

双向开放式创新、吸收能力和解吸能力 对企业研发投入强度的影响研究

刘会武^{1,2} 韩克非²

(1. 中国科学院科技战略咨询研究院, 北京 100190; 2. 中国高新区研究中心, 北京 100190)

摘要: 以中国高技术产业分地区面板数据为样本, 对内外型开放式创新、吸收能力和解吸能力对研发投入强度的影响进行实证研究。研究结果表明: 内外型开放式创新均对研发投入有正向影响; 吸收能力和解吸能力均对研发投入有正向作用; 企业研发人员比重对投入强度有负向影响; 如果申请专利数量与研发投入强度之间的长期均衡关系产生偏离, 误差修正项将以-0.700 7的力度对两者之间的关系进行调整。

关键词: 双向开放式创新; 高技术产业; 吸收能力; 解吸能力; 研发投入强度

DOI: 10.3772/j.issn.1674-1544.2023.02.007

CSTR: 15994.14.issn.1674.1544.2023.02.007

中图分类号: G3

文献标识码: A

Research Analysis on the Impact of Dual Open Innovation, Absorptive Capacity and Desorption Capacity on R&D Investment Intensity

LIU Huiwu^{1,2}, HAN Kefei²

(1. Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190; 2. China High-tech Zones Research Center, Beijing 100190)

Abstract: Based on the panel data of Chinese high-tech industry sub-regions, the impact of internal and external open innovation, absorptive capacity and desorption capacity on R&D investment intensity is studied. The results show that, first, both internal and external open innovation have positive impacts on the R&D investment; Second, both absorptive capacity and desorption capacity have positive effects on the R&D investment; Third, the proportion of R&D personnel has a negative impact on the R&D investment; Fourth, if the long-term equilibrium relationship between the number of patent applications and the R&D investment intensity deviates, the error correction will adjust the relationship with -0.700 7.

Keywords: dual open innovation, high-tech industry, absorptive capacity, desorption capacity, R&D investment intensity

0 引言

党的十九届五中会议提出, 加快建设现代化

发展经济体系制, 加快建设新经济发展布局, 保持技术创新在国家现代化发展体系建设战略全局中的主体地位, 完善科技进步, 创新体制机制建

作者简介: 刘会武 (1973—), 男, 中国科学院科技战略咨询研究院副研究员, 中国高新区研究中心主任, 主要研究方向为公共管理、区域创新、创新评估等; 韩克非 (1986—), 男, 硕士, 中国高新区研究中心高级研究员, 主要研究方向为经济研究、区域创新、科技政策等 (通信作者)。

基金项目: 国家高端智库项目“科技型企业发展创新生态研究”(E001281G01)。

收稿时间: 2022 年 8 月 10 日。

设,增强中小企业科学技术能力。因此,企业的持续竞争力不能仅单纯地依靠静态技能或资源的汲取,而应更多地依赖知识的更新迭代和科技创新来提升。

在激烈竞争的环境下,企业仅凭借在其自身内部就完成对创新思想的产生、开发、制造和营销等环节的方式已无法应对如今激烈的市场挑战^[1]。为破解这一难题,企业间的组织边界与技术界限变得愈来愈模糊不清,甚至有些企业开始突破以往封闭的创新模式^[2],重视从企业外部与各外部主体之间展开广泛合作,实现内外部人力、资本、技术等资源和知识的有机整合以及内外部商业化渠道的拓展,进而达到促进企业持续发展的目的,即开放式创新。

2003年,Chesbrough^[3]研究英特尔、IBM、施乐等企业创新方式的改变,首次提出“开放式创新”的概念,认为开放式创新的技术创新模式通常出现在产品研发创新环节过程中,企业等各技术创新主体可以利用信息技术广泛地与外部机构之间就技术等展开合作,使企业内部、外部各种技术创新活动资源能够得到合理有效配置,进而提高企业技术创新效率水平与综合效益^[3-4]。与企业绝对掌握创新的封闭式创新不同,开放式创新需要企业摒弃过去“凡事都需要亲历亲为”的信条^[5],以开放的态度面对多样化且开放式的创新实践活动。其思维逻辑是以广博的基础知识为前提,而非主要关注企业内部。

为了强调开放式创新的动态性特征,Chesbrough^[4]提出开放式创新就是企业对内部及外部知识流进行有目的地使用,以促进企业内部技术创新,进而扩大企业的市场占有率。Lichtenthaler^[5]、唐丽艳等^[6]认为所谓开放式创新是指企业有计划、有步骤地在内部与外部之间开发知识、维持知识、利用知识的活动。以往研究发现,根据创新活动的实施方式,可以将开放式创新大致分类为内向型开放式创新与外向型开放式创新两种模式,并将其归并为双向开放式创新。其中,内向型开放式创新就是指企业借助于对外部环境的扫描,主动将自身与其外部主体之

间建立联系,从企业外部索取技术和知识,以达到内部利用目的的过程^[2,7]。而外向型开放式创新是指企业通过向外界提供技术服务和授权,使其技术或知识获取货币或非货币利益,即所谓企业技术的外部商业化过程^[8]。这也与Chesbrough^[3]基于资源基础理论提出借助企业内、外部创新资源与内、外部商业化资源的两要素相契合。

作为一种新型的创新模式,开放式创新无论在理论还是实践层面上都愈发引起了学者们的关注与研究。就其包括的两种创新途经,学者们从理论与实证上都进行了大量研究。如张振刚等^[9]探讨了开放式创新两种创新模式如何影响创新绩效;Chen等^[10]研究了两类创新模式对组织双元能力的影响;Rubera等^[11]则聚焦于两类创新活动于组织绩效的关系研究;刘海兵^[12]发现了创新能力具有动态演化的关系。

综上所述,从以往的国内外研究分析来看,虽然学者们就开放式创新如何影响企业创新绩效等方面进行了较为系统的研究,也关注到了两类创新模式,但总体而言,学者们对这些关系、内在机制等研究仍不够深入。而且,在研究中考考虑吸收能力和解析能力等指标的研究文献也不多。目前的研究无法有效适应在实践中建构双向开放式创新从理论层面上指导现实的需求。同时,在研究方法上,有关开放式创新的研究定性偏多,较常见的为对某领域企业的案例研究,或在对一个区域或单个企业层面进行问卷调查等研究。不足之处是样本数量比较有限,对我国整体经济体进行实证的研究也较少见。

