

# 产业共性技术创新提升供应链互补性了吗？

——来自生物制药行业的证据

董丰<sup>1</sup>, 张桂阳<sup>2</sup>, 柳庆歆<sup>2</sup>, 李小东<sup>1</sup>

(1. 安徽工程大学经济与管理学院, 安徽 芜湖 241000; 2. 南京理工大学经济与管理学院, 南京 210094)

**摘要:** 产业共性技术具有强外部性和鲜明的创新互补性特征,其在供应链中的扩散以及对技术生态的影响是产业界和学术界共同关注的重要议题。基于资源依赖理论和吸收能力理论,探讨焦点企业的共性技术创新对其“焦点企业-供应链伙伴”技术互补性的非线性影响效应及其作用的边界条件。分析2010—2019年145家生物制药企业1405个“企业-年份”观测值构成的面板数据。结果表明:企业的共性技术创新绩效对“焦点企业-供应链伙伴”技术互补性的影响先增大后减小,即呈现倒“U”型效应;在供应链内部,合作伙伴的共性技术创新能力对这一倒“U”型关系具有正向的调节作用。

**关键词:** 产业共性技术; 供应链; 技术互补性; 吸收能力

**中图分类号:** F273.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2025)15-0141-10

党的二十大报告明确提出将“加强基础研究”作为实现创新驱动发展的战略重点之一。作为基础研究的重要组成部分,产业共性技术(general purpose technology, GPT)的创新正逐渐成为推动行业竞争力和经济增长的核心动力。产业共性技术是具备强产业渗透性、显著正外部性和高创新互补性且对多个产业产生深度影响的一类使能技术<sup>[1-2]</sup>。《产业关键共性技术发展指南》明确指出产业关键共性技术是中国制造业创新发展的重要支撑,其自主创新事关国家安全和社会经济高质量发展。共性技术创新也是发展新质生产力的核心要素,催生了新动能<sup>[3]</sup>。

一方面,作为使能技术,共性技术为改进产品和流程、扩大知识重组和技术创新的空间提供了机会<sup>[4-6]</sup>。创新互补性是共性技术推动技术进步和促进经济增长的重要机制<sup>[7]</sup>,高技术互补性使得共性技术具有更好的可扩展性和重组创新潜力,从而改进现有技术或开发出新技术<sup>[5]</sup>。以往研究主要从宏

观层面探讨了共性技术创新互补性的概念、内涵及其对技术创新和经济增长的理论影响<sup>[4,8-9]</sup>,并未进一步深入企业微观层面分析探究共性技术的创新互补性这一关键特征和机制。

另一方面,作为竞争前技术,共性技术的价值发挥依赖于后续的二次开发以及产业扩散过程<sup>[10-11]</sup>。供应链是企业技术开发和扩散的主要载体<sup>[10,12]</sup>。上游供应商提供关键组件,下游客户创造技术需求,共同推动了企业的技术研发和创新<sup>[13-14]</sup>。在由焦点企业及其供应商、客户组成的创新系统中,焦点企业开发的共性技术扩散至供应商和客户并被二次开发<sup>[7,15-16]</sup>。因此,焦点企业共性技术在供应链中溢出能够推动供应商和客户研发互补性技术,提高了“焦点企业-供应链伙伴”技术互补性<sup>[5]</sup>。

随着焦点企业共性技术专业程度的提高以及溢出规模的扩大,供应商和客户也面临技术吸收能力不足、知识整合困难的问题,其基于共性技术

**收稿日期:** 2025-01-12

**基金项目:** 国家社会科学基金青年项目(21CGL004);安徽省社会科学创新发展研究攻关项目(2022XC059);安徽省社会科学基金(AHSKQ2022D066);安徽省高等学校科学研究项目(2023AH050936);安徽工程大学引进人才科研启动基金(2021YQQ055)

**作者简介:** 董丰(1990—),男,安徽亳州人,博士,讲师,硕士研究生导师,研究方向为供应链管理、创新管理、共性技术创新;通信作者张桂阳(1991—),男,江苏泰州人,博士,副教授,硕士研究生导师,研究方向为技术创新管理、创新战略、研发网络;柳庆歆(2004—),男,湖北恩施人,研究方向为创新管理;李小东(1987—),男,河南周口人,博士,教授,硕士研究生导师,研究方向为服务管理、教育研究。

进行互补技术开发的空间和边际效用下降。因此,焦点企业的共性技术创新与“焦点企业-供应链伙伴”技术互补性之间并非简单的正向线性关系。结合资源依赖理论和吸收能力理论,本文探究焦点企业的共性技术创新对“焦点企业-供应链伙伴”技术互补性可能的倒“U”型影响机制。此外,供应链伙伴是否具备吸收、整合共性技术的能力尤为重要。拥有共性技术研发经验的供应链伙伴具有更强的共性技术吸收能力,能够在更宽泛的技术领域实施互补性创新<sup>[17]</sup>。本文进一步探讨供应链伙伴的共性技术创新能力对上述倒“U”型影响机制的调节作用。利用2010—2019年145家生物制药企业的1405个“企业-年份”观测值构成的面板数据,实证检验了焦点企业共性技术创新与“焦点企业-供应链伙伴”技术互补性的影响机制及其边界条件。

## 1 理论分析与研究假设

### 1.1 共性技术创新及其互补性特征

创新互补性是共性技术的主要特征之一,反映出共性技术能够不断地进行技术改进,并促进更多应用领域的创新。因此,创新互补性也是一项技术成为共性技术的必要条件,也就是说,一种技术越普遍,它与其他技术的技术互补性就越强<sup>[18]</sup>。从技术互补性视角看,共性技术的溢出和扩散改变了现有技术价值,为改变现有技术的性质和开发新技术创造了机会<sup>[7]</sup>。以一种被广泛认可的共性技术——蒸汽机技术为例,首先,蒸汽机的发明改变了铁路只能作为河运和马车补充的局面,蒸汽机与铁路的结合大大提高了铁路的应用价值。其次,产品特性的改进是技术进步和价值创造的重要来源,尤其为互补性创新提供了机会和动力。受机械动力(水力和风力)投资沉没成本的限制,蒸汽机的出现迫使它们进行技术改进,并与新技术形成互补。最后,尽管蒸汽机已被广泛使用,但其体积庞大的缺点为后续以电力为代表的新技术应用提供了广阔的机会。当技术开发企业的持续创新行为产生了技术变革,从而提高现有技术价值或为技术接收企业进一步进行创新创造新的机会时,便会产生动态外部效应<sup>[7]</sup>。由于共性技术具有强外部性、持续改进空间以及跨行业和技术领域应用的特征,会不可避免地产生溢出效应并向外部扩散<sup>[7,18-20]</sup>。一旦共性技术从开发企业溢出到接收企业,接收企业现有技术价值可能会发生变化,这将带来改变现有技术性质和开发新技术的机会。因此,技术互补性的出现意味着共性技术的外溢和扩散会导致

