基本对应 Stokes(2011)所指的“波尔象限”和“巴斯德象限”;“应用开发”则基本对应 OECD 分类法中的“试验发展”和 Stokes(2011)所指的“爱迪生象限”。

(2)企业研发投入的结构特征及其形成原因。Nelson(1959)、Arrow(1972)最早关注企业资源在不同类型研发活动之间配置的结构特征,他们认为,在竞争市场下,相较于应用开发,企业更有可能在基础研究上投资不足。原因在于:①基础研究本身的研究周期长、成本高、不确定性大、风险和收益不平衡(Pavitt, 1998)。②基础研究知识溢出的特征,尤其是纯基础研究所产生的成果,以公开发表的论文和专著为主,具有公共品的特征(徐晓丹和柳卸林, 2020),是一种具有部分排他性和非竞争性的商品,因此,企业投入基础研究产生的收益很难完全被自身获得(Romer, 1990)。③制度环境因素,

包括金融市场发展水平较低、知识产权保护程度不足、政府科技政策的实用性导向以及长期实施技术引进战略形成的路径依赖等(成力为和郭园园,2016;宋高旭和施红,2019)。^④企业及其所处产业的特征,包括企业规模、企业对科技成果的商业转化能力、技术市场的厚度以及产业的科学基础性等(Arora et al.,2024;贺俊等,2024)。

(3)政府研发政策对企业研发投入结构的影响。大量文献从总量视角研究了政府研发政策对企业研发总投入的影响,但受制于微观层面企业研发投入结构数据的匮乏,仅有少数研究从结构视角评估政府研发政策。姜安等(2020)认为,政府“一刀切”的研发税收支持政策加剧了企业研发结构的失衡,而研发加计扣除政策则有利于企业研发结构优化;王芳等(2021)、尹志锋等(2024)利用中关村科技园区的企业调查数据发现,就促进企业从事基础研究的效果看,研发补贴最好,其次为税收优惠,而政府采购最低。Hottenrott et al.(2017)利用比利时明确区分研究和开发拨款的政策设计,实证分析发现,研究和开发补贴对企业研究与开发支出产生了积极的影响,且对企业研究投入的效应大于对试验发展投入的效应;Akcigit et al.(2021)利用法国企业研发投入结构数据,实证研究发现,对基础研究和应用研究施加相同的补贴比例会加剧企业研发投入结构的失衡,政府应对基础研究实施更高比例的补贴。

2. 企业研发竞合模式及其相关研发政策的研究

(1)研发竞合模式的类型与概念。Kamien et al.(1992)依据“是否共享研发信息和成果”和“是否协调研发投资”,归纳总结了四种研发竞合模式:①研发竞争模式,企业不存在任何形式的研发合作;②研发卡特尔模式,企业相互协调研发投资,但不共享研发信息和成果;③RJV竞争模式,企业共享研发信息和成果,但不会相互协调研发投资;④RJV卡特尔模式,企业之间共享研发信息和成果,同时还相互协调研发投资。

(2)研发竞合模式对企业研发行为和社会福利的影响。在Kamien et al.(1992)模型基础上,后续文献通过加入产品差异化、增加竞争企业数量(Bourreau and Dogan,2010),以及纳入产品市场价格竞争(Karbowsky and Prokop,2018)、竞争双方的不对称性(Petit and Tolwinski,1999)、纵向企业合作(Atallah,2002)等因素,逐步扩展模型的分析维度。上述研究显示,企业在不同研发竞合模式下的研发决策和行为受到诸如知识溢出等多方面因素的影响,其福利效应并不确定,且存在显著差异。

(3)企业研发竞合模式下的政府研发政策。已有部分国内外相关文献研究了政府研发政策对不同研发竞合模式下的企业研发行为和社会福利的影响,并从中探索最优的研发政策。Amir et al.(2019)认为,无论是何种类型的研发模式,只要通过实施适当加权的二次研发补贴方案,就可以实现社会计划者的最优解决方案。游达明和朱桂菊(2014)、Shao and Hua(2023)均发现,政府补贴有助于提升企业研发投入,其中,根据企业特定研发竞合模式提供差异化补贴能够实现社会福利改善,而无差别补贴政策的实施效果十分有限。邓若冰和吴福象(2017)发现,技术溢出水平与产品差异化程度对不同研发竞合模式下政府最优补贴强度的影响有较大差异。这些文献在分析不同研发

竞合模式的研发补贴政策时仅从研发投入规模的视角出发,并未考虑研发政策对企业研发投入结构可能产生的影响。

综上所述,学术界对企业资源在不同类型研发活动之间的配置规律和特征已有深入研究,并且认识到仅依靠市场竞争机制难以自发形成社会最优研发投入结构,这为进一步开展本文研究工作奠定了基础。然而,大多数文献主要关注一个经济体的总体研发投入结构,针对企业研发投入结构优化的研究较少,同时,这类研究还缺乏科学的参照系,难以解决加总数据所造成的内生性问题,仅有 Akcigit et al.(2021)区分了私营企业的基础研究和应用研究,通过引入行业内和跨行业的知识溢出,构建科学的参照系来评估企业研发投入结构的效率,在此基础上提出了优化企业研发投入结构的政策方案,但其并未考虑研发竞合模式的因素。因此,如何解决“对于不同类型的研发竞合模式,政府应当如何制定研发政策,激励企业提高研发投入规模并优化研发投入结构”这一问题,依然存在较大的研究深化空间。本文可以丰富与企业研发投入结构优化相关的文献,进一步拓展这一领域的理论空间,为这一问题的解决提供新的研究视角。

三、理论模型与基本假设

假设1:考虑一个由两家风险中性企业构成的产业,两家企业生产具有差异化的产品,并在产品市场上开展古诺式双寡头竞争。分别定义 q_i 和 q_j 为企业 i 与企业 $j(i, j = 1, 2, i \neq j)$ 产品的产量, p_i 和 p_j 为企业 i 与企业 j 产品的价格。本文将代表性消费者的效用函数 U 设定为:

$$U = a(q_i + q_j) - \frac{1}{2}(q_i^2 + q_j^2 + 2\sigma q_i q_j) + M \quad (1)$$

其中, σ 表示两家企业产品差异化的程度, $\sigma \in (0, 1)$ 。当 $\sigma \rightarrow 0$ 时,两家企业的产品接近完全异质性,而当 $\sigma \rightarrow 1$ 时,两家企业的产品接近完全同质化。 a 代表市场规模, M 代表消费者对其他商品的消费,将其价格标准化为1,用 I 表示代表性消费者的收入,有 $M = I - p_i q_i - p_j q_j$ 。因此,由消费者效用最大化的一阶条件可以得到,企业 i 面临的逆需求函数为:

$$p_i = a - q_i - \sigma q_j \quad (2)$$

为保证 $p_i > 0$,须满足 $a > q_i + \sigma q_j$ 。综合消费者效用函数和逆需求函数,再将消费者剩余定义为 CS ,可进一步推导得到:

$$CS = \frac{1}{2}(q_i^2 + q_j^2 + 2\sigma q_i q_j) \quad (3)$$

假设2:两家企业具有恒定且相同的初始边际生产成本 c ,并且均可通过研发活动开展技术创新,来降低产品的边际生产成本。参考 Arora et al.(2021),本文将企业的

研发投入分解为基础研究和应用开发两种类型。其中,基础研究对应于科学研究和基础性应用研究,主要为研究产业发展所需的科学知识和基础技术知识,其产出在一定程度上可以被其他企业所使用,因而具有外溢性;而应用开发对应于试验发展,主要为研究与开发直接用于市场竞争的产品和工艺等专有技术,其产出通常以专利或保密的形式加以保护,不能直接被其他企业使用,因而不具有外溢性。依据 Rosenberg (1990),基础研究的产出并非最终产品,而是某种可能通过应用研究在新产品开发中发挥后续作用的新知识,因此,对企业而言,只有“应用开发”活动能直接产生降低产品生产成本所需要的专有技术。在此基础上,本文分别定义 c_i 和 c_j 为企业 i 与企业 j 产品的最终边际生产成本, a_i 和 a_j 为企业 i 与企业 j 的“应用开发”投入,并将 c_i 的函数设定为:

$$c_i = c - \gamma a_i \quad (4)$$

其中, $\gamma > 0$,用以度量应用开发投入 a_i 降低边际生产成本的程度,有 $c \in (\gamma a_i, a)$ 。^①

假设3:企业的基础研究投入虽然不能直接产生降低产品成本的专有技术,但可以降低用于专有技术开发的应用开发活动所耗费的研发成本^②。分别定义 b_i 和 b_j 为企业 i 与企业 j 的“基础研究”投入, r_i 和 r_j 为企业 i 与企业 j 的研发总成本,并将 r_i 的函数设定为:

$$r_i = \frac{d}{2} a_i^2 - \theta a_i (b_i + \delta b_j) + \frac{d}{2} b_i^2 \quad (5)$$