目前,已有文献大多是对开放式创新和企业创新绩效之间关系进行研究,而且开放式创新大多集中在内向型开放式创新研究上,双向开放式创新对企业研发强度的影响研究却很少见。基于此,本文将进一步拓展和深化分析双向开放式创新对企业研发投入的影响。在已有的相关文献中,多借助案例分析或问卷调查方法进行研究,获取数据样本的代表性尚不够充分。本文将利用统计年鉴的数据展开有关计量分析,在一定程度上改善现有研究的不足,为企业提升研发强度和

维持竞争力提供一定的参考和借鉴。

1 文献综述与研究假设

1.1 开放式创新行为与研发投入

受益早期创新相关管理理论,开放式创新吸收并整合了用户创新、合作创新、创新网络等理论,但又区别于这些理论,是一个创新全过程的开放行为^[13]。与以往创新管理理论相比,开放式创新具有更加丰富的内涵。

在内向型开放式创新过程中,企业通过与外部创新主体建立起开放式创新的合作网络,从外部为企业带来新的信息、创意、产品、技能、知识、技术以及管理方式等,从而使得企业增强其自身的创新能力^[14-15]。其中,外部创新主体不仅包括用户、同类竞争企业、供应商、商业或非商业的科研机构,也包括创新产品市场化的分销商等服务组织^[16]。

资源基础理论认为,资源是企业创新中的一个重要影响因素,而资源的有限性、稀缺性等特征又决定着企业需要与企业外部主体进行有效互动,以获取必要的关键性资源^[2,17]。然而,随着全球经济一体化进程的加快以及信息技术革命浪潮的到来,新产品开发过程中面临着越来越大的挑战:如何以最小投入获得最大收益、如何将现有知识与新开发项目相结合等。当企业面对激烈竞争的市场环境时,如何在瞬息万变中提升新技术开发速度,如何在产品生命周期日趋缩短和相关产品不断推陈出新时,加强用户对新产品需求的快速响应能力,进而使得企业能快速推出新产品。这些都需要企业与外部主体进行广泛合作,并在合作的过程中使用其技术、知识、资源等。企业通过内向型开放式创新准确把握市场的需求与变化,有效配置资源,合理选择符合企业自身发展特点的创新路径,降低开发新产品中企业对研发投入的不确定性风险^[18]。同时,企业除自我研发外,内向型开放式创新也给企业带来了一种可替代的创新模式。企业选择自主研发与内向型开放式创新是有条件的,他们之间存在着一定程度的竞争关系,企业机遇边际收益水平决定

了采取自身研发还是内向型的开放式创新^[18]。借助于此,如在与供应商的合作过程中,企业通过技术联盟、外包、合资等方式实现对外部资源的引入,不但使企业能改善研发创新流程,也加快推动创新成果从投入到产出再到市场化的进程。此外,将用户的信息整合到产品前端开发的过程中,企业能提前了解用户的潜在需求,这也有助于提升新产品开发的创新性水平。

企业在进行外向型开放式创新时,不仅通过自身渠道进行直接产品销售,而且借助于技术转让、知识产权授权、战略联盟等多种手段,同外部的供应商、用户、大学及科研院所、政府及其他创新主体之间构建起开放式的创新网络,为这些外部创新主体提供信息、知识和资源^[14]。企业对外输出得越多,表明该企业其所拥有的技术或产品越符合市场导向和用户需求。为保持企业的竞争优势,企业势必要进一步增加在新技术与新产品开发方面的投入,缩短新产品开发的周期,从而强化企业对市场快速变化的响应能力^[3]。同时,企业投入巨额研发成本,最终使创新成果达到外部商业化,不仅可以使企业从经济效益中受益,而且可以使企业从技术市场中获取更高影响力,从产品口碑中获取更高的用户满意度。这些非商业化利益能够帮助企业制定自身所处技术领域的行业标准,进一步提升企业公信力,并且还可以利用技术和品牌的优势,增加企业的新产品销售收入^[19]。此外,对于知识的输出能够帮助企业借助外部评估确定是否追加研发投入,使新产品更贴合市场需求^[20-21],而知识资源的外部商业化也能够使企业通过与外部主体的合作开拓新市场,并根据新市场的需求加快新产品开发进程,促进研发投入。

根据以上分析,提出如下假设:

H1a: 内向型开放式创新正向影响企业的研发投入强度。

H1b: 外向型开放式创新正向影响企业的研发投入强度。

1.2 吸收能力与研发投入强度

根据动态能力理论,吸收能力以及解吸能力

被看成为动态能力^[22]。对于吸收能力的定义在学术界尚未形成统一标准。Cohen等^[23]将吸收能力视为企业在进行内向型开放式创新中获取、消化、利用外部各种资源的能力，并把吸收能力分为了获取、消化、应用3个维度。Zahra等^[22]将吸收能力又增加了转化的维度。Todorova等^[24]在前者的分类基础上，又加入了价值识别的维度。本文采用Todorova等^[24]对吸收能力的分类方法，将吸收能力划分为获取能力、消化能力、转化能力、应用能力和价值识别能力5个维度。

