

开放科学对新产品开发的影响： 基于制药企业的实证研究

张学文¹, 靳晴天¹, 陈 劲²

(1. 河北师范大学商学院, 河北 石家庄 050024;

2. 清华大学经济管理学院, 北京 100084)

摘要:当前,世界科技强国正在积极探索开放科学促进创新的机制、路径与政策等关键问题。但是,创新前端“开放科学”与后端“新产品开发”有何关系,目前学术界关注甚少。现实中制药企业的开放科学行为异常活跃,那么开放科学对新产品开发会有影响吗?这是一个有趣的问题。以我国上市制药公司为样本,通过实证研究揭示了开放科学对新产品开发的内在作用机制。研究发现,开放科学作为企业新的竞争策略,对新产品开发具有显著的正向影响。具体表现为:(1)企业开放科学频率越高对新产品开发越具有积极影响;(2)企业开放科学质量越高对新产品开发越具有积极影响;(3)影响滞后期通常为3年,即3年之内影响效果最佳。研究结论为企业开放科学策略的选择、基础研究能力和国家创新体系效能的提升,提供了理论依据、管理与政策启示,对开放式创新理论进行了新的拓展。

关键词:开放科学;新产品开发;开放频率;开放质量;制药企业

中图分类号:F27 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-0566(2024)01-0120-10

Impact of Open Science on new product development: An empirical study based on pharmaceutical enterprises

ZHANG Xuewen¹, JIN Qingtian¹, CHEN Jin²

(1. School of Business, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050024, China;

2. School of Economics and Management, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Currently, the world's technological powers are actively exploring key issues such as mechanisms, paths, and policies for promoting innovation through Open Science. What is the relationship between the front end “Open Science” and the back end “Product development” for innovation process? At present, academic circles pay little attention to it. In reality, the Open Science behavior of pharmaceutical enterprises is extremely active, so will Open Science have an impact on Product development? This is an interesting question. Based on the sample of listed pharmaceutical companies in China, we reveal the internal mechanism of Open Science on Product development. This study finds that Open Science strategy has a significant positive impact on Product development, which is specifically shown as: (1) The higher the frequency of Open Science, the more positive the impact on Product development; (2)

收稿日期:2023-06-24 **修回日期:**2023-10-27

基金项目:国家自然科学基金面上项目(72072050);河北省自然科学基金项目(G2020205001)。

作者简介:张学文(1976—),男,河北磁县人,河北师范大学商学院院长、河北省新型高端智库“现代服务与公共政策”首席专家,教授、博士生导师,管理学博士,研究方向为开放科学与创新、创新管理。通信作者:靳晴天。

The higher the level of Open Science, the more positive the impact on Product development; (3) The lag time of the impact is usually three years, which means the best impact effect is within 3 years. We provide theoretical basis, management and policy implications for the choice of Open Science strategy, the improvement of basic research capabilities, and the effectiveness of national innovation systems. We expand the theory of open innovation.

Key words: open science; new product development; open frequency; open quality; pharmaceutical companies

当前,开放科学已成为全球科学研究与创新发展的主流范式。欧美等科技强国正在加快布局开放科学的国家战略,并制定相应的制度与政策体系。联合国教科文组织于2021年发布了《开放科学建议书》,通过了世界首个开放科学国际框架;经济合作与发展组织(OECD)于2015年发布了《让开放科学成为现实》的报告;欧盟委员会(EC)于2016年发起了“欧洲开放科学云”(European Open Science Cloud)计划;美国国家科学院(NAS)2018年发布了题为《开放科学设计:实现21世纪科研愿景》的报告,白宫科学技术政策办公室(OSTP)将2023年确定为开放科学年。2021年12月我国修订了《中华人民共和国科技进步法》,明确提出“推动开放科学的发展”,科技部、中国科学院等部门也出台了相应的举措。开放科学能有效提升科学系统的创新效率、推动负责任的研究与创新,是提升基础研究能力和国家创新体系整体效能的关键^[1]。为此,世界各国都在积极探索开放科学促进创新的机制、路径与政策等关键问题,尤其是开放科学向基础研究再到产品创新的作用机制问题,目前这一黑箱依然没有打开,本文试图以制药产业为研究对象以期破解这一理论问题。

开放科学作为关注创新前端“开放性”的新理论视角,正在成为新的研究热点。从理论研究来看,开放科学研究主要聚焦在科学共同体、全球基础研究合作等情境下,与产品创新的关联机制研究是文献的缺口。本文的主要任务就是揭示创新前端“开放科学”与后端“新产品开发”有何依存关系。传统的战略管理与创新理论认为企业开放科学是违背常理的,因为开放科学会给竞争对手泄露创新知识和信息^[2-6]。从企业实践看,基于科学的企业凸显了对前端科学的依赖性,以生物制药企业为例,企业开放科学的行为异常活跃^[4,7]。企业在

研发工作中越来越依赖于基础科学来实现技术突破^[8]。开放科学正在成为产品创新竞争的一个新维度^[9]。开放科学提供了促进知识流通、创造新颖想法的新路径,开放科学为企业提供了新的汇集创新资源的途径,有助于规避风险并对知识进行创造性重组。企业通过开放科学行为可以更好地利用外部知识和资源,从而进一步促进产学合作,创造出更具竞争力的产品和服务,并且能够更好地适应市场变化和客户需求。比如生物技术公司基因泰克(Genentech)自1976年创立以来,一直非常重视开放科学策略,坚持在学术期刊上发表他们的研究成果,以此来吸引生物科学领域最优秀人才的加入^[4,10]。开放科学有助于公司吸引和留住高质量的科学家和工程师,尤其是“明星科学家”,有利于加强与外部大学的合作,对提高内部研发和创新能力至关重要^[11]。

