

# 中国高技术产业技术多元化对持续创新的影响研究

张 思, 何郁冰, 周子琰

(福州大学 经济与管理学院, 福州 350108)

**摘 要:** 技术多元化是高技术产业持续创新的重要前提和基础, 探讨其中的作用机理具有重要价值。在回顾相关理论的基础上, 提出高技术产业技术多元化对持续创新的影响效应、外部技术获取与改造和技术多元化模式调节效应的基本假设, 并利用中国高技术产业 1998—2020 年的面板数据进行实证检验。研究表明: ①高技术产业技术多元化对持续创新(技术和产品)的促进作用具有门槛效应, 存在“最优区间”; ②外部技术获取与改造正向调节高技术产业技术多元化和持续创新的关系; ③基于技术间知识关联度和核心技术能力两个维度, 可将高技术产业技术多元化划分为高关联-强核心、低关联-强核心、低关联-弱核心和高关联-弱核心四种模式; ④不同模式的技术多元化对高技术产业持续创新的促进效应存在差异性, “高关联-强核心”型技术多元化更有利于技术持续创新提升, “低关联-强核心”型技术多元化则更有利于产品持续创新提升, “低关联-弱核心”型技术多元化对持续创新的促进效应最弱。

**关键词:** 技术多元化; 持续创新; 中国高技术产业; 外部技术获取与改造; 模式

**中图分类号:** F273.1; F276.44 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002—980X(2023)11—0047—15

## 一、引言

作为我国战略性新兴产业的代表和新发展格局构建的核心支柱, 高技术产业是中国创新驱动和高质量发展的核心环节和关键领域。尤其是中国正处于建设世界科技强国、实现高水平科技自立自强的关键阶段, 对推进高技术产业持续创新的愿望是强烈的。改革开放 40 多年来, 我国高技术产业在产业体量、产品质量和产业基础等方面获得了长足发展, 在引领支撑经济高质量发展方面发挥着重要作用。党的二十大报告也肯定了我国在高技术产业创新上取得的重大成果, 强调要“构建新一代信息技术、人工智能、生物技术、新能源、新材料、高端装备、绿色环保等一批新的增长引擎”。然而, 我国高技术产业也面临着国际环境不确定性加剧、生产规模与创新能力不匹配、原创技术动力不足等诸多挑战(王黎莹等, 2022), 迫切需要加强持续创新。研究表明, 高技术产业作为知识密集和科技驱动的产业, 具有高技术性、快变化性和多学科交叉性等特征(Choi and Lee, 2022; 郑涛和杨如雪, 2022), 其持续创新能力很大程度依靠技术基础的多元化发展, 即需要构建具有多元化特征的知识体系和技术能力(曹勇等, 2023; 盛宇华和朱赛林, 2020), 进而推动产业转型和国家科技竞争力的提升。显然, 技术多元化已成为高技术产业实现持续创新的关键路径。

技术多元化是创新管理领域被长期关注的话题, 研究对象涉及企业(夏芸和熊泽胥, 2021; 王丽平和高倩, 2023)、产业(刘金林, 2018; Zabala-Iturriagoitia et al, 2020)、区域(Castellacci et al, 2020)和国家(Catalán et al, 2022)多个层面。当前, 高技术产业(如电子、化学和医药等产业)面临着产品设计、开发和制造复杂化带来的多学科交叉和多技术涉猎的要求, 若要持续推出有竞争力的新产品, 需要构筑多样化的技术知识基础。作为中观层次的概念, 产业技术多元化文献最早源于 Kodama(1986)对日本产业的研究, 他基于研发数据归纳了日本产业的技术多元化模式。Cantwell 等(2004)指出多元化理论开始评价技术多元化对产业经济绩效的贡献。Leiponen 和 Helfat(2010)随后发现技术多元化对产业创新具有正向影响, 这一现象在生物医药、电子信息、互联网和计算机等高技术产业中尤为突出(Rosenzweig, 2017; 赵炎等, 2022; 李小丽和陈蕾, 2022)。

基于欧美国家高技术产业样本的以往研究表明, 技术多元化是产业构建持续创新能力的重要来源。但是, 这些结论是否适用于中国高技术产业发展尚需进一步分析。关于产业技术多元化与持续创新关系的研

收稿日期: 2023-07-10

基金项目: 国家社会科学基金重点项目“基于创新生态系统的颠覆性技术创新形成机理与演化路径研究”(19AGL008)

作者简介: 张思, 福州大学经济与管理学院博士研究生, 研究方向: 技术创新管理; (通讯作者)何郁冰, 博士, 福州大学经济与管理学院教授, 博士研究生导师, 研究方向: 技术创新管理; 周子琰, 硕士, 福州大学经济与管理学院, 研究方向: 创新管理。