面对复杂多变的外部环境，企业在产品创新过程中，获取所需的技术以及知识等以维持其竞争优势^[25]。企业若知识获取水平高，则能够迅速从外部主体处获取相关的信息，为企业学习该知识和技术进行铺垫，也为企业提升自身创新水平打下基础。企业对外在知识和技术的认知，以及对内自身知识融合的能力被称之为消化能力。若企业具有较高的消化能力，表明企业能很快理解从外部获得有关知识和技术，充分利用现有员工的积累经验，较快整合技术和知识，从而提升自身竞争力，提高创新成果的产出。若企业转化能力强，加快已有知识与新消化知识的有机整合，转化为让企业员工更容易吸收的方式，并根据企业自身需求，进行技术改造，从而提升企业的整体学习能力。在转化的过程中，加大对研发的投入，缩短企业提升整体学习能力的进程，增加创新成果输出。若企业具有较高的应用能力，表明企业具备利用外部已获取和消化的知识以及技术，并结合企业积累的创新资源，真正将其转换成实际的创新产出，使之商业化而最终实现新产品进入市场。同时，也为企业的深度学习和再创新奠定基础，有助于提升产品竞争力，提高成果产出水平。而所谓的价值识别能力，就是企业对外部市场变化所具有的敏感性。随着经济全球化与一体化程度的不断加深，市场竞争日益激烈，企业要在竞争中立于不败之地就需要有自己独特核心竞争力。一个企业能否获得持续发展动力主要来自其自身是否拥有强大价值识别能力。若企业对价值识别能力很强，有助于企业从准确获取

市场反馈信息，对技术或知识的潜在价值进行科学合理预判，这不仅为企业能识别并对内部有价值的技术成果进行转移，同时也为识别并向外部转移技术及专利从而实现其产品商业价值提供了重要支持，而且这种支持将随研发投入强度的增加而越发加强^[26-27]。

企业在跨边界资源搜寻中，与外部主体合作伙伴进行新知识和技术方法的接触（如交流及合作），增强了企业在新产品开发过程中对现有技术领域以及新技术领域的知识学习能力^[28-29]。同时，在各主体之间知识的流动有利于促进企业对知识的吸收。吸收的能力越强，企业就越积极进行合作研发，加大研发强度，以从外部获取更多的知识^[30]，从而使得企业面对外部主体带来的竞争，推动研发部门人员提升对知识转化利用的效率^[31]，进而凭借所消化的相关知识开展新产品开发。

基于以上分析，提出如下假设：

H2：吸收能力正向影响企业的研发强度。

1.3 解吸能力与研发投入强度

Lichtenthaler等^[32]针对外向型开放式创新的技术转移提出了与吸收能力相对应的能力，即解吸能力。吸收能力是从知识或技术的接收者角度出发，而外向型开放式创新中企业识别内部有价值技术转移机会并促进外部组织将其技术成果商业化的能力被视为解吸能力。具体包含两个阶段，即辨识阶段和转移阶段。辨识是解吸的第一个阶段，企业的辨识能力越强，越能够根据市场反馈的信息准确地辨识出技术和知识的潜在价值及将其向外转移的机会，从而将技术和知识向吸收方转移，即进入解吸的第二个阶段。

在辨识阶段，辨识技术和知识转移的机会包括能应用该技术和知识的潜在企业、产品以及服务等。企业的辨识能力强，表明企业能降低对技术和知识的管理成本，以及面对商业化市场变化的不确定风险，提高企业的研发效率，促进企业研发新产品，加速新产品走向市场。

转移阶段是“双向”进行的，不仅包括输出方对技术和知识转移的输出，也包括吸收方对技术和知识的吸收^[33]。转移能力强，表明企业能

够在外部环境条件下,结合转移接收方对技术和知识的基本需求,选取最适合的编码方式以及载体,将内部隐性知识显性化,提升转移的质量和数量。转移的质量越高,越有利于对技术以及知识接收方的消化、吸收,从而提高企业口碑,赢得消费者信任,从而增加新产品销售收入;转移的数量越多,为企业直接带来经济收益和技术反馈越高^[26]。资金的增加为企业对研发投入的加大提供保障,也促进新产品形成市场竞争优势。

基于以上分析,提出如下假设:

H3: 解吸能力将正向影响企业的研发投入强度。

2 变量说明

2.1 解释变量

开放式创新的背景下,企业获取外部知识主要有技术购买、技术引进等途经^[34]。基于此,以技术引进与技术购买形成的知识存量总和作为衡量企业内向型开放式创新水平的测度指标^[18],设定为 *Inntec*。相对应地,利用新产品销售收入来衡量企业的外向型开放式创新水平,设定为 *Outtec*。由于统计年鉴上所给的高技术产业年度用于技术引进的经费支出以及用于购买国内技术经费支出均为流量数据^[18],因此需要对相应的数据进行资本化处理。对于资本存量核算,国际通用永续盘存法^[35],其计算公式为:

$$K_{i,0} = \frac{E_{i,0}}{g + \delta}$$

$$K_{i,t} = (1 - \delta) \times K_{i,t-1} + E_{i,t-1}$$

式中, $K_{i,t}$ 和 $K_{i,t-1}$ 分别表示产业 i 于第 t 年和第 $t-1$ 年的资本存量; $K_{i,0}$ 则代表基期的资本存量; δ 为折旧率,参考陈劲等^[36]研究结果,取 15%; g 为所选定样本时期经费支出平均增长率; $E_{i,t}$ 代表产业 i 在第 t 年的经费支出。

2.2 被解释变量

高新技术产业强调科技研发的重要性,其产业中相关企业具有创新活力足、成长性高等特征。因此,本文设计企业内部研发经费与新产品

开发经费之和,之后再取对数衡量企业研发投入强度。

对于吸收能力的定义在学术界尚未存在统一标准,但学者们普遍认为,吸收能力是与外部交互获得新信息、新知识或对企业先验经验的消化、吸收以及转化的能力^[37]。本文参考 Cohen 等^[23]对吸收能力的定义,并考虑数据的可获性,选择消化与技术改造经费之和,以 R&D 人员的投入作为测量指标。其中,以 R&D 人员全时当量来衡量 R&D 的投入。统计年鉴所给的高技术产业年度 R&D 经费投入数据是一项流量指标。然而, R&D 活动对知识生产的影响并不只体现在当期,因此也采用永续盘存法来处理 R&D 经费投入^[18, 38]。R&D 资本存量折旧率 δ ,参照吴延兵^[39]研究结果,取 15%。

吸收能力是从知识或技术的接收者角度出发,而解吸能力则是指企业凭借外向型开放式创新,发现内部技术转移机会,推动外部组织将其技术成果商业化的能力。企业依靠研发人员及所投入的研发资金等方式进行创新生产,企业的研发成果作为知识和技术产出过程中的体现,学者们多采用专利申请数量来反映解吸能力^[40-41]。因此,本文也沿用这一指标来测度。