其中, $\frac{d}{2} a_i^2 - \theta a_i (b_i + \delta b_j)$ 衡量了企业 i 从事应用开发的成本, $\frac{d}{2} b_i^2$ 表示企业投入基础研究的成本。 d 是企业研发活动的效率参数^③, $d > 0$, d 越大,表示企业研发的效率越低。 δ 表示企业基础研究的知识溢出效应,这一效应对于两家企业是对称的, $\delta \in (0, 1]$, 当 $\delta = 1$ 时,表明企业基础研究产出的知识可以被其他企业完全利用。 θ 度量了基础研

① 感谢匿名评审专家针对基础研究和应用开发的性质及其如何影响企业产品生产成本方面所提出的宝贵意见,这些建议极大地提高了本文相关函数设定的严谨性,已被吸收用于此处修改后的产品生产成本函数以及后续研发成本函数的设定。

② 根据 Mansfield (1998)、Rosenberg (1990) 等文献,科学研究是技术创新的重要来源,企业开展纯基础研究能更有效地接触前沿知识,拓展了知识储备的深度与广度,使得应用开发能依托更丰富的知识基础,从而提升了自身应用开发的效率。因此,本文设定企业的基础研究并不直接影响企业绩效,而是通过降低应用开发的成本发挥作用。

③ 为使两家企业的研发活动呈现规模报酬递减的特征,本文遵循 d'Aspremont and Jacquemin (1988) 的相关设定,将应用开发投入和基础研究投入本身的成本函数设定为凸函数形式。同时,出于简化分析考虑,本文假定这两种类型研发投入的单位成本相同,均为 $0.5d$ 。此外,模型没有将企业从事研发活动的固定成本纳入分析框架中,因为本文不涉及企业进入和退出市场的相关决策。

究对降低企业应用开发成本的贡献, $\theta > 0$, θ 越大, 表明基础研究对于专有技术开发的重要性越高。

假设4: 政府以社会福利最大化为目标, 对企业两种类型研发投入所产生的成本均提供一定比例的补贴。本文假定政府能够有效区分企业研发投入的类型^①, 并且不考虑区分和审核企业研发投入类型所带来的额外成本, 分别定义 s_b 和 s_a 为政府对企业基础研究和应用开发投入的成本补贴比例, $s_b, s_a \in [0, 1]$, 而 G_i 和 G_j 分别为政府对企业 i 和企业 j 的研发补贴支出, G_i 的表达式为:

$$G_i = \left[\frac{d}{2} a_i^2 - \theta a_i (b_i + \delta b_j) \right] s_a + \frac{d}{2} b_i^2 s_b \quad (6)$$

基于上述基本假设, 本文将企业 i 的利润设定为 π_i , 其表达式为:

$$\pi_i = (p_i - c_i) q_i - \left[\frac{d}{2} a_i^2 - \theta a_i (b_i + \delta b_j) \right] (1 - s_a) - \frac{d}{2} b_i^2 (1 - s_b) \quad (7)$$

定义企业 i 与企业 j 的利润之和 $\pi_i + \pi_j$ 为生产者剩余, 用 PS 表示。因此, 社会福利由生产者剩余和消费者剩余加总后, 再扣除政府研发补贴支出得到。用 SW 表示社会福利, 其表达式为:

$$SW = PS + CS - G_i - G_j \quad (8)$$

本模型是一个政府和企业之间的三阶段博弈模型: 在第一阶段, 政府根据社会福利最大化的目标确定对企业基础研究和应用开发活动的成本补贴比例 s_b 和 s_a ; 在第二阶段, 两家企业在给定的研发补贴政策下, 同时决定基础研究和应用开发投入的规模; 在第三阶段, 两家企业在产品市场上同时选择产出数量, 并据此确定产品的定价。本文使用逆向归纳法对模型进行求解, 同时为简化分析, 本文假定两家企业开展完全信息下的对称博弈。

四、无研发补贴政策时不同类型研发竞合模式的均衡分析

本部分分析无政府政策干预时研发竞争、研发卡特尔和RJV卡特尔三种研发模式

^① 在对企业不同类型研发投入数据的统计和核算方面, 《中国统计年鉴》、美国国家自然科学基金会以及OECD数据库每年均会对国家层面的企业基础研究、应用研究和试验发展投入进行分类统计, 而根据 Akcigit et al. (2021), 法国研究部近年来实施的年度研发调查包含了个体企业在基础研究与应用研究方面的支出明细数据; 在研发补贴政策的实践层面上, 四川省和上海市已出台针对企业基础研究活动的研发补贴政策, 并在政策文件中提出了区分和审核企业不同类型研发投入的工作准则, 同时, “十五五”规划强调要鼓励企业加大基础研究投入。因此, 有理由认为, 政府区分企业研发投入类型在实践上是可行的, 且类似政策未来将得到更多采用。

的均衡结果^①。在无研发补贴的情形下,本模型变换为一个由双寡头企业构成的两阶段博弈模型,即两家企业在第一阶段同时选择基础研究和应用开发投入,在第二阶段同时决定产量。为了给三种研发竞合模式下的均衡结果提供比较和分析的基准,这里给出社会计划者的研发和产量决策。

1. 基准情形:社会计划者的决策

社会计划者以社会福利最大化为目标进行决策,本文使用下标 O 来标识社会计划者的各决策变量。在第二阶段,社会计划者决定产品产量,根据社会福利最大化的一阶条件,令 $\frac{\partial SW}{\partial q_{i,o}} = 0$ 、 $\frac{\partial SW}{\partial q_{j,o}} = 0$,求解得到企业 i 和企业 j 均衡产量,分别为:

$$q_{i,o}^* = \frac{(a-c)(1-\sigma) + \gamma(a_{i,o} - a_{j,o}\sigma)}{1-\sigma^2} \quad (9)$$

$$q_{j,o}^* = \frac{(a-c)(1-\sigma) + \gamma(a_{j,o} - a_{i,o}\sigma)}{1-\sigma^2} \quad (10)$$

在第二阶段,社会计划者决定企业的基础研究投入和应用开发投入。将 $q_{i,o}^*$ 和 $q_{j,o}^*$ 代入式(8),并令 $\frac{\partial SW}{\partial b_{i,o}} = 0$ 、 $\frac{\partial SW}{\partial a_{i,o}} = 0$ 、 $\frac{\partial SW}{\partial b_{j,o}} = 0$ 、 $\frac{\partial SW}{\partial a_{j,o}} = 0$ 。由于完全信息对称博弈下有 $b_{i,o}^* = b_{j,o}^* = b_o^*$ 、 $a_{i,o}^* = a_{j,o}^* = a_o^*$ 、 $q_{i,o}^* = q_{j,o}^* = q_o^*$,所以可得到相关决策变量的均衡解:

$$a_o^* = \frac{\gamma d(a-c)}{(1+\sigma)[d^2 - \theta^2(1+\delta)^2] - \gamma^2 d} \quad (11)$$

$$b_o^* = \frac{\gamma \theta(a-c)(1+\delta)}{(1+\sigma)[d^2 - \theta^2(1+\delta)^2] - \gamma^2 d} \quad (12)$$

由式(11)和式(12)可得出社会计划者基础研究和应用开发投入的比例关系,即 $\frac{b_o^*}{a_o^*} = \frac{\theta}{d}(1+\delta)$ 。

2. 情形一:研发竞争模式的均衡分析

本文将研发竞争模式设定为两家企业独立进行研发投资和产量决策以实现自身利润最大化,不存在任何形式的研发合作和产品市场的合谋。该模式的典型案例为美国 SEMATECH 成立以前的美国半导体产业,行业内有数十家主要公司在市场上开展竞争,它们相互之间仅有有限和松散的合作,缺乏知识与技术的协调或共享(李维维等, 2021)。本文使用下标 N 来标识该模式下企业的各决策变量。在第二阶段,两家企业

^① 本文没有对 RJV 竞争模式进行分析,该模式对应的是专利交叉许可情形,例如,2004 年索尼和三星的专利交叉许可协议,双方在基本技术领域进行交叉许可交易,以缓和由知识产权问题所引发的法律紧张关系,从而使双方专注于在真正需要竞争的领域开展竞争。由于中国长期处于技术追赶阶段,远离技术前沿,原始创新能力不足,行业头部企业的专利数量虽多但质量和价值相对较低,因而该模式下的专利交叉许可在中国较为少见。本文重点研究在中国更为常见的其他三种模式。

在产品市场开展古诺竞争,根据企业利润最大化的一阶条件,令 $\frac{\partial \pi_{i,N}}{\partial q_{i,N}} = 0, \frac{\partial \pi_{j,N}}{\partial q_{j,N}} = 0$, 求解得到企业*i*和企业*j*均衡产量分别为:

$$q_{i,N}^* = \frac{(a-c)(2-\sigma) + \gamma(2a_{i,N} - a_{j,N}\sigma)}{4-\sigma^2} \quad (13)$$

$$q_{j,N}^* = \frac{(a-c)(2-\sigma) + \gamma(2a_{j,N} - a_{i,N}\sigma)}{4-\sigma^2} \quad (14)$$