基于以上背景,学者们开始关注创新前端“开放科学”“对后端”新产品开发“之间的关系,为了揭示两者之间的作用机制,本文以我国上市制药公司为样本,利用Pharmaprojects数据库、Web of Science数据库、PATSNAP智慧芽全球专利数据库、CSMAR数据库与Wind金融终端数据库的相关数据,就开放科学对新药研发的影响进行了实证分析。本文结构安排如下:第一节进行文献回顾;第二节提出研究假设;第三节研究设计与模型构建;第四节实证结果与分析;第五节研究结论与未来展望。

一、文献回顾

(一)开放科学的研究回顾

开放科学(Open Science)是开放式创新的新延伸。同为“开放性”的主类别研究,开放科学和开放式创新往往在创新生态中共同存在并互相影响,并且在内涵上具有一定的一致性^[12]。越来越

多的研究者、政策制定者和资助者都呼吁将这两个紧密的领域联系起来^[13]。Friesike 等^[14]认为开放科学可以催生开放创新。也有研究提出不同的观点,如 Heimstädt 等^[15]认为在创新和科学中定义和动员开放性的方式截然不同。开放式创新主要由研究人员用来描述技术公司研发部门处理知识产权和各种创意的分析概念。而开放科学由学者发展为纲领性的概念,使其能够围绕改变既定科学实践的共同目标而努力。但大多研究都承认了一个既定的事实,开放式创新是对开放科学研究过程后期阶段的补充^[16]。以往研究也从多角度对开放科学的理论内涵进行了界定,但开放科学内容广泛且复杂,还未有统一规范。Vicente-Saez 等^[17]对开放科学进行了比较规范的定义,认为“开放科学是通过协作网络共享和发展的透明和可获取的知识”,将开放科学的理论框架定义为“透明知识”“无障碍知识”“共享知识”和“协作开发知识”4 个维度。区别于传统形式中科学发现核心过程的封闭性,开放科学的广泛定义认为科学研究应该强调全过程的开放性,在发现过程中各种科学知识应该尽早公开分享。

企业开放科学行为也被国内外学者广泛讨论。Friesike 等^[14]认为从价值链的角度来看,开放科学应该包括基础科学、应用科学的前端活动,并且开放科学的参与者主要包括大学和企业等组织以及个体研究人员。张学文^[18]对开放科学技术政策的建构提供了全新的解释,从“科学—商业”二元价值维度提出 3 种类型的开放科学行为。梅亮等^[19]认为开放可作为一种核心机制,对应科技创新从科学研究到社会发展的全阶段与过程。武学超^[20]认为在开放科学范式下,科学研究表现出全方位高度开放性、参与主体多元全纳性、科研过程高度透明性等时代特质。有多种指标可用于衡量和评估企业的开放科学。Simeth 等^[21]关注企业积极参与科学界所带来的影响,并且通过科学出版物研究了科学披露对企业盈利能力的影响,分析了企业对开放科学活动的贡献。Simeth 等^[4]将内部研发活动、与学术伙伴互动、溢出水平和所用保

护手段方面的可独占性制度等,作为科学开放性的决定因素,采用科学出版物数量以及离散数量作为衡量指标。由以往研究对企业开放科学的度量指标和方法可以看出,衡量开放科学的主要指标是科学的开放性和科学披露活动,前者主要为定性指标,后者主要为科学出版物等定量指标。Alexy 等^[7]提出科学出版和其他形式的选择性披露可以在公司经营的行业中培养开放文化,从而刺激竞争对手和供应商在知识共享中相互回报并参与开放科学行为。

(二) 新产品开发的研究回顾

新产品开发(New Product Development)是指将新产品或服务推向市场的过程。从理论角度来看,新产品开发通常被视为一个复杂的动态过程,涉及多个利益相关者,包括客户、供应商、员工和竞争对手。新产品开发过程通常具有不确定性、高风险性以及对创造力和创新的强烈需求。Brown 等^[22]认为产品开发被视为组织成功、生存和更新的基本过程之一,特别是对于快节奏或竞争激烈的市场中的公司。Mueller-Stewens 等^[23]将新产品开发定义为从概念化的想法到新产品或改进产品的市场化过程。Cooper 等^[24]在研究中发现新产品开发绩效的衡量和评价,涵盖了从最初的设想、研究开发、生产到市场推广全过程的成败情况。张慧颖等^[25]以市场为界将创新绩效分为新产品开发绩效和新产品市场绩效。

新产品开发被多种因素所影响,也往往被看作是通过各种知识流的聚合而创造新知识的过程。国内外新产品开发绩效的研究发展主要体现在其影响因素的研究上。赵炎等^[26]验证了知识共享和知识重用均正向影响新产品开发绩效。肖仁桥等^[27]探讨了数字化水平各维度对企业新产品开发绩效的非线性影响,分析了渐进式和突破式创新能力在数字化水平与新产品开发绩效间的中介作用。马力等^[28]通过对 369 家高技术企业的研究发现了利益相关者整合对新产品开发绩效具有正向影响,利益相关者响应能力在利益相关者整合与新产品开发绩效关系中起中介