2.3 控制变量

除开放式创新行为、吸收能力和解吸能力等能够影响高技术产业的研发投入强度外,专利申请数量、企业平均人员规模、企业研发人员占比同样影响研发投入强度差异。因此,将这 3 个指标作为其他控制变量。其中,专利申请数量用企业所申请的专利总数来衡量,用 *Pate* 表示。企业平均人员规模的计算公式为:企业平均人员规模 = 从业人员总数 / 企业数量,用 *Size* 表示。研发人员比重的计算公式为:研发人员比重 = 研发活动人员数 / 从业人员总数,用 *RDprob* 表示。表 1 是对被解释变量、解释变量和控制变量的说明。

2.4 模型构建与数据样本

为验证开放式创新行为、吸收能力和解吸能力和其他控制变量对企业研发投入强度的影响程度,构建回归模型进行分析,具体模型为:

$$\ln Innova_t = \beta_0 + \beta_1 \ln Inntec_t + \beta_2 \ln Outtec_t + \beta_3 \ln RD_t + \beta_4 \ln Gettec_t + \beta_5 \ln Pate_t + \beta_6 \ln Size_t + \beta_7 \ln RDprob_t + \varepsilon_t$$

式中， $t=1,2,3,\dots,22$ ，为时间项，表明样本期从1995—2016年； β 为对被解释变量的影响程度参数； ε_t 为随机扰动项；其他项说明参见表1。

本文所采用样本数据取自于《中国高技术产业统计年鉴》，并选取了各区域高技术产业数据进行实证分析，数据样本抽取年份为1995—2016年。为消除价格因素对关系研究的影响，企业内部研发经费与新产品开发经费之和、技术引进经费和技术购买经费之和、新产品销售收入、消化技术经费和技术改造经费之和等数据均采用GDP平减指数对价格进行调整。同时，为了克服上述数据中存在的剧烈波动及异方差因素，分别对所有数据取对数，具体变量说明参见表1。

3 实证结果分析

3.1 描述性统计

被解释变量、解释变量以及控制变量的描述性统计结果如表2所示。

研发投入强度（ $\ln Innova$ ）的标准差为1.292，平均值为15.494，呈现出左偏分布特征，表明研发创新的投入相对较高，符合中国高技术产业企业的情景；内向型开放式创新（ $\ln Inntec$ ）的标准差为0.753，平均值为14.486，呈现出左偏分布的特征，表明中国高技术产业的企业引进技术和购买技术的支出较多；外向型开放式创新（ $\ln Outtec$ ）的标准差为1.179，平均值为17.680，呈现出左偏分布的特征，表明中国高技术产业企业的新产品为企业带来很高销售收入；吸收能力（ $\ln RD$ ）的标准差为0.863，平均值为12.271，呈现出右偏分布的特征，表明企业的研发人员投入相对偏低，符合中国高技术产业实情；解吸能力（ $\ln Gettec$ ）的标准差为0.701，平均值为15.331，呈现出左偏分布的特征，表明企业在消化吸收经费和技术改造经费方面投入很高，符合目前中国高技术产业发展现状；企业平均人员规模（ $\ln Size$ ）的标准差为0.219，平均值为5.944，呈现出左偏分布特征，表明企业平均人员规模相对较大；研发人员比重（ $\ln RDProb$ ）的标准差为0.536，平均值为2.719，呈现出左偏分布的特征，

表1 变量定义

变量分类	变量名称		变量编码	变量表述
被解释变量	研发投入强度		$\ln Innova$	“企业内部研发经费与新产品开发经费之和”取对数
解释变量	内向型开放式创新行为		$\ln Inntec$	“技术引进经费和技术购买经费之和”取对数
	外向型开放式创新行为		$\ln Outtec$	“新产品销售收入”取对数
控制变量	吸收能力	R&D人员全时当量消化改造支出	$\ln RD$	“R&D人员全时当量”取对数
	解吸能力	消化改造支出	$\ln Gettec$	“消化技术经费和技术改造经费之和”取对数
	其他控制变量	专利申请数量	$\ln Pate$	“专利申请数量”取对数
		企业平均人员规模	$\ln Size$	“企业平均从业人员数量”取对数
		研发人员比重	$\ln RDprob$	“研发人员比重”取对数

表2 描述性统计结果

变量名称	最小值	最大值	平均值	标准差	方差	偏度统计
研发投入强度（ $\ln Innova$ ）	13.125	17.348	15.494	1.292	1.668	-0.255
内向型开放式创新（ $\ln Inntec$ ）	12.508	15.096	14.486	0.753	0.567	-1.287
外向型开放式创新（ $\ln Outtec$ ）	15.499	19.350	17.680	1.179	1.390	-0.456
R&D人员全时当量（ $\ln RD$ ）	10.965	13.502	12.271	0.863	0.744	0.209
消化改造支出（ $\ln Gettec$ ）	13.437	16.187	15.331	0.701	0.492	-1.161
申请专利数量（ $\ln Pate$ ）	6.301	12.133	9.577	2.038	4.155	-0.309
企业平均人员规模（ $\ln Size$ ）	5.473	6.271	5.944	0.219	0.480	-0.934
研发人员比重（ $\ln RDProb$ ）	0.394	3.160	2.719	0.536	0.288	-4.205

表明高技术产业企业的研发人员比重相对较高,符合高技术产业特点。

所构建的模型进行共线性诊断分析,其结果如表3所示。其中,各变量的方差膨胀因子(VIF)大多数高于10,第2~8个条件指数均大于10,这表明变量之间存在严重的共线性问题。

为解决上述问题,采用岭回归方法进行分析,用以修正共线性问题对模型参数估计产生的影响。由岭迹图分析,当岭参数 $K \geq 0.06$ 时,各岭回归系数较稳定。基于此,选取 $K = 0.06$,并依据岭回归分析的结果,建立了以下的岭回归方程:

$$\begin{aligned} \ln Innova_i = & -2.884 + 0.111 \ln Inntec_i + \\ & 0.289 \ln Outtec_i + 0.332 \ln RD_i + \\ & 0.248 \ln Gettec_i + 0.159 \ln Pate_i + \\ & 0.416 \ln Size_i - 0.081 \ln RDprob_i \end{aligned}$$