在第一阶段,企业选择基础研究和应用开发投入。将式(13)和式(14)代入式(7),并令 $\frac{\partial \pi_{i,N}}{\partial b_{i,N}} = 0, \frac{\partial \pi_{i,N}}{\partial a_{i,N}} = 0, \frac{\partial \pi_{j,N}}{\partial b_{j,N}} = 0, \frac{\partial \pi_{j,N}}{\partial a_{j,N}} = 0$ 。由于完全信息对称博弈下有 $b_{i,N}^* = b_{j,N}^* = b_N^*, a_{i,N}^* = a_{j,N}^* = a_N^*, q_{i,N}^* = q_{j,N}^* = q_N^*$,所以可得到相关决策变量的均衡解:

$$a_N^* = \frac{4\gamma d(a-c)}{(2-\sigma)(2+\sigma)^2[d^2 - \theta^2(1+\delta)] - 4\gamma^2 d} \quad (15)$$

$$b_N^* = \frac{4\gamma\theta(a-c)}{(2-\sigma)(2+\sigma)^2[d^2 - \theta^2(1+\delta)] - 4\gamma^2 d} \quad (16)$$

由式(15)和式(16)可得出企业均衡时的基础研究和应用开发投入的比例关系,即 $\frac{b_N^*}{a_N^*} = \frac{\theta}{d}$ 。将其与 $\frac{b_o^*}{a_o^*}$ 比较,由于 $\delta \in (0, 1]$,因此,有 $\frac{b_N^*}{a_N^*} < \frac{b_o^*}{a_o^*}$ 。通过证明^①,还可以进一步推导出 $a_N^* < a_o^*, b_N^* < b_o^*$ 。综上所述,可以得到:

命题1:当不存在政府的研发补贴时,对于研发竞争模式,有:①在研发投入水平方面,均衡状态下的企业基础研究投入 b_N^* 、应用开发投入 a_N^* 均低于社会计划者的投入水平;②在研发投入结构方面,均衡状态下的企业基础研究投入比例与基础研究降低应用开发成本的贡献参数 θ 成正比,与研发活动效率系数 d 成反比,同时,相比社会计划者的投入比例,企业基础研究投入的比例更低,且基础研究知识溢出水平 δ 越高,企业基础研究投入偏低的程度也越大。

命题1说明,当企业之间不存在研发信息共享和研发投入协调时,由于无法将基础研究知识溢出内部化,基础研究知识溢出的外部性不仅会导致企业基础研究和应用开发的投入规模不足,还会进一步扭曲企业的研发投入结构。在研发竞争模式下,企业仅依据自身的研发效率和基础研究对技术开发的重要性来决定研发投入结构,从而表现为基础研究投入不足的程度相比于应用开发更为严重,且基础研究知识溢出程度越高,“搭便车效应”越强,这种研发投入结构扭曲的程度也越高。

3.情形二:研发卡特尔模式的均衡分析

本文将研发卡特尔模式设定为,两家企业在产品市场上依然开展古诺竞争并独立

^① 对于此处和后文需要证明的命题,详细证明过程参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

决策,而在研发阶段通过互相协调各自的研发投资决策以实现联合利润最大化,但不共享研发成果。该模式的典型案例为三星等液晶面板制造商在2001—2006年间开展的研发合谋,这些企业定期召开“晶体会议”,共同探讨和协调研发进度与技术路线,并逐渐演变为产品市场卡特尔,最终遭致中国和美国等国的反垄断规制(张伟和于良春,2014)。本文使用下标 C 来标识该模式下企业的各决策变量。在第二阶段,由于两家企业均以自身利润最大化为目标在产品市场开展古诺竞争,企业 i 和企业 j 的均衡产量 $q_{i,C}^*$ 和 $q_{j,C}^*$ 的计算方法与研发竞争模式相同。而在第一阶段,两家企业则以联合利润最大化为目标选择基础研究和应用开发投入,将 $q_{i,C}^*$ 和 $q_{j,C}^*$ 代入 $\pi_{i,C}$ 和 $\pi_{j,C}$ 中,并令 $\frac{\partial(\pi_{i,C} + \pi_{j,C})}{\partial b_{i,C}} = 0, \frac{\partial(\pi_{i,C} + \pi_{j,C})}{\partial a_{i,C}} = 0, \frac{\partial(\pi_{i,C} + \pi_{j,C})}{\partial b_{j,C}} = 0, \frac{\partial(\pi_{i,C} + \pi_{j,C})}{\partial a_{j,C}} = 0$ 。由于完全信息对称博弈下有 $b_{i,C}^* = b_{j,C}^* = b_C^*, a_{i,C}^* = a_{j,C}^* = a_C^*, q_{i,C}^* = q_{j,C}^* = q_C^*$,可得到相关决策变量的均衡解:

$$a_C^* = \frac{2\gamma d(a-c)}{(2+\sigma)^2[d^2 - \theta^2(1+\delta)^2] - 2\gamma^2 d} \quad (17)$$

$$b_C^* = \frac{2\gamma\theta(a-c)(1+\delta)}{(2+\sigma)^2[d^2 - \theta^2(1+\delta)^2] - 2\gamma^2 d} \quad (18)$$

由式(17)和式(18)可得出企业均衡时的基础研究和应用开发投入的比例关系,即 $\frac{b_C^*}{a_C^*} = \frac{\theta}{d}(1+\delta)$ 。将其与 $\frac{b_o^*}{a_o^*}$ 比较可以看出, $\frac{b_C^*}{a_C^*} = \frac{b_o^*}{a_o^*}$ 。通过证明,还可以进一步推导出: $a_C^* < a_o^*, b_C^* < b_o^*$ 。

4. 情形三:RJV卡特尔模式的均衡分析

按照Kamien et al.(1992)的定义,在RJV卡特尔模式中,两家企业在产品市场上依然开展古诺竞争并独立决策,但在研发阶段不仅共享研发信息和成果,还互相协调各自的研发投资决策以实现联合利润最大化。本文将研发活动分解成基础研究和应用开发这两种性质和作用不同的类型,根据黄少卿等(2016),研发联盟通常更多地用于从事整个行业内均可用到的基础技术和共性技术的研发;Branstetter and Sakakibara(2002)的研究也表明,研发联盟进行基础性技术研究会比进行应用性技术研究更加有效。而从现实中的典型案例看,SEMATECH与比利时微电子研究中心(IMEC)等国际著名的研发联盟均主要从事竞争前阶段的行业前沿基础理论和基础技术研究工作,而非最终产品和工艺的开发,联盟内的成员企业在产品市场上通常是激烈的竞争对手,但它们共同出资分摊研发成本,并在联盟内共享研发成果(柳卸林等,2021;樊春良和杨佳,2024)。因此,为了更好地贴近这些现实案例,本文将RJV卡特尔模式设定为,两家企业在基础研究活动中共享信息和成果,共同分担研发投资,但在应用开发活动中不存在任何形式的合作。本文使用下标 R 来标识该模式下企业的各决策变量。

具体而言,在第二阶段,由于两家企业均以自身利润最大化为目标在产品市场开展古诺竞争,因此,企业*i*和企业*j*的均衡产量 $q_{i,R}^*$ 和 $q_{j,R}^*$ 的计算方法与研发竞争模式相同。在第一阶段,两家企业以联合利润最大化为目标选择基础研究投入,而以自身利润最大化为目标选择应用开发投入,同时,对两家企业而言,基础研究活动的知识溢出程度 δ 的取值均为1。将 $q_{i,R}^*$ 和 $q_{j,R}^*$ 代入 $\pi_{i,R}$ 和 $\pi_{j,R}$ 中,并令 $\frac{\partial(\pi_{i,R} + \pi_{j,R})}{\partial b_{i,R}} = 0, \frac{\partial \pi_{i,R}}{\partial a_{i,R}} = 0, \frac{\partial(\pi_{i,R} + \pi_{j,R})}{\partial b_{j,R}} = 0, \frac{\partial \pi_{j,R}}{\partial a_{j,R}} = 0$ 。由于完全信息对称博弈下有 $b_{i,R}^* = b_{j,R}^* = b_R^*, a_{i,R}^* = a_{j,R}^* = a_R^*, q_{i,R}^* = q_{j,R}^* = q_R^*$,可得到相关决策变量的均衡解:

$$a_R^* = \frac{4\gamma d(a-c)}{(2-\sigma)(2+\sigma)^2(d^2-4\theta^2)-4\gamma^2 d} \quad (19)$$

$$b_R^* = \frac{8\gamma\theta(a-c)}{(2-\sigma)(2+\sigma)^2(d^2-4\theta^2)-4\gamma^2 d} \quad (20)$$