接收企业围绕开发企业的共性技术实施互补性创新,以提高其现有技术价值或开发新技术。

资源依赖理论表明外界的知识和技术资源是企业建立竞争优势的重要因素,由于创新过程可能会面临复杂性、不确定性和研发成本上升等困难,企业倾向于从外部获取互补性技术和知识,以加强内部研发活动<sup>[21-22]</sup>。以往研究表明,与其他外部合作伙伴相比,供应商或客户的知识和技术溢出效应是企业创新和竞争优势的重要来源<sup>[21,23]</sup>。技术溢出是企业间研发合作的重要决定因素,当焦点企业(共性技术开发企业)的共性技术向其供应链伙伴(共性技术接收企业)溢出时,供应链伙伴便获得了具有持续改进潜能、可用于跨多个行业和技术领域应用的互补性技术资源。在供应链视角下,来自焦点企业的共性技术如何塑造供应链伙伴的技术创新行为和互补性的创新生态需要进一步探索。

### 1.2 企业共性技术创新和供应链技术互补性

来自供应商和客户的技术溢出、产品和技术服务需求促进了供应链成员之间的技术流动和扩散。共性技术作为一类具备强外部性和创新互补性的技术,其在供应链中的流动进一步扩大了与现有技术进行重组和创造新技术的潜在空间<sup>[4,5,24]</sup>。在供应链环境下,如果焦点企业开发了共性技术,由于供应商和客户之间存在直接的业务联系和产品互动,这些技术不可避免地扩散至与其具有直接业务联系和产品互动的供应商和客户。来自焦点企业的共性技术扩散可能对供应商和客户产生以下影响<sup>[7]</sup>:改变其现有技术价值创造机会、改变其现有技术的性质以及开发新技术。因此,供应商和客户可以利用焦点企业的共性技术对现有技术进行重组和创造,开发互补性技术。随着焦点企业共性技术创新绩效的提高,更多的共性技术将扩散至供应商和客户,他们将获得更多基于焦点企业共性技术进行技术重组和创造并开发互补性技术的机会,进而提高了焦点企业与其供应链伙伴之间的技术互补性。

然而,获得可用于互补性创新的共性技术资源并不意味着供应链伙伴一定会开发互补性技术。随着焦点企业共性技术创新绩效的持续提高,供应链伙伴也面临技术吸收、整合困难以及互补性创新机会降低的问题。一方面,共性技术数量的增长表明焦点企业更加聚焦于共性技术的开发,专业化程度的提高使得供应链伙伴在吸收、整合来自焦点企业的共性技术时面临更大的挑战和困难<sup>[25]</sup>,这在—

一定程度上削弱了其开发互补性技术的动机。另一方面,普遍性、技术改进的内在潜能和创新互补性表明共性技术具有极好的可扩展性,不仅可以与其他技术领域相结合进行广泛的跨行业应用<sup>[4,17]</sup>,其自身涵盖的技术范围和领域也非常广泛。随着更多数量和种类的共性技术从焦点企业溢出,供应链伙伴利用这些共性技术进行互补技术开发的空间和边际效用均比以往有所下降,这导致供应链伙伴围绕焦点企业的共性技术进行互补性创新的机会和意愿也相应降低。因此,当焦点企业的共性技术创新绩效超过一定程度后,进一步的增加可能会提高其共性技术专业程度并降低创新产出的边际效率,进而导致供应链伙伴围绕焦点企业共性技术研发互补性技术的动机和意愿降低。

上述分析表明,随着焦点企业共性技术创新绩效的增加,“焦点企业-供应链伙伴”技术互补性呈先增后减的趋势。因此,提出如下假设。

H1:焦点企业的共性技术创新绩效对“焦点企业-供应链伙伴”技术互补性具有先正向促进后负向抑制的倒“U”型影响。

### 1.3 供应链合作伙伴共性技术创新能力的调节作用

从创新生态系统视角看,供应链参与者的行为和决策会相互作用,相互影响。假设 H1 阐述了焦点企业共性技术创新对其与供应链伙伴之间技术动态的影响,忽略了合作伙伴自身创新能力和技术能力的作用。然而,企业的技术研发和吸收能力对于企业利用外部知识至关重要<sup>[26-27]</sup>,内部技术吸收能力有利于企业吸收、整合外界知识,尤其当被吸收的知识是共性技术时。因此,供应链伙伴自身的共性技术创新能力可以加速其对焦点企业共性技术的吸收和利用,进而促进互补性创新。

首先,当焦点企业拥有较低的共性技术创新水平时,共性技术创新能力更强的供应链伙伴拥有更强的技术吸收能力。供应链合作伙伴较强的技术吸收能力能够从以下几个方面促进其与焦点企业之间的技术互补性:①吸收能力有利于供应链合作伙伴准确识别、高效获取焦点企业的互补性资源,并帮助企业更好地理解 and 消化他们的共性技术,进而强化创新能力<sup>[28-29]</sup>;②吸收能力使得供应链合作伙伴获取、消化、转化和利用焦点企业共性技术的难度和成本降低,促进了技术在供应链合作伙伴与焦点企业之间的流动和转移,提高了彼此间的技术互补性<sup>[30-31]</sup>;③吸收能力有助于供应链合作伙伴识