根据回归方程的统计分析结果显示,该回归方程的 R^2 值为0.9819, F 统计量(Sig F)的值为0.000,表明该回归模型的整体拟合度较高,显著性水平很高,被解释变量的98.19%变化能够用该回归方程解释。

由该回归方程知,技术引进经费和购买技术经费的投入、新产品销售收入、研发人员全时当量、消化吸收知识经费和技术改造经费的投入、申请专利数量、平均企业人员规模均对研发投入有正向促进作用。验证了假设H1a、假设H1b、假设H2、假设H3的成立。从回归系数进一步可知,技术引进经费和购买技术经费的投入、申请专利数量对研发投入的影响程度相对偏小,而研发人员比重对研发投入有负向抑制作用。产生这

种负向作用的原因是,科创成果的取得需要依靠研发活动人员的潜心钻研,它所输出成果的价值及数量等在一定的研发投入前提条件下,主要受制于从事研发活动人员比重及其人员水平与投入精力等因素影响。而研发活动人员比重增加能够促进企业在知识网密度的增加,这样就加快了科研人员之间的沟通及思想交流速度,进而有效提升创新效率^[42]。同时,张瀚等^[43]、裴开兵^[44]也研究证实了高端的人力资本,特别是硕博研发人员,能显著促进高新技术产业中技术成果等多方面的创新产出。由此可以表明,通过加大对研发人员比例的提升,在某种程度上将有利于企业在研发过程中更加重视人才的开发及使用,这不仅有利于更好地发挥研发人员的创造力,也有利于更大程度地将研发人员自身的隐性知识显性化,从而降低企业额外的研发投入。与此同时,随着研发人员比重增加所带来的人力资本水平也在提升,这也促进了科技创新能更高效地开展,反过来从某种程度上也减少了企业的研发投入。

值得关注是,近年来,我国高技术产业在贸易特化系数方面呈现出增长态势,但在2004年之前该系数始终为负,直到2005年才变为正值,达到0.05,发生了结构性变化。贸易特化系数的这种变化表明产品竞争力的变化,而这种变化可能对中国高技术产业的研发投入产生结构性影响,值得探讨。因此,进行Chow检验分析,根据2005年前后的分析结果可知, F 检验和卡方检验在0.05水平下均拒绝原假设,表明在2005年出现结构断点。因为Chow检验无法判定出现断点前后两个方程的具体变化差异,故对申请专

表3 共线性诊断分析结果

变量名称	方差膨胀因子(VIF)	特征根	条件指数
常数项	—	7.933	1.000
内向型开放式创新(lnInntec)	138.227	0.051	12.527
外向型开放式创新(lnOuttec)	259.038	0.016	22.515
R&D人员全时当量(lnRD)	76.005	0.001	105.277
吸收改造支出(lnGettec)	246.106	0.000	138.488
申请专利数量(lnPate)	372.862	—	305.084
企业平均人员规模(lnSize)	4.128	—	390.259
研发人员比重(lnRDProb)	1.562	—	1 440.154

利数量 ($\ln Pate$) 引入时间虚拟变量 ($PatT$), 并构建如下回归模型:

$$\ln Innova_t = \beta_0 + \beta_1 \ln Inntec_t + \beta_2 \ln Outtec_t + \beta_3 \ln RD_t + \beta_4 \ln Gettec_t + \beta_5 \ln Pate_t + \beta_6 \ln Size_t + \beta_7 \ln RDprob_t + \beta_8 PatT_t + \varepsilon_t$$

假设 2005 年存在结构断点, 因此时间虚拟变量 ($PatT$) 在 1995—2004 年期间取值为 0, 而在 2005—2016 年期间取值为 1。式中, $t=1,2,3,\dots,22$, 为时间项, 表明样本期从 1995—2016 年; $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_9$ 为对被解释变量的影响程度参数; ε_t 为随机扰动项; 其他项说明参见表 1。如表 4 所示, 该模型也存在共线性问题, 因此同样对模型采用岭回归分析。根据岭迹图可知, 当岭参数 $K \geq 0.06$ 时岭回归系数较稳定, 故选取 $K=0.06$ 时的岭回归结果建立岭回归方程。其方程为:

$$\ln Innova_t = -2.621 + 0.098 \ln Inntec_t + 0.290 \ln Outtec_t + 0.311 \ln RD_t + 0.257 \ln Gettec_t + 0.149 \ln Pate_t + 0.434 \ln Size_t - 0.085 \ln RDprob_t + 0.083 PatT_t$$

由上述分析结果可知, 在 2005 年前后, 申请专利数量对研发投入发生了结构性变化。在 1995—2004 年时, 申请专利数量对研发投入的贡献值为 0.149, 而到了 2005 年发生结构变化后, 相对应的贡献值提升至 0.232, 提升幅度约为 55.70%, 该值接近消化吸收经费与技术改造经费之和对研发投入的正向作用。

3.2 平稳检验、协整检验、因果检验及误差修正模型

根据岭回归分析的结果验证了申请专利数量与研发投入存在相关性, 但需对数据进行平稳性检验, 以避免数据存在单位根带来数据的不平稳, 从而出现伪回归现象。使用 Eviews 软件对变量研发投入强度 ($\ln Innova$) 和变量申请专利数量 ($\ln Pate$) 进行 ADF 检验, 分别检验这两个变量时间序列数据的水平形式。由表 5 分析结果可知, 上述两个变量的时间序列数据在一阶差分形势下, ADF 各个统计量在 1% 显著性程度上都低于其临界值, 所以是平稳序列。