由式(19)和式(20)可进一步得出企业均衡时的基础研究和应用开发投入的比例关系,即 $\frac{b_R^*}{a_R^*} = \frac{2\theta}{d}$ 。将其与 $\frac{b_0^*}{a_0^*}$ 比较,令式(11)和式(12)中的参数 $\delta = 1$,可以看出, $\frac{b_R^*}{a_R^*} = \frac{b_0^*}{a_0^*}$ 。通过证明,还可以进一步得到 $a_R^* < a_0^*, b_R^* < b_0^*$ 。

综合上述对研发卡特尔模式和RJV卡特尔模式的均衡分析,可以得到:

命题2:对于研发卡特尔和RJV卡特尔模式,当不存在政府研发补贴时,有:①在研发投入水平方面,均衡状态下的企业基础研究投入 b_c^* 和 b_R^* 、应用开发投入 a_c^* 和 a_R^* 均低于社会计划者的投入水平;②在研发投入结构方面,均衡状态下企业基础研究投入的比例与社会最优投入的比例是一致的,且这一比例与基础研究降低应用开发成本的贡献参数 θ 成正比,与研发活动效率系数 d 成反比,而研发卡特尔模式的这一比例还与基础研究知识溢出水平 δ 成正比。

命题2表明,企业之间的研发合作虽然不能使企业在研发投入规模上达到社会最优水平,但是可以将基础研究知识溢出的外部性内部化,从而有效地纠正因企业基础研究投入比例偏低所形成的研发投入结构扭曲的状况。命题2也表明,要实现社会最优的研发投入结构,企业仅需要在基础研究环节协调投资或共同投资,而无需在应用开发环节进行合作。在研发卡特尔模式下,企业依据自身的研发效率、基础研究对技术开发的重要性以及基础研究知识溢出水平决定研发投入结构,基础研究知识溢出水平越高,即企业越能吸收利用更多的基础科学知识和行业基础技术知识,其基础研究的投入比例越高;对于RJV卡特尔模式,由于企业之间完全共享基础研究信息和成果,因此,企业仅依据自身的研发效率和基础研究对技术开发的重要性决定研发投入结构。

五、不同类型研发竞合模式的最优研发补贴政策分析

前文分析表明,在无研发政策干预时,三种研发竞合模式下的企业基础研究和应用开发投入均无法达到社会最优的投入水平。因此,为了激励企业增加研发投入、优化投入结构以及增进社会福利,本部分引入政府的研发补贴政策,将模型变换为一个由政府 and 双寡头企业构成的三阶段博弈模型。在第一阶段,政府根据社会福利最大化目标,确定对企业基础研究和应用开发活动的最优成本补贴比例,而第二阶段和第三阶段则分别对应于无研发政策干预时的第一阶段和第二阶段,即企业进行研发决策阶段和生产决策阶段。

1. 情形一:研发竞争模式的最优研发补贴政策分析

本文使用下标 N 标识该模式下政府制定的基础研究和应用开发成本补贴比例,同时使用下标 NS 标识引入研发补贴政策后该模式下企业的各决策变量。参照前文的模型求解方法,并令 $\frac{1 - s_{a,N}}{1 - s_{b,N}} = \Delta_N$, 得到企业相关决策变量的均衡解:

$$a_{NS}^* = \frac{4\gamma d(a-c)}{(2-\sigma)(2+\sigma)^2 \Delta_N (1-s_{b,N}) [d^2 - \theta^2(1+\delta)\Delta_N] - 4\gamma^2 d} \quad (21)$$

$$b_{NS}^* = \frac{4\gamma\theta(a-c)\Delta_N}{(2-\sigma)(2+\sigma)^2 \Delta_N (1-s_{b,N}) [d^2 - \theta^2(1+\delta)\Delta_N] - 4\gamma^2 d} \quad (22)$$

由式(21)和式(22),可进一步计算得到消费者剩余 CS_{NS}^* 、生产者剩余 PS_{NS}^* 以及社会福利 SW_{NS}^* , 并令 $\frac{\partial SW_{NS}^*}{\partial s_{b,N}} = 0$ 、 $\frac{\partial SW_{NS}^*}{\partial s_{a,N}} = 0$, 可求解得到政府最优的研发补贴比例:

$$s_{a,N}^* = 1 - \frac{4}{(2-\sigma)(3+\sigma)} \quad (23)$$

$$s_{b,N}^* = 1 - \frac{4}{(2-\sigma)(3+\sigma)(1+\delta)} \quad (24)$$

由于 $\delta \in (0, 1]$, $\sigma \in (0, 1)$, 所以从式(23)和式(24)可以看出, $s_{a,N}^* < s_{b,N}^*$, 且 $\frac{\partial s_{a,N}^*}{\partial \sigma} < 0$ 、 $\frac{\partial s_{b,N}^*}{\partial \sigma} < 0$ 、 $\frac{\partial s_{b,N}^*}{\partial \delta} > 0$ 。而将式(23)和式(24)代入式(21)和式(22), 可得 $\frac{b_{NS}^*}{a_{NS}^*} = \frac{\theta(1+\delta)}{d} = \frac{b_0^*}{a_0^*}$, 通过证明, 有 $a_{NS}^* > a_N^*$ 、 $b_{NS}^* > b_N^*$ 。因此, 可以得到:

命题3: 对于研发竞争模式, 有: ①基础研究的最优补贴比例 $s_{b,N}^*$ 高于应用开发的最优补贴比例 $s_{a,N}^*$; ②应用开发的最优补贴比例仅与产品差异化系数 σ 有关, 产品差异化程度越高, 其最优补贴比例越高; ③基础研究的最优补贴比例与产品差异化系数 σ 和基础研究的知识溢出水平 δ 均有关, 且随产品差异化程度和基础研究知识溢出水平的提高而提升; ④实施最优研发补贴后, 企业基础研究和应用开发投入的水平均提升, 且

基础研究投入比例也将提升至社会最优水平。

命题3说明,当企业之间不存在任何形式的研发合作时,政府应对这类企业实施差异化的研发补贴政策,在区分企业基础研究和应用开发投入的基础上,给基础研究提供更高比例的补贴。对于研发竞争模式,研发投入总体规模不足和结构扭曲的问题一方面来源于产品差异化形成的市场势力,另一方面则来源于基础研究的知识溢出效应。因此,政府应对高产品差异化的行业给予更大的基础研究和应用开发补贴比例,对基础研究高知识溢出水平的行业给予更大的基础研究补贴比例。政府通过最优差异化补贴政策,不仅可对企业两种类型的研发投入产生“挤入”作用,还能纠正研发投入结构扭曲的情况。

2.情形二:研发卡特尔模式的最优研发补贴政策分析

本文使用下标 C 来标识该模式下政府制定的基础研究和应用开发成本补贴比例,同时使用下标 CS 来标识引入研发补贴政策后该模式下企业的各决策变量。参照前文的模型求解方法,并令 $\frac{1 - s_{a,C}}{1 - s_{b,C}} = \Delta_C$, 得到企业相关决策变量的均衡解:

$$a_{CS}^* = \frac{2\gamma d(a - c)}{(2 + \sigma)^2 \Delta_C (1 - s_{b,C}) [d^2 - \theta^2 (1 + \delta)^2 \Delta_C] - 2\gamma^2 d} \quad (25)$$

$$b_{CS}^* = \frac{2\gamma\theta(a - c)\Delta_C(1 + \delta)}{(2 + \sigma)^2 \Delta_C (1 - s_{b,C}) [d^2 - \theta^2 (1 + \delta)^2 \Delta_C] - 2\gamma^2 d} \quad (26)$$

由式(25)和式(26)可进一步计算得到消费者剩余 CS_{CS}^* 、生产者剩余 PS_{CS}^* 以及社会福利 SW_{CS}^* , 并令 $\frac{\partial SW_{CS}^*}{\partial s_{b,C}} = 0, \frac{\partial SW_{CS}^*}{\partial s_{a,C}} = 0$, 可求解得到政府最优的研发补贴比例:

$$s_{a,C}^* = s_{b,C}^* = 1 - \frac{2}{3 + \sigma} \quad (27)$$

由于 $\sigma \in (0, 1)$, 可以看出, $\frac{\partial s_{a,C}^*}{\partial \sigma} = \frac{\partial s_{b,C}^*}{\partial \sigma} > 0$ 。将式(27)代入式(25)和式(26), 可得 $\frac{b_{CS}^*}{a_{CS}^*} = \frac{\theta(1 + \delta)}{d} = \frac{b_o^*}{a_o^*}$ 。此时 $\Delta_C = 1$, 因此, 有: $a_{CS}^* > a_{C^o}^*, b_{CS}^* > b_{C^o}^*$ 。