别新知识元素,减少现有知识元素与新知识元素间的非相关性,加速新旧知识元素间的同化与整合,提供更多与来自焦点企业共性技术进行知识组合的机会,进而更容易促进互补性创新的产生<sup>[32]</sup>。这与 Escribano 等<sup>[33]</sup>和赵炎等<sup>[34]</sup>的研究相一致,吸收能力强的企业会增强外部知识流动对创新成果的影响。因此,供应链伙伴共性技术创新能力的提高有助于其吸收来自焦点企业的共性技术,进而增强了焦点企业共性技术对“焦点企业-供应链伙伴”技术互补性的正向促进作用。

其次,当焦点企业共性技术创新水平超过一定规模时,供应链伙伴共性技术创新能力的提高可能会增强焦点企业共性技术创新对“焦点企业-供应链伙伴”技术互补性的负向影响。一方面,供应链伙伴丰富的共性技术基础和研发经验会增加与焦点企业共性技术重叠的可能性,降低了他们之间技术互补的可能性。另一方面,共性技术创新能力的增强表明供应链伙伴非常重视共性技术开发,他们更有可能是一个专业的共性技术开发者(小型的专业化公司)<sup>[35]</sup>,其本身就不太关注共性技术的互补性技术研发和跨行业应用。上述两方面带来的消极影响要强于吸收共性技术带来的积极影响,这进一步强化了焦点企业共性技术创新与“焦点企业-供应链伙伴”技术互补性之间的负向关系。因此,假设供应链伙伴的共性技术创新能力对假设 H1 中的倒“U”型关系产生正向调节作用,提出如下假设。

H2:供应链伙伴的共性技术创新能力正向调节了焦点企业共性技术创新绩效与“焦点企业-供应链伙伴”技术互补性之间的倒“U”型关系。

## 2 研究设计

### 2.1 样本选取和数据来源

图 1 展示了本文的研究框架和假设。为验证上述假设,选择生物制药行业作为研究样本。首先,作为技术密集型产业,生物制药行业拥有诸如 DNA(脱氧核糖核酸)技术、蛋白质工程等共性技术。共性技术的扩散促进了生物制药企业的互补技术研发,小型上游生物制药企业开发的共性技术更有可能溢出或扩散到下游客户,并在其创新研发中发挥

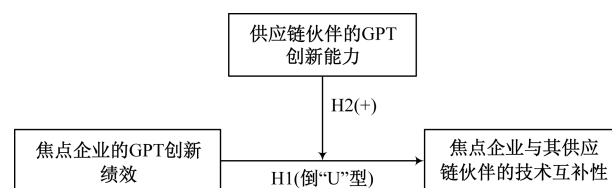


图 1 研究框架

重要作用<sup>[35]</sup>。因此,生物制药行业为探索共性技术的溢出及其影响提供了实践基础。其次,生物制药行业通常也被用来研究企业的技术变革和网络动态<sup>[36-38]</sup>。通过整合外部供应商和客户的互补技术,生物制药企业可以完善并改进其内部研发工作<sup>[22,35]</sup>。因此,选择生物制药行业来探究企业共性技术创新如何影响供应链互补性。

实证数据主要来源于 Compustat、Orbis 和 incoPat 数据库。①通过匹配 Compustat Segment 数据库中的 SIC 代码<sup>[39]</sup>,提取了 2 109 家生物制药公司及其“供应商-客户”二元关系组。为覆盖全球主要的生物制药公司,将 2020 年全球前 1 000 制药企业报告中排名前 200 位的生物制药企业纳入样本范围。②剔除没有供应链关系的生物制药企业,保留了至少有一组供应商或客户关系对的 696 家重点企业。然后,对 696 家重点企业一级供应链伙伴进行匹配,获得 3 255 家一级供应商和客户企业。③为尽可能保证面板数据的平衡性,保留了 2010—2022 年出现次数大于 9 年的 179 家生物制药重点企业。④使用 Orbis 和 Compustat 数据库来补充重点企业的基本信息和财务数据。根据数据的可用性,在实证分析中保留了 2010—2019 年 145 个重点企业、1 049 个一级供应商和客户以及 1 405 个“企业-年份”的样本观测值。

## 2.2 变量设定与测定

(1)被解释变量:“重点企业-供应链伙伴”技术互补性(focal firm-supply chain partners' technological complementarity;FF-SNP's TC),表示相同子类但不同类别的专利重叠程度。根据黄苹和蔡火娣<sup>[40]</sup>、姚文语和张琰飞<sup>[41]</sup>的计算方法,采用式(1)中的 3 年时间窗口( $t, t+1$  和  $t+2$ )计算“重点企业-供应链伙伴”技术互补性。

$$\text{FF-SNP's TC} = \frac{\text{FF 与 SCP 小类下发明专利数}}{\text{FF 与 SCP 专利总数}} - \frac{\text{FF 与 SCP 小类下发明专利数}}{\text{FF 与 SCP 专利总数}} \times \frac{\text{FF 小类下发明专利数}}{\text{FF 专利总数}} \quad (1)$$

(2)解释变量:焦点企业的共性技术创新绩效(focal firm's GPT innovation;FF's GPT INNO),采用企业当年( $t$ )的共性技术专利数量来表示<sup>①</sup>。以往研究表明,采用授权专利申请数可能会导致潜

在的右截尾偏差,因此,采用已公布的专利数量来测量创新绩效<sup>[42-43]</sup>。本研究的专利数据来自 incoPat 数据库,该数据库汇总了全球 158 个国家/组织/地区的 1.6 亿多项专利。该数据库不仅包含知识产权法律状态、诉讼信息等增值数据,还提供专业化智能检索、大型数据库分析、批量下载、动态监测、在线学习等功能。