接着进行协整检验。先对研发投入强度 ($\ln Innova$) 和申请专利数量 ($\ln Pate$) 两个变量

表 4 加入虚拟变量的共线性诊断分析结果

变量名称	方差膨胀因子 (VIF)	特征根	条件指数
常数项	—	8.553	1.000
内向型开放式创新 ($Inntec$)	141.999	0.407	4.582
外向型开放式创新 ($Outtec$)	274.383	0.034	15.857
R&D 人员全时当量 (RD)	78.664	0.005	42.592
吸收改造支出 ($Gettec$)	248.383	0.001	111.824
申请专利数量 ($Pate$)	391.871	0.000	145.407
企业平均人员规模 ($Size$)	4.134	—	317.568
研发人员比重 ($RDProb$)	1.564	—	472.877
时间虚拟变量 ($PatT$)	7.478	—	1 495.780

表 5 单位根检验结果

变量名称	检验类型	1% 置信水平	5% 置信水平	10% 置信水平	ADF 统计量	P 值	结论
$\ln Inntec$	含截距项和时间项	-4.468	-3.645	-3.261	-3.942	0.028	5% 水平下平稳
$\Delta \ln Inntec$	不含截距项和时间项	-2.686	-1.959	-1.607	-4.781	0.000 1	平稳
$\ln Pate$	含截距项	-3.809	-3.021	-2.650	-2.522	0.126	不平稳
$\Delta \ln Pate$	含截距项和时间项	-4.498	-3.658	-3.269	-6.563	0.000 2	平稳

进行回归。由于回归方程的系数显著,因此残差被提取出来。再对残差进行ADF检验,判定残差序列是否平稳。得到结果分别为:1%置信水平为-4.498,5%置信水平为-3.658,10%置信水平为-3.269,ADF的统计量为-6.221,P值为0.000 3。该结果表明,上述两个变量之间存在协整关系,即研发投入与内向型开放式创新存在长期均衡关系。

为了进一步检验变量间的关系,本文针对各个变量差分序列进行格兰杰因果检验,检验结果见表6。通过检验得出如下结论:在滞后三期时,申请专利数量与研发投入之间不具有格兰杰因果关系,而在滞后二期时,申请专利数量与研发投入之间互为格兰杰原因果,在滞后一期时,研发投入对申请专利数量不具备格兰杰因果关系,然后申请专利数量对研发投入存在格兰杰因果关系。这也验证了申请专利数量的增加对研发投入

有促进作用。

最后进行ECM模型分析。在变量之间存在长期制衡关系的基础上,变量之间在短期内发生这种长期职能关系被打破的变化时,需建立误差修正模型对此问题进行调控。这个模型方法能够对短期变量之间发生的偏离程度做出具体反映(表7),以便于进行相应的调整。因此,将残差引入为均衡误差项,建立研发投入和内向型开放式创新的误差修正模型。便于将研发投入和内向型开放式创新的长期以及短期的关系状态建立联系。

由表7可知,整个方程的ECM模型中误差修正项系数数值达到了-0.700 7,满足相反修正机制。结果表明,若研发投入与申请专利数量之间的长期均衡关系出现偏离或被破坏,误差修正项就在-0.700 7的强度下调节它们之间的关系,使得这种短期偏离状态恢复至长期均衡关系。

表6 格兰杰因果检验结果

时期	原假设	F统计量	P值	结论
滞后一期	研发投入对申请专利数量无格兰杰因果	0.020 00	0.889 1	接受
	申请专利数量对研发投入无格兰杰因果	4.917 29	0.039 7	5%下拒绝
滞后二期	研发投入对申请专利数量无格兰杰因果	0.624 30	0.549 0	接受
	申请专利数量对研发投入无格兰杰因果	2.503 51	0.115 3	接受
滞后三期	研发投入对申请专利数量无格兰杰因果	3.485 01	0.050 2	10%下拒绝
	申请专利数量对研发投入无格兰杰因果	11.108 9	0.000 9	1%下拒绝

表7 误差修正模型结果

变量名称	回归系数	标准误	T统计量	P值
常数项	-0.069 0	0.072 8	-0.947 8	0.355 8
残差项	-0.700 7	0.198 7	-3.527 2	0.002 4
lnPate	0.960 6	0.214 4	4.480 4	0.000 3

4 结论与讨论

本文以1995—2016年《中国高技术产业统计年鉴》为数据样本,采用实证研究得到如下主要结论。

第一,内向型、外向型开放式创新均对研发投入有显著正向影响。实证结果发现,两种开放式创新模式对研发投入均具有促进效应,这一结论与以往大多数学者的研究结果吻合。面对市场

环境竞争的加剧,企业从过去的“封闭式创新”转变为采用“开放式创新”,并且内外型开放式创新的模式愈发被企业所采用,其变得愈发重要。内向型开放式创新有利于企业对外部主体的技术和知识等资源的消化以及吸收;外向型开放式创新促进企业内部技术和知识的输出以及产品的商业化进程。

第二,基于动态能力理论,动态能力包括吸收能力和解吸能力。这两种能力均对研发投入都

有显著的正向作用。研究实证结果显示,增强企业在内、外型开放式创新过程中对吸收能力和解吸能力的投入,以避免企业因自身实力缺乏而使得内外型开放式创新活动仅维持在对技术和知识的简单售卖阶段,抑制企业研发实力的提升,不利于企业维持长期的竞争优势。

第三,企业研发人员比重对企业投入有负向作用。企业的技术创新在很大程度上需要依靠从用户、中介组织、高校与科研院所等外部主体上吸收经验、技术以及知识,汲取这些外部资源并与自身的能力等相融合来实现创新。在这个过程中,增加企业研发人员的比重,表明了企业在研发过程中更加重视人才开发及使用,尤其是各主体研发人员之间的紧密交流以及合作,这不仅增加了核心知识和创新资源的流动,同时也加强了企业与外部主体在研发方面的合作关系程度,更将有利于在研发过程中研发人员将自身的隐性知识更大程度显性化,从而降低企业的额外研发投入。与此同时,随着研发人员比重增加所带来的“人力资本水平”也在提升,这也促进了模仿创新、自主创新等科技创新能更高效率地进行,反过来从某种程度上也减少了企业的研发投入。