3.情形三:RJV卡特尔模式的最优研发补贴政策分析

本文使用下标 R 来标识该模式下政府制定的基础研究和应用开发成本补贴比例,同时使用下标 RS 来标识引入研发补贴政策后该模式下企业的各决策变量。参照前文的模型求解方法,并令 $\frac{1 - s_{a,R}}{1 - s_{b,R}} = \Delta_R$, 得到企业相关决策变量的均衡解:

$$a_{RS}^* = \frac{4\gamma d(a - c)}{(2 - \sigma)(2 + \sigma)^2 \Delta_R (1 - s_{b,R}) (d^2 - 4\theta^2 \Delta_R) - 4\gamma^2 d} \quad (28)$$

$$b_{RS}^* = \frac{8\gamma\theta(a - c)\Delta_R}{(2 - \sigma)(2 + \sigma)^2 \Delta_R (1 - s_{b,R}) (d^2 - 4\theta^2 \Delta_R) - 4\gamma^2 d} \quad (29)$$

由式(28)和式(29)可进一步计算得到消费者剩余 CS_{RS}^* 、生产者剩余 PS_{RS}^* 以及社会

福利 SW_{RS}^* , 并令 $\frac{\partial SW_{RS}^*}{\partial s_{b,R}} = 0$ 、 $\frac{\partial SW_{RS}^*}{\partial s_{a,R}} = 0$, 可求解得到政府最优的研发补贴比例:

$$s_{a,R}^* = s_{b,R}^* = 1 - \frac{4}{(2 - \sigma)(3 + \sigma)} \quad (30)$$

由于 $\sigma \in (0, 1)$, 可以看出, $\frac{\partial s_{a,R}^*}{\partial \sigma} = \frac{\partial s_{b,R}^*}{\partial \sigma} < 0$ 。将式(30)代入式(28)和式(29), 可得 $\frac{b_{RS}^*}{a_{RS}^*} = \frac{2\theta}{d} = \frac{b_0^*}{a_0^*}$ 。此时 $\Delta_R = 1$, 因此, 有: $a_{RS}^* > a_R^*$ 、 $b_{RS}^* > b_R^*$ 。

综合上述对研发卡特尔模式和 RJV 卡特尔模式的最优研发补贴政策分析, 可以得到:

命题4: 对于研发卡特尔模式和 RJV 卡特尔模式, 有: ①基础研究的最优补贴比例 $s_{b,C}^*$ 和 $s_{b,R}^*$ 与应用开发的最优补贴比例 $s_{a,C}^*$ 和 $s_{a,R}^*$ 相同; ②两种类型最优研发补贴比例均仅与产品差异化系数 σ 相关, 其中, 对于研发卡特尔模式, 产品差异化程度越高, 最优研发补贴比例越低, 而对于 RJV 卡特尔模式, 产品差异化程度越高, 最优研发补贴比例越高; ③实施最优研发补贴后, 企业基础研究和应用开发投入的水平均提升, 而基础研究投入比例则继续保持在社会最优水平。

命题4说明, 当企业之间开展研发卡特尔和 RJV 卡特尔模式的研发合作时, 政府应实施均匀的补贴政策, 即对这类企业的基础研究和应用开发提供相同比例的补贴。对于研发卡特尔模式, 由于企业在竞争前的基础研究环节以及面向市场竞争的应用开发环节全面协调投资, 因此, 研发投入总体规模不足的原因主要在于企业通过研发串谋削弱市场竞争, 这在产品同质化竞争的市场上尤其明显, 所以政府应对低产品差异化行业给予更大的补贴比例。而对于 RJV 卡特尔模式, 由于企业仅在基础研究环节共享信息并分担投资, 而在应用开发环节仍是彼此竞争的, 因此, 研发投入总体规模不足的原因主要在于产品差异化所形成的市场势力, 政府则应对高产品差异化行业给予更大的补贴比例。政府通过最优均匀补贴政策, 可对企业两种类型的研发投入产生“挤入”作用。

六、不同类型研发竞合模式的比较与数值模拟

1. 无研发补贴政策时三种研发竞合模式的比较与数值模拟

本部分首先比较无研发补贴政策时三种研发竞合模式的消费者剩余、生产者剩余和社会福利^①。为了使得比较更为直观, 本文利用数值模拟法, 模拟以上各关键变量随

① 本文还模拟了无研发补贴时三种研发竞合模式均衡的企业基础研究投入、应用开发投入, 以及研究投入随基础研究知识溢出水平变化的变化, 具体数值模拟图和相关说明参见《中国工业经济》网站(ciejournal.ajcass.com)附件。

基础研究知识溢出水平 δ 变化的情况。在数值模拟中,本文先设定 $\theta = 1, a = 1000, c = 900, \gamma = 2, d = 4.5$,然后分别设定两种产品差异化系数 σ 的取值:第一种为 $\sigma = 0.8$,对应两家企业产品差异化程度低的情况;第二种为 $\sigma = 0.2$,对应两家企业产品差异化程度高的情况。数值模拟的结果如图1和图2所示。

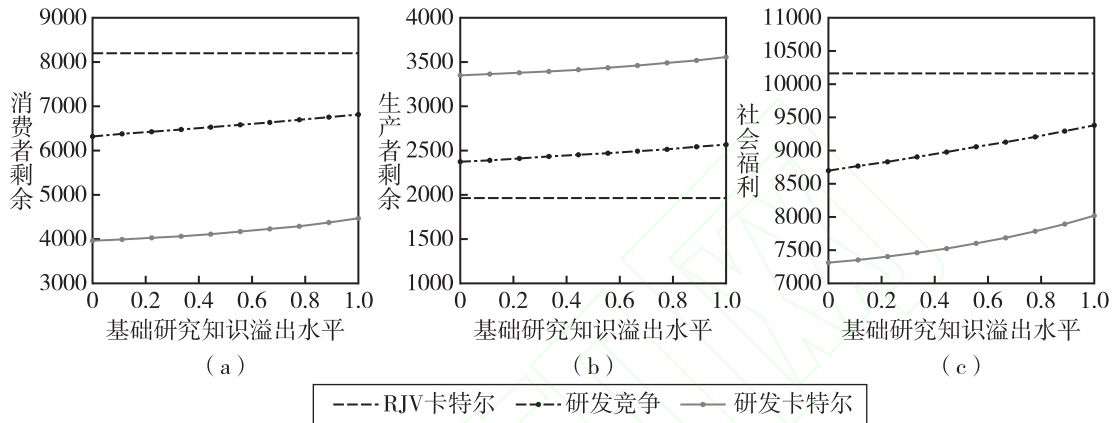


图1 无研发补贴时三种研发竞合模式的消费者剩余、生产者剩余和社会福利的比较($\sigma=0.8$,即低产品差异化情形)

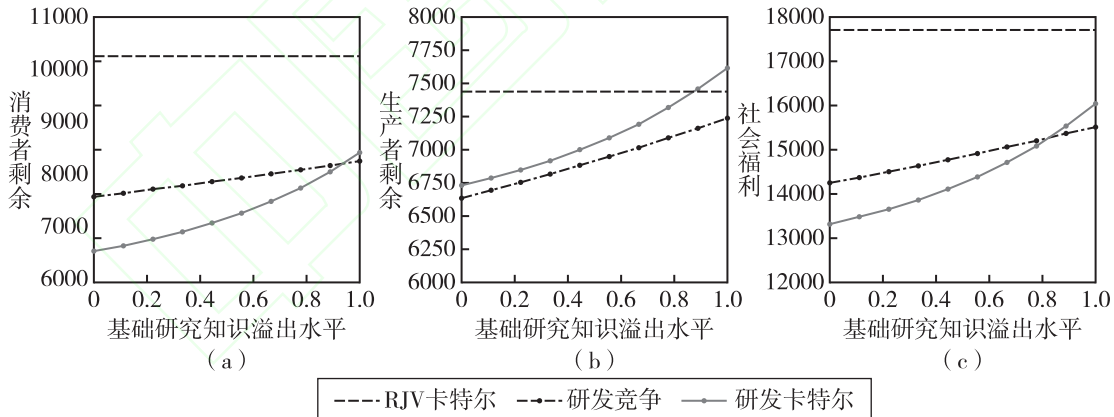


图2 无研发补贴时三种研发竞合模式的消费者剩余、生产者剩余和社会福利的比较($\sigma=0.2$,即高产品差异化情形)

根据图1和图2,在无研发补贴的情形下,有:①RJV卡特尔模式的消费者剩余和社会福利均为最大,表明企业在基础研究活动上组建研发联盟,同时在专有技术研究与开发上保持竞争,对于技术进步和社会福利的增进最为有利;从生产者剩余看,当产品差异化程度较低时,这种模式下企业获得的利润最低,而当产品差异化程度较高时,如果基础研究知识溢出水平不太高,这种模式下企业获得的利润反而是最高的,意味着