参考已有采用生物制药领域专利数据库的研究,利用关键词和生物制药技术的国际专利分类(IPC)代码制定了一种专利检索算法。检索过程于 2022 年 10 月完成,共检索到 1 080 290 项专利,包含 8 411 774 个 4 位数 IPC 代码。根据 Cen 等<sup>[19]</sup>的研究,采用 TCR(技术共同分辨率)方法来识别共性技术,该方法包括两个主要步骤,首先使用式(2)识别高频 IPC 代码。

$$T = \frac{-1 + \sqrt{1 + 8I_1}}{2} \quad (2)$$

式中: $T$ 为区分高频和低频技术的分界值; $I_1$ 为专利总数。在这里  $I_1$  等于 8 411 774,  $T=4 101$ 。频率超过 4 101 的 4 位数 IPC 代码被视为高频 IPC。因此,确定了 105 个高频 IPC 代码。其次,选择高频词构建共现矩阵,并按照式(3)计算 TCR。

$$\text{TCR} = \frac{\text{共同分类专利数量}}{\text{除自身以外所有高频技术领域的数量}} \quad (3)$$

TCR 越高,说明某一技术领域对特定行业其他技术领域的渗透越广,技术的通用性也就越强。在本文中,TCR 超过 0.7 的 IPC 代码被归类为共性技术代码。根据这一标准,确定了 30 个代表生物制药行业共性技术的 4 位数 IPC 代码。通过检索全部 1 080 290 项专利,对 145 家重点企业及其 1 049 家一级供应商和客户的共性技术专利进行了匹配。相应地,采用前滞 3 年( $t-3, t-2$  和  $t-1$ )的公开专利来测量焦点企业的共性技术创新绩效。

(3)调节变量:供应链作伙伴的共性技术创新能力(supply chain partners' GPT innovation capability;SCP's GPT INNO CAP),反映了焦点企业的供应商和客户共性技术研发能力的大小。考虑到共性技术专利既包括共性 IPC,也包括非共性 IPC,其中,共性 IPC 在专利中的占比在一定程度上衡量了企业开发共性技术的能力。因此,采用供应

①早期基于模糊层次分析法、德尔菲法、主成分分析法、专利地图分析法、技术路线图法等定性识别框架识别共性技术缺乏客观、定量、高效的测度指标,筛选标准和机制不清晰,遴选流程和组织架构不明确。近年来,基于专利数据的关键共性技术定量测度方法得到广泛应用,如通过构建专利共现网络及专利引用网络识别关键共性技术。

链伙伴共性技术专利中的共性 IPC 数量占有所有 IPC 数量的比值测量其共性技术创新能力。

(4)控制变量。为缓解其他因素的影响以及提高回归结果的准确性,主要控制了以下 3 个方面的因素。第 1 类控制变量为焦点企业的基本信息,包括年龄、规模和上市状态。第 2 类控制变量为焦点企业拥有的知识和技术特征,包括知识深度、知识广度、技术多样性和技术一致性。第 3 类因素为财务指标,包括资产负债率和净资产收益率。此外,在回归模型中还控制了不同年份和企业的异质性影响。

根据变量定义和测量,变量的描述性统计结果见表 1。此外,使用 Stata 的“subsetByVIF”命令计算方差膨胀因子来评估协变量之间的共线性<sup>[44]</sup>。结果显示方差膨胀因子为  $3.93 < 10$ ,这说明在本文的实证分析中不存在严重的多重共线性问题。

### 2.3 模型构建

由于研究样本对多个焦点企业进行了多年的观察,因此,采用面板回归模型进行实证分析(Stata 命令“xtreg”)是非常合适的。此外,根据豪斯曼检验结果,选择了固定效应模型。此外,为了缓解同期相关性的潜在影响,在模型中加入了年份固定效应<sup>[45-46]</sup>。回归模型为

$$\begin{aligned} FF - SCP's \text{ TC}_{i,t+1-t+3} = & \alpha + \beta_1 \times \\ FF's \text{ GPT INNO}_{i,t-2-t} + & \beta_2 FF's \text{ GPT INNO}_{i,t-2-t}^2 + \\ \beta_3 SCP's \text{ GPT INNO CAP}_{i,t-2-t} + & \beta_4 \times \\ SCP's \text{ GPT INNO CAP}_{i,t-2-t} \times & FF's \text{ GPT INNO}_{i,t-2-t} + \\ \beta_5 SCP's \text{ GPT INNO CAP}_{i,t-2-t} \times & \\ FF's \text{ GPT INNO}_{i,t-2-t}^2 + & \gamma \text{Control}_{i,t} + \sigma_i + \lambda_i + \epsilon_{i,t} \end{aligned} \quad (4)$$

式中: $i$ 、 $t$  分别为企业和年份;Control 为控制变量; $\sigma_i$  为个体固定效应; $\lambda_i$  为时间固定效应; $\alpha$  为常数项; $\beta_1 \sim \beta_5$  和  $\gamma$  为回归系数; $\epsilon_{i,t}$  为随机干扰项。

表 1 变量描述性统计

变量类型	变量名称	变量简称	样本数	均值	标准差	最小值	最大值
被解释变量	“焦点企业-供应链伙伴”技术互补性	FF-SCP's TC	1 405	0.034	0.080	0.000	0.750
解释变量	焦点企业共性技术创新绩效	FF's GPT INNO	1 405	0.902	1.179	0.000	4.796
调节变量	供应链伙伴共性技术创新能力	SCP's GPT INNO CAP	1 405	0.259	0.240	0.000	1.000
控制变量	焦点企业知识深度	知识深度	1 405	0.006	0.035	0.000	0.667
	焦点企业知识广度	知识广度	1 405	0.051	0.212	0.000	1.000
	焦点企业技术一致性	技术一致性	1 405	0.589	1.532	-1.844	16.231
	焦点企业技术多样性	技术多样性	1 405	4.399	7.203	0.000	49.628
	焦点企业年龄	企业年龄	1 405	30.641	31.720	0.000	179.000
	焦点企业规模	企业规模	1 405	13.284	2.823	1.798	19.089
	焦点企业资产负债率	资产负债率	1 405	0.545	0.516	0.017	7.456
	焦点企业净资产收益率	净资产收益率	1 405	-39.208	118.594	-996.146	409.415

## 3 实证分析

### 3.1 基准估计结果分析

表 2 列出了实证数据的回归结果。模型 1 仅包含控制变量,结果显示只有焦点企业的知识广度对“焦点企业-供应链伙伴”技术互补性有显著的正向影响。模型 2 显示焦点企业共性技术创新绩效的回归系数为 0.106,焦点企业共性技术创新绩效平方项的回归系数为 -0.027,且均通过了 1% 的统计显著性检验,这表明焦点企业共性技术创新绩效和“焦点企业-供应链伙伴”技术互补性存在显著的倒“U”型关系。假设 H1 得到支持,这表明随着焦点企业共性技术创新绩效的增加,“焦点企业-供应链伙伴”技术互补性呈现出先增加并在达到顶点后下降的趋势。模型 3 进一步纳入了供应链伙伴的共性技术创新能力,上述的倒“U”型关系仍然显著。模型 4 探究了供应链伙伴共性技术创新能力对焦点企业共性技术创新绩效和“焦点企业-供应链伙伴”技术互补性关系的调节作用,供应链伙伴共性技术创新能力和焦点企业共性技术创新绩效的交互项回归系数为 0.161,供应链伙伴共性技术创新能力和焦点企业共性技术创新绩效平方的交互项回归系数为 -0.039,且均通过了 1% 的统计显著性检验。根据图 2 所示,随着供应链伙伴共性技术创新能力的增加,倒“U”型曲线向右上方移动,假设 H2 得到支持。