第四,根据平稳性检验、协整关系检验、格兰杰因果检验分析,其结果表明,研发投入强度与申请专利数量之间存在着长期且稳定的协整关系,而且在滞后二期时,这两个变量之间互为格兰杰原因。随后,根据协整关系,进一步建立误差修正模型。其中,误差修正系数小于0,表明了误差项对短期内产生的波动有反向调控作用。此结论与同企业研发人员比重的增加对研发投入有负向作用道理相似,申请专利数量的增加,这属于创新成果阐述的中间阶段,更推进最后新产品的销售收入,从而为企业带来高额利润;反之,则降低了对企业研发投入的额外支出。

目前,有学者使用案例分析等方法研究创新生态系统发展。研究发现,未来创新生态系统的新动向很可能向开放式创新生态系统过渡,其体系有研发生态圈域商业生态圈构成^[45]。Chesbrough^[3]对开放式创新的定义中也包含通过

知识流动加强主体内部创新和扩大创新成果的商业化途径两个方面。企业的界限在开放式创新中逐渐被模糊化,技术和知识等资源可成为流通的商品^[46]。

本文的研究结果具有参考价值,但仍存在局限性,值得展开进一步深入探究。首先,本文基于《中国高技术产业统计年鉴》数据为样本,考察内外型开放式创新行为、吸收能力和解吸能力以及研发投入之间的关系。然而,没有将中国高技术产业所属的行业领域进一步细分,可能在不同行业下的内外型开放式创新、吸收能力和解吸能力对研发投入的影响存在不同的路径机制,这也是未来值得研究的主要方向。其次,因数据的可获得性,在内向型开放式创新指标的测量上,使用了引进技术经费与购买技术经费之和以及新产品销售收入,已有学者从深度和广度维度^[47]以及政府行为^[48-49]等角度对开放式创新进行探究。在未来的研究中可以考虑加入这些指标,并考虑不同指标之间的交互,再以中国情境下的高技术产业为样本全面探讨这一研究主题。最后,本文数据样本范围局限在高技术产业,因此对研究结论的概括性存在一定限制。为完善和进一步深入验证研究结论,未来可采用扩大样本的产业覆盖范围和样本容量,采用更为广泛的研究测量指标和测量方法。

参考文献

- [1] CHESBROUGH H. The future of open innovation: the future of open innovation is more extensive, more collaborative, and more engaged with a wider variety of participants[J]. Research-technology management, 2017, 60(1): 35-38.
- [2] 任之光,高鹏斌. 双向开放式创新及其协同、商业模式和企业创新绩效的关系研究[J]. 管理评论, 2020, 32(8): 116-130.
- [3] CHESBROUGH H. Open innovation: the new imperative for creating and profiting from technology[M]. Boston: Harvard Business School Press, 2003: 43-44.
- [4] CHESBROUGH H. Open business models: how to thrive in the new innovation landscape[M]. Boston: Harvard Business School Press, 2006: 107-134.

- [5] LICHTENTHALER U. Open innovation: past research, current debates and future directions[J]. *Academy of management perspectives*, 2011(2): 75–93.
- [6] 唐丽艳, 葛轩彻, 邢蕊. 开放式创新视角下传统产业转型的仿真模型: 以制造业为例[J]. *科学经济社会*, 2017, 35(3): 60–68.
- [7] LYU Y, HE B, ZHU Y, et al. Network embeddedness and inbound open innovation practice: the moderating role of technology cluster[J]. *Technological forecasting and social change*, 2019, 144(7): 12–24.
- [8] 高良谋, 马文甲. 开放式创新: 内涵、框架与中国情境[J]. *管理世界*, 2014(6): 157–169.
- [9] 张振刚, 陈志明, 李云健. 开放式创新、吸收能力与创新绩效关系研究[J]. *科研管理*, 2015, 36(3): 49–56.
- [10] CHEN Q, LIU Z. How does openness to innovation drive organizational ambidexterity? the mediating role of organizational learning goal orientation[J]. *IEEE transactions on engineering management*, 2018, 66(2): 156–169.
- [11] RUBERA G, CHANDRASEKARAN D, ORDANINI A. Open innovation, product portfolio innovativeness and firm performance: the dual role of new product development capabilities[J]. *Journal of the academy of marketing science*, 2016, 44(2): 166–184.
- [12] 刘海兵. 创新情境、开放式创新与创新能力动态演化[J]. *科学学研究*, 2019, 37(9): 1680–1693.
- [13] BELLANTUONO N, PONTRANDOLFO P, SCOZZI B. Different practices for open innovation: a context-based approach[J]. *Journal of knowledge management*, 2013, 17(4): 558–568.
- [14] TANG T Y, FISHER G J, QUALLS W J. The effects of inbound open innovation, outbound open innovation, and team role diversity on open source software project performance[J]. *Industrial marketing management*, 2021, 4 (Early Access): 216–228.
- [15] SISODIYA R, JOHNSON L, GREGOIRE Y. Inbound open innovation for enhanced performance: enablers and opportunities[J]. *Industrial marketing management*, 2013, 42(5): 836–869.
- [16] ENKEL E, GASSMANN O. Creative imitation: exploring the case of cross-industry innovation[J]. *R&D management*, 2010, 40(3): 256–270.
- [17] 陈劲, 吴波. 开放式创新下企业开放度与外部关键资源获取[J]. *科研管理*, 2012, 33(9): 10–21.
- [18] 谢子远, 王佳. 开放式创新对企业研发效率的影响: 基于高技术产业面板数据的实证研究[J]. *科研管理*, 2020, 41(9): 22–32.
- [19] NOH Y. Financial effects of open innovation in the manufacturing industry[J]. *Management decision*, 2015, 53(7): 1527–1544.
- [20] 徐蕾, 倪嘉君. 网络异质性如何提升创新绩效? : 基于设计驱动型创新解析视角的实证研究[J]. *科学学研究*, 2019, 37(7): 1334–1344.
- [21] WEST J, BOGERS M. Leveraging external sources of innovation: a review of research on open innovation[J]. *Journal of product innovation management*, 2013, 31(4): 1–18.
- [22] ZAHRA A, GEORGE G. Absorptive capacity: a re-view reconceptualization and extension[J]. *Academy of management reviews*, 2002, 27(2): 185–203.
- [23] COHEN M, LEVINTHAL A. Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation[J]. *Administrative science quarterly*, 1990, 35(1): 128–152.
- [24] TODOROVA G, DURISIN B. Absorptive capacity: valuing a reconceptualization[J]. *Academy of management review*, 2007, 32(3): 774–786.
- [25] ERICA M, MANFREDI B, GIOVANNI P. The effect of inbound, outbound and coupled innovation on performance[J]. *International journal of innovation management*, 2012, 16(6): 1–27.
- [26] ALOINI D, PELLEGRINI L, LAZZAROTTI V. Technology aggressiveness, open innovation and innovation performance: evidences by a structural-equation model approach[C]//IFKAD 2014: 9th International Forum on Knowledge Asset Dynamics. Measuring Business Excellence, Italy, 2014: 2122–2142.
- [27] FLOR M L, COOPER S Y, OLTRA M J. External knowledge search, absorptive capacity and radical innovation in high-technology firms[J]. *Rheinhausen, Germany: institute of knowledge asset management. European management journal*, 2018, 36(2): 183–194.
- [28] 张振刚, 陈志明, 陈力恒. 企业开放式创新特征的归纳性分析: 基于28家创新型企业的问卷调查[J]. *软科学*, 2014, 28(12): 6–9.
- [29] 张振刚, 李云健, 陈志明. 双向开放式创新与企业竞争优势的关系[J]. *管理学报*, 2014, 11(8): 1184–1190.
- [30] HARRIS R, KRENZ A, MOFFAT J. The effects of absorptive capacity on innovation performance: a cross-country perspective[J]. *JCMS: journal of common market studies*, 2021, 59(3): 589–607.
- [31] FABRIZIO R. Absorptive capacity and the search for innovation[J]. *Research policy*, 2019, 38(2): 255–267.