进行基础研究活动的研发联盟更有可能出现在高产品差异化行业,而产品市场上的同质化竞争会削弱企业采取 RJV 卡特尔模式的动力。②对于研发卡特尔模式和研发竞争模式,如果产品差异化程度较低,则研发卡特尔模式的消费者剩余和社会福利均为最低,而生产者剩余却是最高,表明在低产品差异化行业,企业最有动力组建研发卡特尔以回避市场竞争,这种在研发环节的全面合谋阻碍了技术进步,给消费者剩余和社会福利造成了更大的损失;如果产品差异化程度较高,且基础研究知识溢出水平也很高时,研发卡特尔模式的消费者剩余、生产者剩余和社会福利均会超过研发竞争模式,说明在高产品差异化且基础研究高知识溢出水平的行业,研发卡特尔模式在整个研发环节的协调投资有利于企业吸收利用行业内的基础知识,同时,高产品差异化使得企业本身具备一定的市场势力,进而削弱了研发卡特尔的竞争回避效应,最终降低了消费者剩余和社会福利损失。

2. 最优研发补贴政策下三种研发竞合模式的比较与数值模拟

本部分首先比较三种研发竞合模式下企业基础研究和应用开发的最优研发补贴比例。根据本文前述的计算汇总,经证明,在应用开发补贴比例方面,有 $s_{a,C}^* > s_{a,N}^* = s_{a,R}^*$ 。而在基础研究补贴比例方面,有 $s_{b,N}^* > s_{b,R}^*, s_{b,C}^* > s_{b,R}^*$ 。当 $\delta < \frac{\sigma}{2 - \sigma}$ 时,有 $s_{b,N}^* < s_{b,C}^*$,而当 $\delta > \frac{\sigma}{2 - \sigma}$ 时,有 $s_{b,C}^* < s_{b,N}^*$ 。由此可以得到:

命题5:对于最优应用开发补贴比例,RJV 卡特尔模式与研发竞争模式相同,而研发卡特尔模式最高;对于最优基础研究补贴比例,RJV 卡特尔模式最低,当基础研究知识溢出水平和产品差异化程度相对较高($\delta > \frac{\sigma}{2 - \sigma}$)时,研发竞争模式的最优补贴比例最高,而当基础研究知识溢出水平和产品差异化程度相对较低($\delta < \frac{\sigma}{2 - \sigma}$)时,研发卡特尔模式的最优补贴比例最高。

命题5表明,在应用开发补贴方面,由于研发卡特尔模式下企业在面向市场竞争的应用开发环节开展合谋,削弱了企业在产品市场上的竞争,因而需要提供比其他两种研发模式更高比例的补贴。在基础研究补贴方面,由于 RJV 卡特尔模式下企业在基础研究环节深度合作,既协调投资又共享信息,其基础科学知识和基础技术知识的内部化程度最高,因而需要提供的补贴比例最小;而当基础研究知识溢出水平和产品差异化程度相对较高时,由市场势力和基础研究知识溢出外部性所引发的社会福利损失更为严重,因而需要对研发竞争模式提供比研发卡特尔模式更高比例的补贴,而当基础研究知识溢出水平和产品差异化程度相对较低时,由研发串谋的竞争回避效应所造成的社会福利损失更为严重,因而需要对研发卡特尔模式提供比研发竞争模式更高比例的补贴。

本部分进一步对实施最优研发补贴政策后三种研发竞合模式的消费者剩余、生

产者剩余和社会福利及其变化进行比较分析。分别定义 $\frac{CS_{NS}^* - CS_N^*}{CS_N^*}$ 、 $\frac{CS_{CS}^* - CS_C^*}{CS_C^*}$ 、 $\frac{CS_{RS}^* - CS_R^*}{CS_R^*}$ 为最优研发补贴政策下三种研发竞合模式的消费者剩余相比无研发补贴干预时的变化幅度,定义 $\frac{PS_{NS}^* - PS_N^*}{PS_N^*}$ 、 $\frac{PS_{CS}^* - PS_C^*}{PS_C^*}$ 、 $\frac{PS_{RS}^* - PS_R^*}{PS_R^*}$ 为最优研发补贴政策下三种研发竞合模式的生产者剩余相比无研发补贴干预时的变化幅度,定义 $\frac{SW_{NS}^* - SW_N^*}{SW_N^*}$ 、 $\frac{SW_{CS}^* - SW_C^*}{SW_C^*}$ 、 $\frac{SW_{RS}^* - SW_R^*}{SW_R^*}$ 为最优研发补贴政策下三种研发竞合模式的社会福利相比无研发补贴干预时的变化幅度。保持前文的基本参数设定不变,继续利用数值模拟法来模拟实施最优研发补贴政策后两种不同产品差异化程度下的消费者剩余、生产者剩余和社会福利及其变化幅度,结果如图3和图4所示。

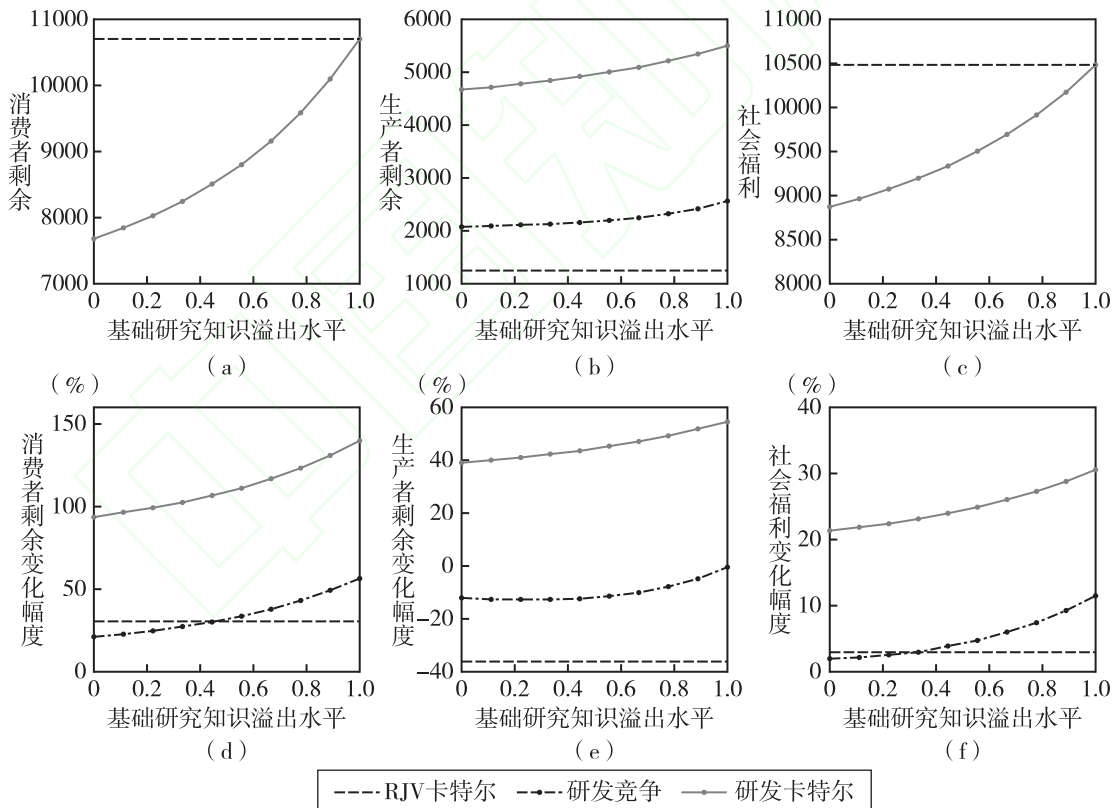


图3 最优研发补贴政策下三种研发竞合模式的消费者剩余、生产者剩余和社会福利及其变化的比较($\sigma=0.8$,即低产品差异化情形)