### 3.2 稳健性检验与内生性处理

上文分析证实检验了焦点企业共性技术创新绩效和“焦点企业-供应链伙伴”技术互补性的倒“U”型关系,以及供应链伙伴共性技术创新能力的正向调节作用。为进一步验证结果的稳健性和内生性等问题,采用倒“U”型关系验证、核心变量更换、回归模型替换、异常值剔除等方法对模型结果进行检验。

表2 面板固定效应模型的回归结果

变量	FF-SCP's TC			
	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4
FF's GPT INNO		0.106*** (-6.26)	0.105*** (-6.22)	0.060*** (-3.18)
FF's GPT INNO <sup>2</sup>		-0.027*** (-5.93)	-0.027*** (-5.89)	-0.015** (-2.55)
SCP's GPT INNO CAP			0.060*** (-3.42)	-0.008 (-0.43)
SCP's GPT INNO CAP×FF's GPT INNO				0.161*** (-3.30)
SCP's GPT INNO CAP×FF's GPT INNO <sup>2</sup>				-0.039** (-2.54)
知识深度	0.032 (-0.39)	-0.064 (-0.77)	-0.084 (-1.06)	-0.12 (-1.50)
知识深度	0.042** (-2.53)	0.01 (-0.58)	0.01 (-0.60)	0.012 (-0.72)
技术一致性	-0.001 (-0.24)	0.003 (-0.62)	0.002 (-0.63)	0.002 (-0.46)
技术多样性	0.001 (-1.07)	-0.002** (-2.26)	-0.002** (-2.37)	-0.002** (-2.50)
企业年龄	0.002 (-1.45)	0.001 (-1.09)	0.001 (-0.95)	0.001 (-0.69)
企业规模	-0.001 (-0.31)	-0.003 (-0.68)	-0.003 (-0.79)	-0.003 (-0.68)
资产负债率	-0.001 (-0.28)	-0.002 (-0.46)	-0.001 (-0.37)	-0.003 (-0.76)
净资产收益率	$-3.70 \times 10^{-4}$ (-1.58)	$-2.93 \times 10^{-4}$ (-1.40)	$-2.92 \times 10^{-4}$ (-1.56)	$-2.89 \times 10^{-4}$ (-1.40)
是否上市	Yes	Yes	Yes	Yes
年份	Yes	Yes	Yes	Yes
企业	Yes	Yes	Yes	Yes
常数项	-0.008 (-0.14)	0.004 (-0.09)	0.001 (-0.02)	0.021 (-0.45)
样本数	1 405	1 405	1 405	1 405
R <sup>2</sup>	0.024	0.130	0.150	0.190
F	1.969	3.575	3.580	3.887

注：\*\*、\*\*\*分别表示  $P < 0.05$ 、 $P < 0.01$ ；括号内为  $t$  值。

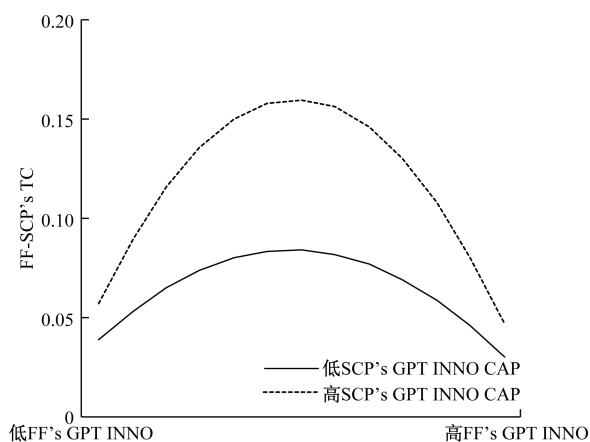


图2 供应链伙伴共性技术创新能力与焦点企业共性技术创新绩效的交互效应

(1)倒“U”型关系检验。尽管表2验证了焦点企业共性技术创新绩效对“焦点企业-供应链伙伴”技术互补性有显著的倒“U”型影响,但Lind和Mehlum<sup>[47]</sup>认为倒“U”型关系仍需进一步检验。采用Stata命令“utest”<sup>[48-50]</sup>进行检验,结果显示转折点为2.03,而焦点企业共性技术创新绩效的取值范围为 $[0, 4.80]$ ,可以看出转折点处于该区间内,焦点企业共性技术创新绩效的斜率下限为0.08( $P < 0.01$ ),上限为-0.12( $P < 0.01$ )。这意味着倒“U”型关系得到了有力支持。

(2)核心变量替换。对被解释变量取对数后进行回归,结果见表3的模型5和模型6,变量焦点企业共性技术创新绩效、焦点企业共性技术创

新绩效平方项的回归系数分别为 0.095 和 -0.024,且均通过了 1%的统计显著性检验;变量供应链伙伴共性技术创新能力与焦点企业创新绩效、焦点企业共性技术创新绩效平方项的交互项分别为 0.141 和 -0.034,分别通过了 1%和 5%的统计显著性检验,说明表 2 中的结果不易受到被解释变量形式的影响。

(3)回归模型替换。除固定效应模型外,采用随机效应模型来检验回归结果的稳健性。表 3 中模型 7 和模型 8 显示,变量焦点企业共性技术创新绩效、焦点企业共性技术创新绩效平方项的回归系数分别为 0.097 和 -0.021,且均通过了 1%的统计显著性检验;变量供应链伙伴共性技术创新能力与焦点企业创新绩效、焦点企业共性技术创新绩效平方