- [32] LICHTENTHALER U, LICHTENTHALER E. Technology transfer across organizational boundaries: absorptive capacity and descriptive capacity[J]. California management review, 2010, 53(1): 154–170.
- [33] KANG M, LEE M J. Absorptive capacity, knowledge sharing, and innovative behaviour of R&D employees[J]. Technology analysis & strategic management, 2017, 29(2): 219–232.
- [34] MATRICANO D, CANDELO E, MARTINEZ-MARTINEZ A, et al. Absorbing in-bound knowledge within open innovation processes[J]. The case of fiat Chrysler automobiles, 2019, 23(4): 786–807.
- [35] GRILICHES A, JACQUES M. R&D and productivity growth: comparing Japanese and the U.S manufacturing firms[M]. Chicago: Chicago University Press, 1984: 317–348.
- [36] 陈劲, 梁靓, 吴航. 开放式创新背景下产业集聚与创新绩效关系研究: 以中国高技术产业为例[J]. 科学学研究, 2013(4): 623–630.
- [37] LI X. Sources of external technology, absorptive capacity, and innovation capability in Chinese state-owned high-tech enterprises[J]. World development, 2011, 39(7): 1240–1248.
- [38] GRILICHES Z. R&D and the productivity slowdown[J]. American economic review, 1980, 70(2): 343–348.
- [39] 吴延兵. 中国工业 R&D 产出弹性测算(1993–2002)[J]. 经济学(季刊), 2008(3): 869–890.
- [40] WU J. Technological collaboration in product innovation: the role of market competition and sectoral technological intensity[J]. Research policy, 2012, 41(2): 489–496.
- [41] CORNAGGIA J, MAO Y, TIAN X, et al. Does banking competition affect innovation[J]. Journal of financial economics, 2015(1): 189–209.
- [42] 沈国兵, 袁征宇. 企业互联网化对中国企业创新及出口的影响[J]. 经济研究, 2020, 55(1): 33–48.
- [43] 张涵, 杨晓昕. 异质性人力资本、空间溢出与高技术产业创新[J]. 科技进步与对策, 2019, 36(22): 51–59.
- [44] 裴开兵. 研发人力资本配置与技术创新: 异质教育层次视角[J]. 科技进步与对策, 2021, 38(14): 11–20.
- [45] 吕一博, 蓝清, 韩少杰. 开放式创新生态系统的成长基因: 基于iOS、Android和Symbian的多案例研究[J]. 中国工业经济, 2015(5): 148–160.
- [46] TTI V, MANZINI R, NOSELLA A, et al. Innovation ambidexterity of open firms: the role of internal relational social capital[J]. Technology analysis & strategic management, 2017, 29(1): 1–14.
- [47] LAURSEN K, SALTER A. Open for innovation: the role of openness in explaining innovation performance among UK manufacturing firms[J]. Strategic management journal, 2006, 27(2): 131–150.
- [48] LICHTENTHALER U. Outbound open innovation and its effect on firm performance: examining environmental influences[J]. R&D management, 2009, 39(4): 317–330.
- [49] 张赤东. 中国企业技术创新现状调查: 特征、倾向与对策[J]. 科研管理, 2013, 34(2): 10–18.

(上接第42页)

- [11] 高崴, 姚毓春. 新兴交叉学科科技管理平台工作体系研究[J]. 科学管理研究, 2021(4): 104–108.
- [12] 王靖元. 高校交叉学科科研管理平台建设研究[J]. 中国高新技术, 2022(1): 159–160.
- [13] 周秋平. 《基础科学与技术创新—巴斯德象限》读书报告: 布什与司托克斯: 相异但相融[J]. 中国科技纵横, 2019(8): 253–254.
- [14] 陈套. 推动科研范式升级强化国家战略科技力量[J]. 中国科技奖励, 2020(8): 67–68.
- [15] 吴秋明, 邱栋. 福建省科技创新平台的系统结构模式: 基于创新资源集成管理的视角[J]. 东南学术, 2012(1): 209–217.
- [16] 张宇庆, 姬庆庆. 知识创新视角下的大学学科交叉研究[J]. 中国高校科技, 2020(6): 63–66.
- [17] 曲云腾. 国家工程研究中心管理模式及优化整合研究[J]. 中国铁路, 2022(2): 135–139.