注:消费者剩余和社会福利的图形中,研发竞争模式和研发卡特尔模式的图像是完全重合的,所以在这些出现重合的图形中仅能观察到两条线。下图同。

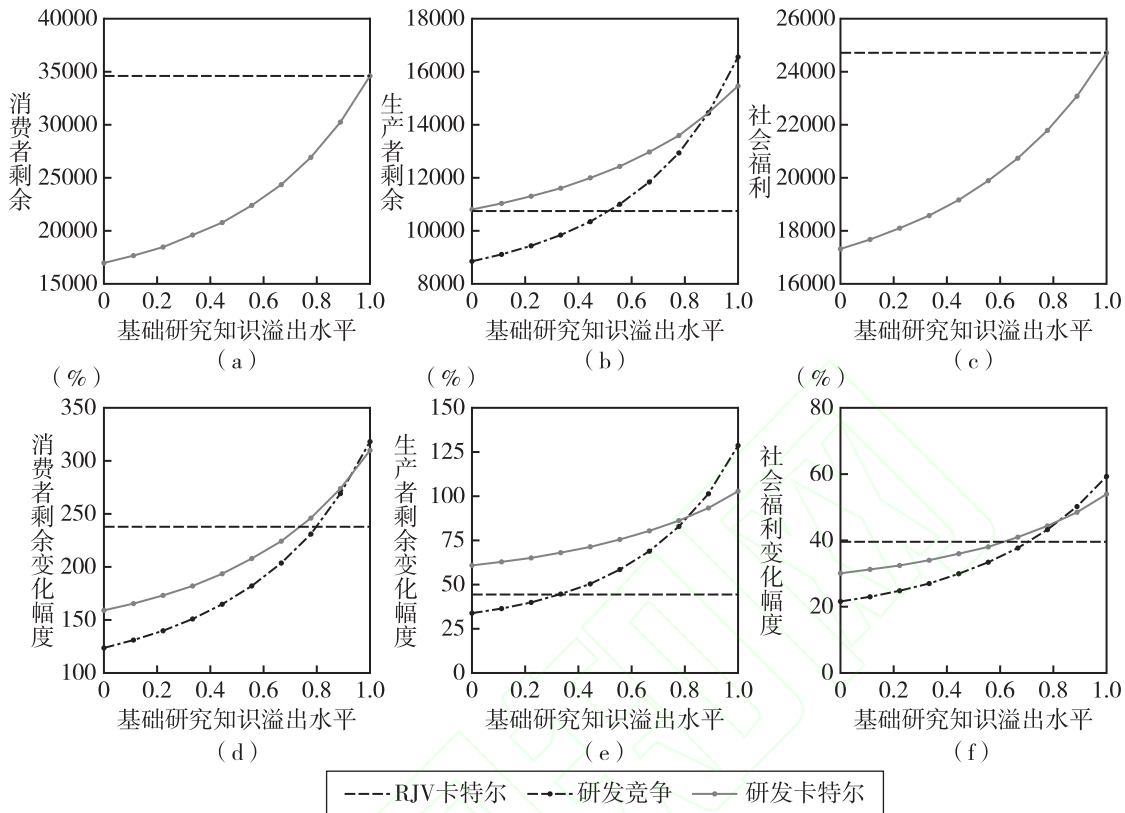


图4 最优研发补贴政策下三种研发竞合模式的消费者剩余、生产者剩余和社会福利及其变化的比较($\sigma=0.2$,即高产品差异化情形)

依据图3和图4,当实施最优研发补贴政策时,有:①在消费者剩余和社会福利方面,RJV卡特尔模式的水平仍是三种模式中最高,当基础研究知识溢出水平为1时,三种模式的消费者剩余和社会福利水平相等;该结果说明在最优补贴政策下,企业在基础研究方面组建研发联盟依然是技术进步和社会福利增进最有效的模式;同时,研发卡特尔模式与研发竞争模式下这些变量的水平完全相等,并均随着基础研究知识溢出水平的提升而增加,说明基础研究知识在行业内的扩散和利用程度越高,越有利于技术进步和社会福利的增进。②在消费者剩余和社会福利的变化方面,三种模式的消费者剩余和社会福利均得到了提升,尤其是当产品差异化程度以及基础研究知识溢出水平较高时,其提升幅度更为明显,表明最优研发补贴政策对高产品差异化和基础研究高知识溢出的行业而言效果更为显著,而对低产品差异化和基础研究低知识溢出的行业而言效果较弱。③在生产者剩余及其变化方面,当产品差异化程度较高时,三种模式的企业利润均会得到提升;当产品差异化程度较低时,研发卡特尔的利润仍然是最高的,而RJV卡特尔模式的利润仍然是最低的,此时,研发竞争模式和RJV卡特尔模式的利润相比无研发补贴时反而会出现下降;这表明,对于低产品差异化行业而言,政府的研发补贴通过“挤入”企业的研发投入水平加剧了产品同质化竞争,导致企业利润

进一步降低,最终会削弱企业获取政府研发补贴进而扩大两种类型研发投入的动力,对政策效果造成不利影响。

七、结论及政策含义

本文通过构建政府和双寡头企业之间“补贴—研发—生产”三阶段研发博弈模型,并结合理论推导和数值模拟方法,研究了三种研发竞合模式下企业研发投入结构以及政府最优研发补贴政策,主要结论如下:①当无研发补贴政策干预时,三种研发竞合模式下的企业基础研究和应用开发投入规模均不足,其中,研发竞争模式还存在基础研究投入比例偏低的结构性问题,基础研究知识溢出水平越高,这种研发投入结构扭曲的程度就越高;而研发卡特尔模式以及RJV卡特尔模式则通过企业在基础研究环节的合作,将基础研究的知识溢出内部化,从而在研发投入结构上与社会计划者一致。②研发竞争模式的最优研发补贴政策是差异化的研发补贴政策,即对基础研究提供更高比例的补贴,两种类型研发的补贴比例均随产品差异化程度的提升而增加,其中,基础研究补贴比例还应随基础研究知识溢出水平的提升而增加;而研发卡特尔和RJV卡特尔模式的最优研发补贴政策为均匀补贴政策,即对两种类型研发制定统一的补贴比例,其中,对于研发卡特尔模式,补贴比例随产品差异化程度的提升而降低,对于RJV卡特尔模式,补贴比例随产品差异化程度的提升而增加。③最优研发补贴政策的实施不仅能够对三种研发竞合模式下企业的两类研发投入产生“挤入”作用,还可以纠正研发投入结构的扭曲,进而增进消费者剩余和社会福利,尤其是当产品差异化程度和基础研究知识溢出水平较高时,增进的幅度更为显著。④无论是否实施研发补贴政策,RJV卡特尔模式均能实现最高的消费者剩余和社会福利。

上述结论的政策含义如下:①政府使用研发补贴政策工具促进企业研发投入时,不仅要考虑政策对研发投入规模的扩张效应,还应重视政策带来的研发投入结构的调节效应;对于AI、半导体以及生物医药等应用开发与基础研究紧密关联的产业,新一轮科技革命的到来进一步强化了基础研究对其应用开发的重要性,因此,在现阶段寻求关键核心技术突破、提升原始创新能力的战略目标下,政府尤其需要通过研发补贴政策引导这些行业中的企业加大基础研究投入,参与本行业具有基础性、通用性、引领性的共性技术研究工作。②政府制定研发补贴政策应考虑企业之间采取的研发竞合模式,对于没有开展研发合作的企业,应实施倾向基础研究的差异化补贴比例,为此,政府应建立完善的研究信息识别机制,制定关于研发投入分类的清晰界定标准,并强化对企业研发投入类型的审核和监管;对于在基础研究领域开展合作的企业,可采取统一的研发补贴比例;此外,政府还应在评估行业市场竞争格局和基础研究知识溢出水平的基础上,针对不同行业实施不同的研发补贴强度,以确保研发补贴精准投放,避免

“大水漫灌”和“一刀切”。③鉴于高产品差异化情形下研发补贴政策对三种模式的消费者剩余、生产者剩余以及社会福利的提升效果更为显著,政府应完善与之相配套的产业政策体系,积极推动现行产业政策体系从选择性向功能性转型,构建支持中国企业进行差异化竞争的政策环境,鼓励企业从事试错性研发,避免人为干预企业产品和技术路线的选择,从而引导企业走出“内卷式”同质化竞争。④鉴于RJV卡特尔模式在任何情况下对消费者剩余和社会福利的增进都最为有益,政府应鼓励企业在竞争前基础研究阶段组建和参与研发联盟,共同分摊投资、共同分享知识信息,为研发联盟提供财税优惠支持,完善知识产权界定和技术许可相关法律体系,构建信任机制,协助企业执行联盟的章程,并通过强制许可、购买联盟技术等手段,推动科学知识和基础技术知识的扩散与传播。⑤鉴于无研发补贴、低产品差异化情形下研发卡特尔模式的消费者剩余和社会福利显著低于其他两种模式,限制竞争并阻碍技术进步,政府对于低产品差异化的行业应强化竞争政策,放松市场准入限制,通过研发补贴、税收优惠,以及政府采购政策支持中小企业和初创企业,从而加大企业在应用开发环节串谋的难度和成本。

在新一轮科技革命和产业变革的大背景下,本文对于改进中国政府的研发补贴政策,推动中国企业更加积极地开展基础研究,以适应AI技术加速在各个行业进行扩散与渗透所要求的广泛性基础研究具有重要启示作用。当前,尽管AI技术尚处于快速发展过程中,其通用技术属性尚未完全展现,但根据历次工业革命的经验,能够引领产业变革的主导技术,只有其通用技术和共性技术特征得到充分发展,才能真正带动经济效率的提升。因此,未来AI技术必然向越来越体现基础性、先导性、高知识溢出性和应用广泛性等特点的方向演变,AI技术开发需要中国企业更多地利用RJV卡特尔模式来开展试错性研发竞争。如果研发补贴政策不到位,中国企业在选择并运用研发竞合模式方面将难免受到制约,从而出现基础研究投入不足的情形,甚至导致应用开发落后于全球其他主要创新型国家而坐失产业变革的先机。为此,加快完善政府研发补贴政策,优化企业研发投入结构,无疑是一项迫切且具有强烈现实意义的重要工作。

〔参考文献〕

- [1]成力为,郭园园.中国基础研究投资的严峻态势及投资强度影响因素的跨国分析[J].研究与发展管理,2016,(5):63-70.
- [2]邓若冰,吴福象.研发模式、技术溢出与政府最优补贴强度[J].科学学研究,2017,(6):842-852.
- [3]樊春良,杨佳.再探SEMATECH:政府与企业合作促进产业发展的成功因素及启示[J].中国软科学,2024,(7):37-48.
- [4]贺俊,陶思宇,李伟,江鸿,吴海军.中国企业开展基础研究的特征事实与政策需求——基于763家企业的问卷调查分析[J].科学学研究,2024,(3):477-487.