项的交互项分别为 0.148 和 -0.034,分别通过了 1%和 5%的统计显著性检验,这表明表 2 中的结果在随机效应下仍然具有较好的稳健性。

(4)数据缩尾。为排除异常值对回归结果的影响,对被解释变量和解释变量进行了 1%和 99%的缩尾处理,回归结果见表 3 中的模型 9 和模型 10,变量焦点企业共性技术创新绩效、焦点企业共性技术创新绩效平方项的回归系数分别为 0.101 和 -0.025,且均通过了 1%的统计显著性检验;变量供应链伙伴共性技术创新能力与焦点企业创新绩效、焦点企业共性技术创新绩效平方项的交互项分别为 0.159 和 -0.038,均通过了 1%的统计显著性检验,表明回归结果不易受到异常值的影响,具有较好的稳健性。

表 3 稳健性检验的回归结果

变量	ln(FF-SCP's TC)		FF-SCP's TC(随机效应模型)		FF-SCP's TC (reghdfe)	
	模型 5	模型 6	模型 7	模型 8	模型 9	模型 10
FF's GPT INNO	0.095*** (-6.51)	0.055*** (-3.36)	0.097*** (-7.08)	0.055*** (-3.46)	0.101*** (6.41)	0.059*** (3.59)
FF's GPT INNO <sup>2</sup>	-0.024*** (-6.09)	-0.014*** (-2.69)	-0.021*** (-6.09)	-0.011** (-2.25)	-0.025*** (-5.85)	-0.015*** (-3.04)
SCP's GPT INNO CAP		-0.007 (-0.48)		0.006 (-0.57)		-0.008 (-0.52)
SCP's GPT INNO CAP×FF's GPT INNO		0.141*** (-3.38)		0.148*** (-3.40)		0.159*** (3.64)
SCP's GPT INNO CAP×FF's GPT INNO <sup>2</sup>		-0.034** (-2.58)		-0.034** (-2.36)		-0.038*** (-2.77)
知识深度	-0.053 (-0.72)	-0.102 (-1.47)	-0.046 (-0.56)	-0.106 (-1.39)	-0.041 (-0.49)	-0.099 (-1.26)
知识深度	0.007 (-0.49)	0.009 (-0.65)	0.013 (-0.77)	0.016 (-0.93)	0.004 (0.29)	0.005 (0.41)
技术一致性	0.002 (-0.56)	0.001 (-0.42)	-0.001 (-0.23)	-0.001 (-0.32)	0.001 (0.36)	0.001 (0.38)
技术多样性	-0.002** (-2.29)	-0.002** (-2.53)	-0.002*** (-2.73)	-0.003*** (-3.02)	-0.002** (-2.28)	-0.002** (-2.52)
企业年龄	0.001 (-1.04)	0.001 (-0.63)	-2.17×10 <sup>-3</sup> (-1.24)	-2.25×10 <sup>-3</sup> (-1.49)	0.001 (1.11)	0.001 (0.65)
企业规模	-0.002 (-0.72)	-0.002 (-0.72)	-0.001 (-0.58)	-0.001 (-0.51)	-0.003 (-0.81)	-0.003 (-0.78)
资产负债率	-0.002 (-0.47)	-0.003 (-0.77)	-0.002 (-0.62)	-0.003 (-0.90)	-0.002 (-0.59)	-0.003 (-0.86)
净资产收益率	-2.64×10 <sup>-4</sup> (-1.44)	-2.52×10 <sup>-4</sup> (-1.44)	-3.82×10 <sup>-4</sup> ** (-2.16)	-3.68×10 <sup>-4</sup> ** (-2.19)	-0.001 (-1.37)	-0.001 (-1.35)
是否上市	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
年份	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
企业	Yes	Yes			Yes	Yes
常数项	0.006 (-0.15)	0.021 (-0.52)	0.01 (-0.46)	0.011 (-0.52)	0.011 (0.23)	0.052 (0.67)
样本数	1 405	1 405	1 405	1 405	1 405	1 405
R <sup>2</sup>	0.139	0.196			0.150	0.257

注:\*\*、\*\*\*分别表示  $P < 0.05$ 、 $P < 0.01$ ;括号内为  $t$  值。

## 4 结论与政策启示

尽管共性技术的理论研究和产业创新实践受到越来越多的关注,但很少有研究从供应链的角度探讨共性技术创新对供应链互补性的影响,尤其是企业共性技术创新如何影响“焦点企业-供应链伙伴”技术互补性的作用机制知之甚少。为弥补这一空白,本文探究了焦点企业的共性技术创新对“焦点企业-供应链伙伴”技术互补性的影响机制及其边界条件。本文的主要研究结论如下。

(1)焦点企业的共性技术创新绩效对“焦点企业-供应链伙伴”技术互补性具有倒“U”型影响。在倒“U”型曲线的上升阶段,随着焦点企业共性技术规模的增加,供应链伙伴会获得更多来自焦点企业的共性技术。通过将主要注意力分配给所获得的共性技术并吸收整合,供应链伙伴可以在这些共性技术的基础上进行二次开发,研发互补性技术,进而提高了“焦点企业-供应链伙伴”技术互补性。在倒“U”型曲线的下降阶段,随着更多的共性技术从焦点企业溢出到供应链伙伴,一旦超过一定程度,这不仅会增加供应链伙伴所获共性技术的异质性,而且还会分散他们的注意力并导致吸收能力不足。因此,这些不利因素会阻碍供应链伙伴开发互补性技术,从而降低了“焦点企业-供应链伙伴”技术互补性。

(2)实证结果表明供应链伙伴的共性技术创新能力对上述倒“U”型关系具有正向调节作用。该影响主要源于以下两方面:①当焦点企业拥有较低的共性技术创新水平时,拥有更强共性技术创新能力的供应链伙伴能够更有效地吸收来自焦点企业的共性技术,并拥有更多的机会与焦点企业的共性技术进行重组和互补性创新;②当焦点企业共性技术创新水平超过一定规模时,供应链伙伴共性技术创新能力的提高增加了他们是专业的共性技术开发者以及他们与焦点企业共性技术重叠的可能性,进一步降低了“焦点企业-供应链伙伴”技术互补性。