作用。Cooper 等^[24]在研究中发现新产品开发绩效是指从一开始的设想、研究开发到正式生产、最后再将产品投放到市场全过程中所取得效果与成败的一种衡量和评价。张慧颖等^[25]认为产品创新程度及企业内部创新能力是新产品开发绩效的重要体现。

(三) 开放科学与新产品开发的相关研究

关于开放科学与新产品关系的相关研究文献较少。Azoulay^[29]、Polidoro 等^[9]认为开放科学对以科学为基础的产品开发具有很好的促进作用,特别是在制药和医疗设备领域。开放科学策略对企业内部 R&D 能力的提升具有直接和间接的影响,直接影响包括帮助企业雇佣高水平研究人员,间接影响主要是提升企业对外部知识的吸收能力^[30-31],帮助企业从公共科学中搜索、学习、消化和吸收最新的科学发现^[32]。企业在著名的科学期刊上发表论文被看作是降低阻止他们创新成功不确定性的的重要手段。开放科学有利于促进创新的外部评价,因为开放科学提供了一个可供社会参考的框架,可以帮助外部机构对企业和他们的产品进行积极的评价。在医药行业,关于新药的科学论文能够影响新药获得商业成功的程度^[29]。Jong 等^[33]研究认为企业开放科学行为越频繁,高质量的学术出版、与学术伙伴的合作等有价值的 R&D 工作会对企业创新产生积极的影响。

二、理论和假设

(一) 开放科学频率与新产品开发

提高企业在学术界地位的一个重要手段是发表更多更好的文章。在学术界获得良好的声誉通常被视为是确保获得研发上游知识资源的关键。如 Gans 等^[34]认为,强生公司在 20 世纪 80 年代的诉讼行为损害了该公司在学术界的声誉,并使其在获得上游研发合作伙伴的关键资源方面处于不利地位。因此,实施开放科学战略、产生更好科学出版物的公司,在产品开发中使用关键研发资源方面具有比较优势。

企业参与开放科学具有强烈的动机^[11],开放科学频率越高意味着企业拥有更高的开放性,更

高的开放性往往会鼓励对科学研究进行更多投资,进而给企业在数量、质量和时间上带来更多的先发优势^[35],而这种先发优势可能是由于率先拥有产生的新知识而塑造的,也可能是开发新产品或新工艺的结果,这种优势尤其存在于与科学密切相关的高新技术企业中。如基因编辑技术就是生物技术行业创新的基础研究成果。企业参与开放科学行为是推进企业达成研发目的的重要手段之一,能够发展为新产品的知识来源往往存在于前端科学中。首先,企业参与开放科学频率越高就越可能会开发出卓越的能力,因为它们能够更加有效整合各类知识,创造出比其他企业更有价值的发明^[21],并促进更广泛的协作和思想的互相融合,从而更好地推动新产品开发。其次,开放科学频率越高越展示了新技术或产品潜力,可以更好地吸引风险资本家和其他投资者的投资。这可以提供将科学转化为商业产品所需的资金,从而间接促进新产品开发。Simeth 等^[21]发现,开放科学对生物技术和制药行业、仪器仪表和化工行业的市场估值有积极影响,但对通信技术行业没有影响。因此,根据以上理论分析,本文提出如下假设:

H1: 企业开放科学频率越高对新产品开发越具有积极影响。

(二) 开放科学质量与新产品开发

开放科学在质量上的异质性也可能对新产品开发带来影响。Polidoro 等^[9]的研究表明,在制药行业科学出版物降低了新药研发的不确定性,从而促进了新药的商业化成功。研究展示了不同类型的联盟伙伴与出版成果在声誉和影响力方面的相关性。Zahringer 等^[36]探讨了更高质量的学术科学作为创新过程的外部投入,是否能转化为更高质量的公司创新。从科学研究角度来说,学术研究质量是参差不齐的,仅分析企业开放科学的频率掩盖了质量的潜在实质性差异,这些差异可能体现在总体水平(即整体期刊质量,反映在影响因子中)和微观水平(即文章质量,反映在给定文章获得的引用次数上)。从理论上分析,更高水平的

开放科学质量为研发创新提供了更重要的知识,提供了更具有价值的相关技术。现有文献对学术出版物的质量进行了深入研究,认为学术出版物作为企业创新外部输入的知识存量,质量特性显得至关重要^[33]。本文认为开放科学质量影响新产品开发的作用机制,与高质量学术出版物影响产业创新的机制相似。学术科学被用作创新过程的外部输入时,通常通过内部化知识为新产品开发做出贡献,丰富的外部知识输入可以作为编撰内部知识的补充,从而提升新产品创新想法的清晰度^[37]。因此,根据以上理论分析,本文提出如下假设:

H2:企业开放科学质量越高对新产品开发越具有积极影响。

三、研究设计与模型构建

(一)样本的选择和数据来源

本文以我国制药企业为研究对象。其主要原因:一是制药企业的开放科学行为异常活跃,比如基因泰克于 1976—2008 年期间,在科学期刊上发表了 5 038 篇文章,其中 249 篇发表在《科学》或《自然》杂志上^[38]。二是药品研发管线为新产品开发绩效提供了可量化的数据支持。三是 Pharmaprojects 数据库提供了样本企业详细的新药研发项目,可以很好地与 CSMAR 国泰安数据库进行匹配。选取的样本企业为深沪港上市公司,在 Pharmaprojects 数据库中筛选条件为“Drug Country is China”的企业有 1 584 家,研发管线共 9 649 条,CSMAR 数据库中制药企业有 310 家,以 2013—2021 年期间至少发起了一个新药开发项目为条件,对两个数据库进行匹配,最终只有 51 家企业符合条件。