- [5]黄少卿,从佳佳,巢宏.研发联盟组织治理研究述评及未来展望[J].外国经济与管理,2016,(6):63-81.
- [6]姜安,黄惠丹,吴松彬.现阶段我国企业研发结构失衡的动因与破解策略——基于马克维茨投资组合模型的应用及实证检验[J].科技进步与对策,2020,(23):27-35.
- [7]李维维,于贵芳,温珂.关键核心技术攻关中的政府角色:学习型创新网络形成与发展的动态视角——美、日半导体产业研发联盟的比较案例分析及对我国的启示[J].中国软科学,2021,(12):50-60.
- [8]李文健,翁翕,龚六堂.政府如何激励创新?——基于委托—代理理论的研究[J].经济学(季刊),2022,(2):365-384.
- [9]柳卸林,常馨之,董彩婷.构建创新生态系统,实现核心技术突破性创新——以IMEC在集成电路领域创新实践为例[J].科学学与科学技术管理,2021,(9):3-18.
- [10]宋高旭,施红.中国企业基础研究投入不足原因及政策研究[J].技术经济与管理研究,2019,(2):60-64.
- [11]王芳,赵兰香,戴小勇.中国企业基础研究偏好异质性的影响因素分析[J].科研管理,2021,(3):12-22.
- [12]徐晓丹,柳卸林.大企业为什么要重视基础研究[J].科学学与科学技术管理,2020,(9):3-19.
- [13]尹志锋,郭冬梅,任优缘,郭涛.企业开展基础研究:政府支持还是市场驱动[J].科学学研究,2024,(2):348-357.
- [14]游达明,朱桂菊.不同竞争模式下企业生态技术创新最优研发与补贴[J].中国工业经济,2014,(8):122-134.
- [15]张伟,于良春.混合寡头厂商的合作研发及反垄断控制研究[J].中国工业经济,2014,(5):44-56.
- [16]朱迎春.创新型国家基础研究经费配置模式及其启示[J].中国科技论坛,2018,(2):15-22.
- [17]Amir, R., H. Liu, D. Machowska, and J. Resende. Spillovers, Subsidies, and Second-Best Socially Optimal R&D [J]. *Journal of Public Economic Theory*, 2019, 21(6): 1200-1220.
- [18]Akcigit, U., D. Hanley, and N. Serrano-Velarde. Back to Basics: Basic Research Spillovers, Innovation Policy, and Growth [J]. *Review of Economic Studies*, 2021, 88(1): 1-43.
- [19]Arora, A., S. Belenzon, A. Pataconi, and J. Suh. The Changing Structure of American Innovation: Some Cautionary Remarks for Economic Growth [J]. *Innovation Policy and the Economy*, 2020, 20(1): 39-93.
- [20]Arora, A., S. Belenzon, and L. Sheer. Knowledge Spillovers and Corporate Investment in Scientific Research [J]. *American Economic Review*, 2021, 111(3): 871-898.
- [21]Arora, A., S. Belenzon, M. Marx, and D. Shvadrón. When Does Patent Protection Spur Cumulative Research within Firms [J]. *Journal of Law, Economics, and Organization*, 2024, 40(3): 694-728.
- [22]Arrow, K. J. *Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention* [M]. London: Macmillan Education, 1972.
- [23]Atallah, G. Vertical R&D Spillovers, Cooperation, Market Structure, and Innovation [J]. *Economics of Innovation and New Technology*, 2002, 11(3): 179-209.
- [24]Bloom, N., J. Van Reenen, and H. Williams. A Toolkit of Policies to Promote Innovation [J].

- Journal of Economic Perspectives, 2019, 33(3): 163–184.
- [25] Bourreau, M., and P. Dogan. Cooperation in Product Development and Process R&D between Competitors [J]. *International Journal of Industrial Organization*, 2010, 28(2): 176–190.
- [26] Branstetter, L. G., and M. Sakakibara. When Do Research Consortia Work Well and Why? Evidence from Japanese Panel Data [J]. *American Economic Review*, 2002, 92(1): 143–159.
- [27] Cockburn, I., R. Henderson, and S. Stern. Balancing Incentives: The Tension Between Basic and Applied Research [R]. NBER Working Paper, 1999.
- [28] Cohen, W. M., and D. A. Levinthal. Innovation and Learning: The Two Faces of R&D [J]. *Economic Journal*, 1989, 99(397): 569–596.
- [29] d’Aspremont, C., and A. Jacquemin. Cooperative and Noncooperative R&D in Duopoly with Spillovers [J]. *American Economic Review*, 1988, 78(5): 1133–1137.
- [30] Hottenrott, H., C. Lopes-Bento, and R. Veugelers. Direct and Cross Scheme Effects in a Research and Development Subsidy Program [J]. *Research Policy*, 2017, 46(6): 1118–1132.
- [31] Kamien, M. I., E. Muller, and I. Zang. Research Joint Ventures and R&D Cartels [J]. *American Economic Review*, 1992, 82(5): 1293–1306.
- [32] Karbowski, A., and J. Prokop. R&D Activities of Enterprises, Product Market Leadership, and Collusion. *Proceedings of Rijeka Faculty of Economics* [J]. *Journal of Economics and Business*, 2018, 36(2): 735–753.
- [33] Mansfield, E. Academic Research and Industrial Innovation: An Update of Empirical Findings [J]. *Research Policy*, 1998, 26(7–8): 773–776.
- [34] Nelson, R. R. The Simple Economics of Basic Scientific Research [J]. *Journal of Political Economy*, 1959, 67(3): 297–306.
- [35] OECD. Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development [M]. Paris: OECD Publishing, 2015.
- [36] Pavitt, K. The Social Shaping of the National Science Base [J]. *Research Policy*, 1998, 27(8): 793–805.
- [37] Petit, M. L., and B. Tolwinski. R&D Cooperation or Competition [J]. *European Economic Review*, 1999, 43(1): 185–208.
- [38] Romer, P. M. Endogenous Technological Change [J]. *Journal of Political Economy*, 1990, 98(5, Part 2): S71–S102.
- [39] Rosenberg, N. Why Do Firms Do Basic Research (with Their Own Money) [J]. *Research Policy*, 1990, 19(2): 165–174.
- [40] Shao, J., and L. Hua. Research on Government Subsidy Policy for Firms’ R&D Investment Considering Spillover Effects: A Stackelberg Game Approach [J]. *Finance Research Letters*, 2023, doi:10.1016/j.frl.2023.104415.
- [41] Stokes, D. E. Pasteur’s Quadrant: Basic Science and Technological Innovation [M]. Washington D. C.: Brookings Institution Press, 2011.

R&D Competition-Cooperation Mode, Subsidy Policy, and the Structure of Enterprise's R&D Investment

Xie Yiming, Huang Shaoqing

Abstract: Against the background of the current emphasis on enhancing original innovation capabilities and achieving breakthroughs in key core technologies in China, how to use R&D support policies to reshape the R&D investment structure of Chinese enterprises has become a key concern for academia and policymakers. This paper firstly categorizes corporate R&D activities into basic research and applied development. By setting exogenous parameters to measure the level of basic research knowledge spillover within an industry, corporate market power, and the importance of basic research for technological development, a subsidy-R&D-production three-stage game model is constructed involving the government and duopoly enterprises. Then, mathematical derivation and numerical simulation are used to compare and analyze the levels and structure of R&D investment, as well as social welfare, under three competition-cooperation modes: R&D competition, R&D cartel, and Research Joint-Venture (RJV) cartel. Finally, the optimal government R&D subsidy policy is explored, and the heterogeneous effects of the degree of internalization of basic research knowledge and market power on policy outcomes are evaluated and compared.

The main findings of this paper are as follows. First, in the absence of R&D subsidy policies, the total R&D investment in all three competition-cooperation modes is insufficient. For the R&D competition mode, there is a structural issue of disproportionately low investment in basic research. Second, the government should implement differentiated subsidy policies tilted toward basic research for the R&D competition mode, while a uniform proportional subsidy policy should be applied to the R&D cartel and RJV cartel modes. Third, heterogeneity analysis shows that for industries with high product differentiation and high levels of basic research knowledge spillovers, the technological progress and social welfare improvement effects of R&D subsidy policy are more pronounced. Finally, regardless of the presence of government R&D subsidy, the RJV cartel mode is the most conducive to technological progress and social welfare improvement compared to the other two R&D modes.

Keywords: basic research; R&D competition-cooperation mode; R&D subsidy policy; structure of R&D investment

JEL Classification: D60; L10; O30

[责任编辑:覃毅]