基于上述结论,可得出以下政策启示。

(1)企业在现实中并非孤军奋战,其研发和创新活动往往嵌入在与其具有直接业务联系和技术交互的供应链中。从供应链视角看,知识和技术会在供应链中溢出和扩散。反过来,企业的创新决策也会受到供应链中其他企业研发活动的影响,尤其是具有强技术互补性和高技术可扩展性的共性技术,管理者应该从供应链系统整体的角度来看待企业间的知识互动和技术演进。通过供应链伙伴间

的技术扩散和互补性创新来推动共性技术的研发与应用。

(2)焦点企业的共性技术创新绩效与“焦点企业-供应链伙伴”技术互补性之间的倒“U”型关系表明,共性技术在创新生态系统中的创新互补效应具有一定的边界。也就是说,当企业向供应链溢出过多的共性技术时,共性技术数量以及技术距离的增加会导致接收企业(供应商和客户)注意力下降,缺乏足够的吸收能力消化和整合这些共性技术。因此,鉴于注意力分配和吸收能力的局限性,企业管理者应评估、筛选出对其创新战略最有价值的供应链伙伴及其共性技术,并在此基础上实施互补性技术研发和创新活动。

(3)供应链伙伴的共性技术创新能力会增强焦点企业的共性技术创新绩效对“焦点企业-供应链伙伴”技术互补性的正向影响。管理者须充分认识到“打铁还需自身硬”的道理,既要充分利用供应链伙伴的共性技术实施互补创新,自身也要积累共性技术的研发和应用的相关经验。也就是说,当企业从供应链中获得共性技术时,自身应具备吸收、整合这些技术的能力,进而通过挖掘共性技术的价值实现自身的技术演化和突破。

## 参考文献

- [1] 岑杰,李章燕,李静. 企业专利合作网络与共性技术溢出[J]. 科学学研究, 2021, 39(5): 882-891.
- [2] 范佳颖,马艳艳. 企业主导产学研合作与关键共性技术创新:结构性权力的调节效应[J]. 中国科技论坛, 2024(2): 61-70, 93.
- [3] 彭绪庶. 新质生产力的形成逻辑、发展路径与关键着力点[J]. 经济纵横, 2024(3): 23-30.
- [4] BRESNAHAN T F, TRAJTENBERG M. General purpose technologies ‘engines of growth’? [J]. Journal of Econometrics, 1995, 65(1): 83-108.
- [5] PETROLIA S. Mapping general purpose technologies with patent data[J]. Research Policy, 2020, 49(7): 104013.
- [6] 王宇露,黄平,单蒙蒙. 共性技术创新平台的双层运作体系对分布式创新的影响机理:基于创新网络的视角[J]. 研究与发展管理, 2016, 28(3): 97-106.
- [7] LIPSEY R G, CARLAW K I, BEKAR C T. Economic transformations: general purpose technologies and long-term economic growth[M]. Oxford: Oup Oxford, 2005.
- [8] MARTINELLI A, MINA A, MOGGI M. The enabling technologies of industry 4.0: examining the seeds of the fourth industrial revolution[J]. Industrial and Corporate Change, 2021, 30(1): 161-188.
- [9] TEECE D J. Profiting from innovation in the digital

- economy: enabling technologies, standards, and licensing models in the wireless world[J]. *Research Policy*, 2018, 47(8): 1367-1387.
- [10] 杨敏. 共性技术扩散对供应链价值共创的影响: 考虑吸收能力与政府补贴的调节作用[J]. *技术经济与管理研究*, 2020(12): 17-21.
- [11] 郑月龙, 杨柏, 王琳. 产业共性技术研发行为演化及多重失灵研究[J]. *科研管理*, 2019, 40(5): 164-174.
- [12] SOLAIMANI S, VAN DER VEEN J. Open supply chain innovation: an extended view on supply chain collaboration[J]. *Supply Chain Management: An International Journal*, 2022, 27(5): 597-610.
- [13] HOLGERSSON M, BALDWIN C Y, CHESBROUGH H, et al. The forces of ecosystem evolution[J]. *California Management Review*, 2022, 64(3): 5-23.
- [14] 郑月龙, 刘思漫, 白春光. 考虑多主体参与的产业共性技术研发模式比较研究[J]. *中国管理科学*, 2021, 29(8): 44-56.
- [15] 王欣然, 陶锋. 下游企业数字化可以牵引上游企业绿色创新吗? 基于供应链溢出的视角[J]. *南方经济*, 2024(5): 132-149.
- [16] 董明, 毛彦杰, 李珊. 考虑技术溢出效应的制造商投资升级供应商技术研究[J]. *管理评论*, 2023, 35(9): 75-88.
- [17] GOLDFARB A, TASKA B, TEODORIDIS F. Could machine learning be a general purpose technology? a comparison of emerging technologies using data from online job postings [J]. *Research Policy*, 2023, 52(1): 104653.
- [18] BRESNAHAN T. General purpose technologies [J]. *Handbook of the Economics of Innovation*, 2010, 2: 761-791.
- [19] CEN J, FU F, YANG Y, et al. Distant or local? the roles of knowledge search on general purpose technology innovation in emerging industries[J]. *Journal of Innovation & Knowledge*, 2023, 8(2): 100331.
- [20] 马永红, 栾昊巍, 王琪, 等. 合作网络特征、企业知识多元化与共性技术溢出[J]. *科技进步与对策*, 2023, 40(18): 61-71.
- [21] 孙磊华, 何海燕, 郑华峰. 供应链的创新溢出效应研究: 来自 A 股市场的经验证据[J]. *科技和产业*, 2021, 21(10): 1-7.
- [22] VARSHNEY M, JAIN A. Technology acquisition following inventor exit in the biopharmaceutical industry [J]. *Technovation*, 2023, 126: 102822.
- [23] PALIT S, HORA M, GHOSH S. Global buyer-supplier networks and innovation: the role of technological distance and technological breadth[J]. *Journal of Operations Management*, 2022, 68(6/7): 755-774.
- [24] 施锦诚, 朱凌, 梅景瑶. 关键共性技术攻关产学研联盟实现突破性创新的机制研究[J]. *科研管理*, 2023, 44(12): 104-114.
- [25] 胡潇婷, 吕文晶, 李纪珍. 知识距离与中国海外并购企业的创新绩效: 通途或天堑? [J]. *科学学与科学技术管理*, 2024, 45(2): 132-151.
- [26] COHEN W M, LEVINTHAL D A. Innovation and learning: the two faces of R&D[J]. *The Economic Journal*, 1989, 99: 569-596.
- [27] 赵富森, 张云. 知识资本、吸收能力与产业创新绩效的影响研究: 来自高技术产业分行业数据的实证检验[J]. *科技和产业*, 2017, 17(4): 63-67, 72.
- [28] DONG C, LIU X, TANG F, et al. How upstream innovativeness of ecosystems affects firms' innovation: the contingent role of absorptive capacity and upstream dependence[J]. *Technovation*, 2023, 124: 102735.
- [29] 高厚宾, 王蕾瑞. 跨国并购中资源互补性对创新绩效的影响: 文化距离与吸收能力的调节作用[J]. *国际商务(对外经济贸易大学学报)*, 2019(6): 123-134.
- [30] ZAHRA S A, GEORGE G. Absorptive capacity: a review, reconceptualization, and extension [J]. *Academy of Management Review*, 2002, 27(2): 185-203.
- [31] 苏中锋, 王海绒, 张文红. 整合独立研发与合作研发: 吸收能力的影响[J]. *科研管理*, 2016, 37(11): 11-17.
- [32] 林润辉, 王伦. 基于探索式创新的知识整合能力对突破式创新的影响: 企业吸收能力与创新开放度的调节作用[J]. *科技管理研究*, 2023, 43(1): 19-27.
- [33] ESCRIBANO A, FOSFURI A, TRIBÓ J A. Managing external knowledge flows: the moderating role of absorptive capacity[J]. *Research Policy*, 2009, 38(1): 96-105.
- [34] 赵炎, 齐念念, 阎瑞雪, 等. 结构嵌入、吸收能力与企业持续性创新: 来自高新技术企业联盟创新网络的证据[J]. *管理工程学报*, 2023, 37(4): 85-98.
- [35] GAMBARDELLA A, MCGAHAN A M. Business-model innovation: general purpose technologies and their implications for industry structure [J]. *Long Range Planning*, 2010, 43(2/3): 262-271.
- [36] AZADEGAN A, DOOLEY K. A typology of supply network resilience strategies: complex collaborations in a complex world [J]. *Journal of Supply Chain Management*, 2021, 57(1): 17-26.
- [37] 贺正楚, 张蜜, 陈一鸣, 等. 生物医药产业共性技术路线图研究[J]. *中国软科学*, 2012(7): 49-60.
- [38] 马永红, 杨晓萌, 孔令凯. 关键共性技术合作网络演化机制研究: 以医药产业为例[J]. *科技进步与对策*, 2021, 38(8): 60-69.
- [39] YAN Y, LI J, ZHANG J. Protecting intellectual property in foreign subsidiaries: an internal network defense perspective[J]. *Journal of International Business Studies*, 2022, 53(9): 1924-1944.
- [40] 黄莘, 蔡火娣. 跨国并购对企业技术创新质变的影响研究: 基于技术互补性调节分析[J]. *科研管理*, 2020, 41(6): 80-89.
- [41] 姚文语, 张琰飞. 技术相关性、并购交易规模与企业创