数据收集的具体过程和来源如下:一是新产品开发绩效数据,来源于 Pharmaprojects 数据库,以 51 家样本企业及其主要附属子公司名称为检索条件,分别收集研发管线年度数据。二是科学论文数据,在 Web of Science 数据库 Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED) 中通过检索作者所属机构,搜集样本企业 2013—2021 年期间发表的科学论文数据,结果返回论文数据 3 082 条。

三是企业研发投入数据,通过 CSMAR 数据库、Wind 金融终端和企业年报来获取企业研发投入数据。四是专利数据,在 PATSNAP 智慧芽全球专利数据库中,对样本企业及其主要附属子公司名称进行匹配,得到所有样本企业 2013—2021 年期间申请的专利数据,结果返回专利数据 14 770 条。五是企业基本信息,通过 CSMAR 数据库与 Wind 金融终端查询导出。

(二)变量选择与测度

1. 应变量

本文研究的因变量是新产品开发绩效,它被用于衡量首次进入(预)临床试验的在研药物的年度数量,即用样本企业研发管线中新药项目年度计数来衡量。由于企业开放科学对新产品的影响具有一定的滞后效应,因此将因变量提前一期处理,采用企业 $t+1$ 年研发管线数量测度。这种做法可以充分考量企业开放科学行为对新产品开发的作用机制,同时这种做法也能够很好地处理与内生性和反向因果关系有关的潜在问题。这与管理学者和行业从业者对新想法进入(预)临床试验的研发准备时间的估计一致^[39]。

2. 自变量

本文研究的自变量为开放科学频率和质量,即企业发表科技论文的数量和质量。借鉴 Gittelman^[40]的研究,本文使用发表科技论文的数量来衡量企业的开放科学频率,以样本企业发表科技论文年度计数进行衡量(单位为百篇)。另外,由于科技论文对新产品具有时间滞后性,即科学知识转化为技术、技术再转化为新产品需要一定的时间^[33],因此,引入发表(t 、 $t-1$ 、 $t-2$)3 年时间窗口的年度计数,且作为单一变量来讨论滞后因素带来的影响,目的是方便后期验证开放科学对新产品开发的影响。

开放科学质量代表企业发表科学论文的质量与水平,通常用期刊的可变影响因子加权来衡量。在顶级学术期刊上发表论文是公司科学家研究质量的一个显著指标^[40]。发表论文的质量不仅被广泛用于代表一家公司的科学研究水平,还被广泛

用于评估一家公司对学术界的科学贡献^[38]。

3. 控制变量

借鉴 Jong 等^[33]的研究,我们选取了 5 个可能影响新产品开发绩效的控制变量,分别为研发投入、研发人员、专利申请、企业年龄、企业规模,旨在提高研究结果的可信度,同时也加入年份固定效应和个体固定效应。研发投入(R&D investment)以研发费用取自然对数来进行衡量。研发人员(R&D personnel)采用研发人员年度计数来进行衡量。专利申请(PATENT)采用样本企业每年发明专利申请数量进行衡量。企业年龄(AGE)使用当年年份和企业成立年份之间的差来衡量。企业规模(SIZE)以总资产的自然对数进行衡量。

(三)模型构建

本文因变量新产品开发绩效的度量指标属于离散型数据,所取数值均为非负整数,不服从普通最小二乘法(OLS)所要求的正态分布,因此,应当采用计数模型。因变量为非负整数时,通常假定它是服从泊松分布的,适用 Poisson 模型。本文因变量的方差远远大于均值,数据的方

差期望比都远大于 1,应该使用负二项分布模型。使用 Hausman 检验选择固定效应或随机效应,其结果显示固定效应更适合本文的研究模型,因此加入年份固定效应和个体固定效应。据此,构建面板负二项固定效应模型,来检验企业开放科学对新产品开发的影响。构建模型如式(1)所示,其中 x_{it} 为选取的影响因素, v_{it} 为误差项, τ_{it} 表示本文尚未讨论的因素。

$$Y(y_{it} | x_{it}, \dots \tau_{it}) = \exp(x_{it}, \beta) \tau_{it} + v_{it} \quad (1)$$

四、实证结果与分析

(一)描述性统计和相关性分析

描述性统计和相关性分析如表 1 所示。从因变量和自变量的相关系数可以发现,相关系数均为正数,且几乎所有系数在 1% 显著性水平显著,说明因变量和自变量之间存在一定的正向相关性。从系数中可以看出,变量的相关系数大部分比较小,但是也存在相关系数的绝对值大于 0.8,因此需进一步检验,变量的方差膨胀因子 VIF 值都小于 10,因此表明不存在严重的多重共线性,可以将变量同时放入模型中回归。

表 1 描述性统计和相关性分析

变量	Mean	Sd	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
(1)新产品开发($t+1$)	12.059	13.398	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(2)开放频率	0.071	0.122	0.416***	1	-	-	-	-	-	-	-	-
(3)开放频率($t, t-1, t-2$)	0.195	0.275	0.392***	0.958***	1	-	-	-	-	-	-	-
(4)开放质量	0.934	2.79	0.385***	0.907***	0.829***	1	-	-	-	-	-	-
(5)开放质量($t, t-1, t-2$)	2.455	6.277	0.395***	0.906***	0.871***	0.966***	1	-	-	-	-	-
(6)研发投入	9.791	1.5	0.344***	0.478***	0.526***	0.385***	0.419***	1	-	-	-	-
(7)研发人员	5.338	1.536	0.316***	0.404***	0.471***	0.255***	0.290***	0.613***	1	-	-	-
(8)专利申请	0.322	0.731	0.314***	0.471***	0.471***	0.447***	0.449***	0.371***	0.345***	1	-	-
(9)企业年龄	15.549	6.825	0.063	0.152***	0.143***	-0.033	0.014	0.257***	0.524***	0.129***	1	-
(10)企业规模	12.694	1.672	0.280***	0.365***	0.415***	0.239***	0.255***	0.739***	0.819***	0.256***	0.543***	1

注:***表示在 $p < 0.01$ 时有统计学意义。

(二)回归结果及稳健性检验

1. 回归结果分析

如表 2 所示,模型 1 为仅考虑控制变量研发投入、研发人员、专利申请、企业年龄、企业规模对新产品开发的影响,模型 2、模型 3 和模型 4 分别加入自变量开放频率 t 以及 $t-1, t-2$ 滞后项,纳入

滞后因素则充分考虑到样本企业需要一定的时间才能将科学知识转化为新产品。因此,必须为知识转化为技术、技术转化为新产品的复杂流程提供合理的时间周期。模型 5 是整个回归的全模型,模型都加入了年份固定效应和个体固定效应。模型 2 显示开放频率的估计系数为正($\beta = 1.319$),

且统计显著($P < 0.01$),说明拟合效果良好,并且开放频率对新产品开发具有显著的正向作用;模型 3 显示开放频率的估计系数为正($\beta = 1.744$),且统计显著($P < 0.01$),说明自变量滞后一期效果下开放频率对新产品开发具有显著的正向作用;模型 4 显示开放频率滞后二期的估计系数为正($\beta = 1.806$),且统计显著($P < 0.01$),说明自变量滞后二期效果下开放频率对新产品开发具有显著的正向作用。这表明企业开放科学频率越高,知识流动越频繁,越有利于新产品开发,因此假设 H1 成立。在模型 2 至模型 4 中, $t-1$ 、 $t-2$ 年滞后项的系数幅度增加,并且根据第 4 年的未汇报结果,发现第 4 年的滞后在统计上不显著。由此表明,开放频率对新产品开发的影响具有周期性,通常发生在企业开放科学行为产生之后的 3 年内,即企业的知识转化为产品的周期为 3 年。全模型 5 的回归结果再次表明企业开放科学频率与新产品开发之间的正相关关系具有一定的稳定性。

表 2 开放科学频率对新产品开发的影响

变量	新产品开发($t+1$)				
	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5
开放频率	-	1.319 *** (4.527)	-	-	0.592 ** (2.049)
开放频率($t-1$)	-	-	1.744 *** (4.403)	-	0.940 ** (2.111)
开放频率($t-2$)	-	-	-	1.806 *** (2.831)	0.964 * (1.781)
研发投入	0.097 (1.451)	0.115 * (1.818)	0.119 (1.641)	0.112 (1.334)	0.108 (1.332)
研发人员	0.062 (1.157)	0.008 (0.170)	-0.000 (-0.010)	0.044 (0.799)	-0.000 (-0.007)
专利申请	0.030 (1.010)	-0.025 (-0.980)	-0.015 (-0.637)	-0.000 (-0.014)	-0.034 (-1.213)
企业年龄	0.077 ** (2.526)	0.072 ** (2.375)	0.082 ** (2.573)	0.075 ** (2.169)	0.077 ** (2.360)
企业规模	0.002 (0.024)	0.010 (0.150)	-0.020 (-0.307)	-0.106 (-1.594)	-0.094 (-1.488)
_cons	-0.513 (-0.773)	-0.554 (-0.862)	-0.342 (-0.504)	0.683 (0.915)	0.715 (1.016)
lnalpha	-2.895 *** (-13.783)	-3.072 *** (-13.058)	-3.414 *** (-11.552)	-3.619 *** (-11.000)	-3.890 *** (-9.307)
Year	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Firm	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
N	407	407	357	306	306

注:***、**、* 分别表示在 $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$ 、 $p < 0.1$ 时有统计学意义;括号内为 t 统计量。下同。

表 3 是开放科学质量影响新产品开发的实证结果。模型 6、模型 7、模型 8 分别加入自变量开放

质量以及开放质量 $t-1$ 、 $t-2$ 滞后项,模型 6 显示开放质量的估计系数为正($\beta = 0.043$),且统计显著($P < 0.01$),说明开放质量显著影响新产品开发,且具有显著的正相关关系;模型 7 显示开放质量的估计系数为正($\beta = 0.070$),且统计显著($P < 0.01$),说明自变量滞后一期效果下开放质量显著影响新产品开发,且具有正相关关系;模型 8 显示开放质量滞后二期的估计系数为正($\beta = 0.100$),且统计显著($P < 0.01$),说明自变量滞后二期效果下开放质量显著影响新产品开发,且具有正相关关系。这表明开放科学质量越高,可以传递更加复杂的信息和隐性知识,越有利于企业新产品开发,因此假设 H2 成立。在第四年的未汇报结果中发现第四年的滞后在统计上显著性降低。这充分说明,开放科学质量对新产品开发的影响也具有周期性,通常发生在企业开放科学行为之后的前 3 年。全模型 9 不显著,可能是因为各自变量间相互影响的结果,但估计系数还是正向的。