- 新绩效[J]. 科技和产业, 2024, 24(13): 77-84.
- [42] WANG Y, ZHANG J, YAN Y, et al. The bidirectional causality of tie stability and innovation performance[J]. *Research Policy*, 2024, 53(10): 105102.
- [43] 苏屹, 郭稳. 技术互补性对跨国并购企业创新绩效的影响研究: 知识基础的调节作用[J]. *科研管理*, 2025, 46(1): 145-154.
- [44] PLUMMER W, DUPONT W D. SUBSETBYVIF: Stata module to select a subset of covariates constrained by VIF[EB/OL]. (2019-04-28) [2024-12-30]. <https://econpapers.repec.org/software/bocbocode/s458635.htm>.
- [45] SCORESBY R B, WITHERS M C, IRELAND R D. The effect of CEO regulatory focus on changes to investments in R&D[J]. *Journal of Product Innovation Management*, 2021, 38(4): 401-420.
- [46] 陆菁, 鄢云, 王韬璇. 绿色信贷政策的微观效应研究: 基于技术创新与资源再配置的视角[J]. *中国工业经济*, 2021(1): 174-192.
- [47] LIND J T, MEHLUM H. With or without U? the appropriate test for a Ushaped relationship[J]. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 2010, 72(1): 109-118.
- [48] SU T, YU Y, CHEN Y, et al. On or off: the triggering effect of underperformance duration on cooperative innovation[J]. *Technovation*, 2023, 126: 102817.
- [49] 吴伟伟, 张天一. 非研发补贴与研发补贴对新创企业创新产出的非对称影响研究[J]. *管理世界*, 2021, 37(3): 137-160.
- [50] 李健, 龚静, 张秀, 等. 科学合作对“小巨人”企业探索式创新的影响[J]. *科技进步与对策*, 2024, 41(22): 129-139.

## Has General Purposed Technology Innovation Enhanced the Supply Chain Complementarity? Evidence from the Biopharmaceutical Industry

DONG Feng<sup>1</sup>, ZHANG Guiyang<sup>2</sup>, LIU Qingxu<sup>2</sup>, LI Xiaodong<sup>1</sup>

(1. School of Economics and Management, Anhui Polytechnic University, Wuhu 241000, Anhui, China;

2. School of Economics and Management, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China)

**Abstract:** General purpose technologies (GPTs) exhibit strong externalities and innovational complementarities. Their diffusion within supply chains and impact on the technology ecosystem are of significant interest to both industry and academia. Based on the resource dependence theory and absorptive capacity theory, the nonlinear effects of leader firms' GPT innovation on the technological complementarity between leader firm and its supply chain partners was examined. It also explores the boundary conditions of these effects. Analyzing panel data from 1,405 firm-year observations of 145 biopharmaceutical firms from 2010 to 2019, the findings reveal that an inverted U-shaped effect of GPT innovation performance on the technological complementarity between leader firm and its supply chain partners. Within the supply chain, partners' capability in GPT innovation positively moderates this inverted U-shaped relationship.

**Keywords:** general purpose technology; supply chain; technological complementarity; absorptive capacity