表 3 开放科学质量对新产品开发的影响

变量	新产品开发($t+1$)				
	模型 1	模型 6	模型 7	模型 8	模型 9
开放质量	-	0.043 *** (3.344)	-	-	0.015 (1.105)
开放质量($t-1$)	-	-	0.070 *** (5.765)	-	0.035 (1.240)
开放质量($t-2$)	-	-	-	0.100 *** (6.212)	0.049 (1.388)
研发投入	0.097 (1.451)	0.099 (1.560)	0.103 (1.474)	0.112 (1.399)	0.087 (1.130)
研发人员	0.062 (1.157)	0.019 (0.391)	-0.018 (-0.396)	0.015 (0.283)	-0.009 (-0.190)
专利申请	0.030 (1.010)	-0.017 (-0.674)	-0.024 (-1.039)	-0.025 (-1.079)	-0.040 (-1.562)
企业年龄	0.077 ** (2.526)	0.077 ** (2.557)	0.090 *** (2.909)	0.083 ** (2.555)	0.087 *** (2.764)
企业规模	0.002 (0.024)	0.016 (0.246)	0.003 (0.047)	-0.101 (-1.532)	-0.075 (-1.235)
_cons	-0.513 (-0.773)	-0.545 (-0.849)	-0.439 (-0.671)	0.654 (0.926)	0.652 (0.983)
lnalpha	-2.895 *** (-13.783)	-3.035 *** (-13.433)	-3.516 *** (-10.623)	-3.838 *** (-9.306)	-4.019 *** (-8.636)
Year	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Firm	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
N	407	407	357	306	306

2. 稳健性检验

首先,通过替换变量的方式对模型进行稳健性检验,引入开放科学基础研究变量(Open Science Basic Research, OSBR),即采用基础研究科学论文

衡量开放科学,不包括临床试验研究论文。医药企业发表的科技论文通常包括“基础研究论文”和“临床实验论文”^[33]。在样本企业发表的所有论文的标题以及摘要中,搜索了表示临床试验的关键词(即“患者”“人”“受试者”和“临床试验”),排除“临床实验论文”,将“基础研究论文”对新产品开发进行回归,稳健性结果如表4所示,结论与上节相同,说明结论具有一定的稳定性。

表4 替换变量的稳健性检验

变量	新产品开发($t+1$)				
	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5
基础研究论文	-	2.090 *** (3.641)	-	-	1.297 *** (2.810)
基础研究论文($t-1$)	-	-	2.242 *** (3.735)	-	1.622 *** (3.035)
基础研究论文($t-2$)	-	-	-	1.287 * (1.899)	1.009 * (1.794)
研发投入	0.097 (1.451)	0.099 (1.534)	0.105 (1.409)	0.090 (1.086)	0.087 (1.082)
研发人员	0.062 (1.157)	0.035 (0.715)	0.032 (0.609)	0.062 (1.004)	0.028 (0.503)
专利申请	0.030 (1.010)	0.007 (0.261)	0.017 (0.587)	0.020 (0.536)	0.006 (0.192)
企业年龄	0.077 ** (2.526)	0.075 ** (2.452)	0.084 ** (2.560)	0.083 ** (2.435)	0.083 ** (2.403)
企业规模	0.002 (0.024)	-0.009 (-0.133)	-0.031 (-0.481)	-0.101 (-1.490)	-0.113 * (-1.672)
_cons	-0.513 (-0.773)	-0.322 (-0.493)	-0.194 (-0.279)	0.717 (0.973)	0.987 (1.347)
lnalpha	-2.895 *** (-13.783)	-3.003 *** (-13.082)	-3.281 *** (-12.090)	-3.488 *** (-11.179)	-3.700 *** (-9.685)
Year	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Firm	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
N	407	407	357	306	306

其次,采用更换回归模型的方式进行稳健性检验。泊松回归模型是计数变量模型的另一种方法,但是与负二项回归模型存在不同,泊松回归模型理论上要求平均值与标准差相等,而负二项回归放宽了平均值等于标准差这一理论假定,由表5可以看出与上文结论相同,说明结论具有一定的稳定性。

五、结论启示与未来展望

(一) 结论与启示

当前,世界各国都在大力实施开放科学的国家战略,同时,也在积极探讨企业开放科学对创新的影响,但很少关注开放科学对新产品开发的作用机制。传统的战略管理理论认为企业的开放科

表5 更换模型的稳健性检验

变量	新产品开发($t+1$)				
	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5
基础研究论文	-	1.846 *** (3.665)	-	-	1.320 *** (2.966)
基础研究论文($t-1$)	-	-	1.966 *** (3.438)	-	1.416 *** (2.796)
基础研究论文($t-2$)	-	-	-	1.333 * (1.941)	1.132 ** (1.975)
研发投入	0.126 (1.625)	0.125 * (1.689)	0.130 (1.544)	0.120 (1.334)	0.115 (1.317)
研发人员	0.029 (0.518)	0.006 (0.120)	0.010 (0.190)	0.033 (0.543)	0.004 (0.079)
专利申请	0.017 (0.676)	-0.005 (-0.207)	0.014 (0.438)	0.015 (0.413)	0.003 (0.073)
企业年龄	0.086 *** (2.779)	0.087 *** (2.729)	0.091 *** (2.686)	0.089 ** (2.556)	0.089 ** (2.511)
企业规模	-0.042 (-0.607)	-0.054 (-0.768)	-0.065 (-0.905)	-0.126 * (-1.675)	-0.139 * (-1.848)
_cons	-0.299 (-0.444)	-0.096 (-0.145)	-0.046 (-0.065)	0.766 (1.019)	1.046 (1.399)
Year	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Firm	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
N	407	407	357	306	306

学行为是违背常理的,但是在制药行业或纳米技术行业,开放科学却是新产品开发的关键成功因素^[31-32]。本文以中国制药行业的上市公司为样本,通过实证研究揭示了开放科学对新产品开发的影响机制,研究发现制药企业开放科学行为对新药开发具有显著的积极影响,这种积极作用通常发生在开放科学之后的3年内。因此,企业需要高度重视开放科学战略的制定和实施,开放科学作为企业竞争的重要战略,不仅能够吸引科学领域最优秀的人才加入,有利于与最好的学术机构保持正式和非正式的联系^[3,41],还能够帮助企业利用学术界的知识并获得资助机会^[31],特别是在制药行业,开放科学有利于降低新药研发的不确定性,促进新药的商业化成功^[9]。因此,企业应打破传统战略管理的思维局限性,积极采纳和应用开放科学战略。

(二) 研究讨论

以往开放科学的研究主要集中在科学共同体、国际科学合作等公共政策领域,虽然学术界也开始关注企业层面的开放科学行为,但依然处于起步和零散性研究阶段。研究结论认为企业要积极采纳开放科学战略,要重视开放科学对基础研究和产品创新的影响,这意味着企业也要像大学、

科研机构一样深度参与国家开放科学战略,这不仅对提升企业基础研究能力和创新绩效有重大意义,同时对于提升国家创新体系整体效能,实现高水平科技自立自强也有着重大的政策指导意义。因此,国家科技创新政策的制定必须充分考虑企业开放科学、基础研究、产品开发等关键因素,加快制定开放科学的政策体系^[1,42]。

(三)未来展望

本文研究的主要贡献是揭示了创新前端“开放科学”对后端“新产品开发”的作用机制,完善和补充了理论研究的缺口。研究结论为企业开放科学策略的选择和科技创新政策的制定,提供了理论依据和管理启示,对开放式创新理论进行了新的拓展。但是,本文研究仍存在一定的局限性:一是没有考虑知识产权保护机制下开放科学对新产品开发的影响机理;二是医药行业的研究开发大都属于应用导向的基础研究(巴斯德象限),创新成果披露的方式基本都是二元披露制度(论文—专利)^[43],未来研究应该综合考虑二元披露制度下对新产品开发的影响;三是由于新药研发数据搜集的约束导致研究样本数量不够多,未来需要进一步扩充样本数量,还需要对不同行业之间异质性进行分析;四是开放科学提升基础研究能力的路径与政策设计,也是未来应该重点关注的研究议题。

参考文献:

- [1]杨卫,刘细文,黄金霞,等.我国开放科学政策体系构建研究[J].中国科学院院刊,2023,38(6):829-844.
- [2]ARROW K J. Economic welfare and the allocation of resources for invention[M]// NELSON R R. The Rate and Direction of Inventive Activity. Princeton: Princeton University Press,1962:609-626.
- [3]HICKS D. Published papers, tacit competencies and corporate management of the public/private character of knowledge[J]. Industrial and corporate change, 1995, 4(2): 401-424.
- [4]SIMETH M, RAFFO J D. What makes companies pursue an open science strategy? [J]. Research Policy, 2013, 42(9): 1531-1543.
- [5]陈劲,阳镇.数字化时代下的开放科学:伦理难题与推进路径[J].吉林大学社会科学学报,2021,61(3):116-128.
- [6]张学文,田华.企业开放科学行为研究:理论构建与实证测量[J].科学学研究,2019,37(8):1353-1363.
- [7]ALEXY O, GEORGE G, SALTER A. Cui bono? the selective revealing of knowledge and its implications for innovative activity[J]. Academy of management review, 2013, 38(2): 270-291.
- [8]MARX M, FUEGI A. Reliance on science: worldwide front-page patent citations to scientific articles[J]. Strategic management journal, 2020, 41(9): 1572-1594.
- [9]POLIDORO F, THEEKE M. Getting competition down to a science: the effects of technological competition on firms' scientific publications[J]. Organization science, 2012, 23(4): 1135-1153.
- [10]ARORA A, BELENZON S, PATAACCONI A. The decline of science in corporate R&D [J]. Strategic management journal, 2018,39(1):3-32.
- [11]ROTOLO D, CAMERANI R, GRASSANO N. Why do firms publish? a systematic literature review and a conceptual framework[J]. Research policy, 2022, 51(10): 104606.
- [12]陈雪飞,黄金霞,王昉.开放科学的开放创新内涵及生态作用机制研究[J].农业图书情报学报,2022,34(9):5-14.
- [13]European Commission. Open innovation, open science, open to the world: a vision for europe[EB/OL]. (2015-05-22) [2023-02-16]. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/SPEECH_15_5243.
- [14]FRIESIKE S, WIDENMAYER B, GASSMANN O. Opening science: towards an agenda of open science in academia and industry[J]. Journal of technology transfer, 2015, 40(4): 581-601.
- [15]HEIMSTÄDT M, FRIESIKE S. The odd couple: contrasting openness in innovation and science[J]. Innovation, routledge, 2021, 23(3): 425-438.
- [16]BECK S, BERGENHOLTZ C, BOGERS M. The open innovation in science research field: a collaborative conceptualisation approach[J]. Industry and innovation, 2022, 29(2): 136-185.
- [17]VICENTE-SAEZ R, MARTINEZ-FUENTES C. Open science now: a systematic literature review for an integrated definition[J]. Journal of business research, 2018, 88(4): 428-436.
- [18]张学文.面向创新型国家的开放科学技术政策:理论内涵及建构逻辑与社会效应[J].科学学研究,2013,31

- (10): 1488-1494.
- [19]梅亮, 吴欣桐, 王伟楠. 科技创新的责任治理:从开放科学到开放社会[J]. 科研管理, 2019, 40(12): 1-10.
- [20]武学超. 开放科学的内涵、特质及发展模式[J]. 科技进步与对策, 2016, 33(20): 7-12.
- [21]SIMETH M, CINCERA M. Corporate science, innovation, and firm value [J]. Management science, 2016, 62 (7): 1970-1981.
- [22]BROWN S L, EISENHARDT K M. Product development: past research, present findings, and future directions [J]. Academy of management review, 1995, 20(2): 343-378.
- [23]MUELLER-STEWENS B, MOELLER K. Performance in new product development: a comprehensive framework, current trends, and research directions [J]. Journal of management control, 2017, 28(1):157-201.
- [24]COOPER R G, KLEINSCHMIDT E J. Benchmarking the firm's critical success factors in new product development[J]. Journal of product innovation management, 2010, 12 (5): 374-391.
- [25]张慧颖, 李振东. 创新投入、新产品开发绩效与新产品市场绩效的关系研究:顾客隐性需求的调节作用[J]. 科学学与科学技术管理, 2015, 36(12): 128-138.
- [26]赵炎, 杨笑然, 阎瑞雪, 等. 研发团队知识共享、知识重用与新产品开发绩效:吸收能力的倒 U 型调节作用[J]. 科技进步与对策, 2022, 39(20): 112-121.
- [27]肖仁桥, 沈佳佳, 钱丽. 数字化水平对企业新产品开发绩效的影响:二元创新能力的中介作用[J]. 科技进步与对策, 2021, 38(24): 106-115.
- [28]马力, 徐广, 高洋. 利益相关者整合与高技术企业新产品开发绩效:有调节的中介模型[J]. 科技管理研究, 2021, 41(21): 60-70.
- [29] AZOULAY P. Do pharmaceutical sales respond to scientific evidence? [J]. Journal economics management strategy, 2002, 11(4): 551-594.
- [30]COHEN W M, LEVINTHAL D A. Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation[J]. Administrative science quarterly, 1990(35):128-152.
- [31] COCKBURN I M, HENDERSON R M. Absorptive capacity, coauthoring behaviour, and the organization of research in drug discovery[J]. Journal of industrial economics, 1998(2):157-182.
- [32] LI Y, YOUTIE J, SHAPIRA P. Why do technology firms publish scientific papers? The strategic use of science by small and midsize enterprises in nanotechnology [J]. Journal of technology transfer, 2015, 40(6): 1016-1033.
- [33] JONG S, SLAVOVA K. When publications lead to products: the open science conundrum in new product development[J]. Research policy, 2014, 43(4): 645-654.
- [34]GANS J S, STERN S. The product market and the market for "ideas": commercialization strategies for technology entrepreneurs[J]. Research policy, 2003, 32(2): 333-350.
- [35]FABRIZIO K R. Absorptive capacity and the search for innovation[J]. Research policy, 2009, 38 (3): 255-267.
- [36]ZAHNINGER K, KOLYMPIRIS C, KALAITZANDONAKES N. Academic knowledge quality differentials and the quality of firm innovation[J]. Industrial and corporate change, 2017, 26 (5): 821-844.
- [37]VEUGELERS R, ZUNIGA P, CASSIMAN B. In search of performance effects of (in)direct industry science links[J]. Industrial and corporate change, 2008, 17(4): 611-646.
- [38] DING W W. The impact of founders' professional-education background on the adoption of open science by for-profit biotechnology firms [J]. Management science, 2011, 57 (2): 257-273.
- [39] PISANO G P. Science business: the promise, the reality, and the future of biotech [M]. Cambridge: Harvard Business School Press, 2006:135-138.
- [40]GITTLEMAN M. Does geography matter for science-based firms? epistemic communities and the geography of research and patenting in biotechnology [J]. Organization science, 2007, 18(4): 724-745.
- [41] ROSENBERG N. Why do firm do basic research (with their own money)? [J]. Research policy, 1990, 19 (2): 165-174.
- [42]赵延东, 黄磊, 梅亮. 科学资助组织推动开放科学发展政策的比较研究:以开放获取为例[J]. 中国软科学, 2020 (3): 57-65.
- [43] MURRAY F, STERN S. Do formal intellectual property rights hinder the free flow of scientific knowledge? an empirical test of the anti-commons hypothesis[J]. Journal of economic behavior and organization, 2007, 63(4): 648-687.

(本文责编: 润 泽)