究主要包括三个方面:①模式划分。学者们识别了上游、下游、横向与纵向(Kodama, 1986)、探索与开发(Rosenkopf and Nerkar, 2001;王丽平和高倩, 2023)、相关与非相关(Chen and Chang, 2012; Zabala-Iturriagagoitia et al, 2020;曹勇等, 2023)等技术多元化的不同模式,但主要基于企业视角展开研究,缺乏直接从产业层面进行技术多元化的模式划分和实证探讨,更忽视了技术多元化模式在产业持续创新活动中的影响效应。②影响效应。Rosenkopf和Nerkar(2001)基于光盘产业的研究发现,跨组织边界的技术探索更有利于持续创新,企业通过跨界搜索和知识重组能获得持续竞争优势。随后,学者们基于同产业的企业数据实证检验了技术基础(Rosenzweig, 2017;刘岩等, 2020;李小丽和陈蕾, 2022)、技术组合(Kelley and Rice, 2002)和知识积累(Liu et al, 2014;赵炎等, 2022)等因素对(持续)创新的影响效应,存在正向(Rosenzweig, 2017;赵炎等, 2022)、负向(刘金林, 2018;曹勇等, 2023)和非线性(何郁冰和张思, 2021;曾德明等, 2019)等异质性结论。例如, Rosenzweig(2017)、李小丽和陈蕾(2022)、赵炎等(2022)等学者通过生物医药、信息通信和计算机等高技术企业的实证检验,发现技术多元化对新技术和新产品等创新绩效具有显著的促进效应;刘金林(2018)发现技术多元化对不同中国高技术产业的创新绩效具有正向、负向和不相关等多情况共存的复杂影响,且存在区域差异。可见,多元化的技术基础是高技术产业快速实现新技术研发和新产品开发的关键路径,但需注意产业、区域和国别等异质性因素的影响。③动态变化。学者们讨论了技术能力(Choi and Lee, 2021)、协调整合能力(何郁冰等, 2021; Ning and Guo, 2022)和外部环境(Lin and Chang, 2015)等因素在技术基础与(持续)创新的调节效应,但较少有研究考虑外部技术获取与改造在技术多元化与持续创新之间关系的调节效应。外部技术获取与改造作为高技术产业拓展技术领域的非研发方式,对产业的持续创新具有重要影响(侯建和陈恒, 2017;惠树鹏等, 2020)。

纵观现有研究,产业技术多元化与持续创新领域已涌现出一定的研究成果,但仍存在不足之处:一是技术多元化模式划分缺乏从产业视角展开分析;二是产业技术多元化对持续创新的影响机制尚未得到充分研究,尤其缺乏针对高技术产业的实证研究;三是忽视了从非研发方式和模式视角探讨产业技术多元化与持续创新之间关系的动态变化。由此,本文基于产业视角将技术多元化、外部技术获取与改造、持续创新同时纳入研究框架进行探讨,具有一定的理论价值和创新性。在产业创新的技术复杂性和竞争性日益提升的背景下,中国高技术产业迫切需要通过多种类技术领域的搜索、重组和激活来提升创新能力和核心竞争力,持续推进产业结构升级和高质量发展。鉴于此,本文划分产业技术多元化模式,探讨产业技术多元化对持续创新的影响机制及调节效应,运用1998—2020年中国15个高技术产业相关数据展开实证检验。研究结论丰富了产业技术多元化与持续创新的理论研究,为我国高技术产业实现持续创新提供了管理启示。

## 二、理论分析与研究假设

### (一)产业技术多元化对持续创新的影响

产业技术多元化是在保持核心技术能力的前提下,将技术能力范围拓展到更广泛领域的行为(Kodama, 1986),体现了产业在知识积累和能力范围的动态演化。实际上,产业拥有的技术组合远多于产品组合,(Patel and Pavitt, 1997),即“知道得更多”,部分组织会通过涉猎不熟悉或边缘技术领域来识别新兴的技术机会。生物制药、信息通信和计算机等高技术产业(Chen and Chang, 2012;赵炎等, 2022;李小丽和陈蕾, 2022)的相关研究表明,多范围技术基础拓展有利于资源和能力的持续优化,提升新知识技术的利用率和适用性(Choi and Lee, 2022),是产业获取持续竞争优势的关键因素。由此,高技术产业持续创新很大程度上来源于技术资源的持续优化和动态调整,即通过技术知识的范围经济和规模效应实现动态收益递增,维持创新持续性。

多种类技术资源作为维持长期竞争优势的基础,能够有效识别潜在的技术机会,通过“技术交融”创造新知识和技术(Kodama, 1995; Choi and Lee, 2022),破除“核心刚性”和“能力陷阱”(Sydow et al, 2020),促进创新持续性提升。而且,多元化的“技术储备”能够增加外部技术获取和合作的概率,并嵌入外部技术网络中进行技术互补和重组(Rosenkopf and Nerkar, 2001),跨技术领域重组产生的新技术往往具有独特性(Ning and Guo, 2022),更有利于实现突破性创新。同时,丰富的“技术能力储备”也是提升产业组织在激烈的技术和市场竞争中的灵活适应性和生存概率的重要手段(Chen and Chang, 2012)。尤其在技术机会多、产品复杂性高和环境变化快的高技术产业,广泛的技术基础是促进其实现持续创新的重要源泉(Kodama, 1995; Choi and Lee, 2022)。例如,信息通信、生物医药和化学等高技术产业要求与技术基础研究建立紧密联系,其强烈影响

着产业持续创新和发展进程(Dosi et al, 2021)。当然,过度的技术拓展将提高技术搜寻、研发和协调等额外成本(Ganco et al, 2020),增加资源配置和部门冲突的管理复杂性(Cantwell et al, 2004),丧失规模经济优势,弱化对持续创新的促进效应。总体而言,基于范围经济的多领域技术能力能够提升高技术产业的研发强度、技术进步率和机会回报率,降低市场竞争加剧和技术变革加速等对持续创新带来的不利影响,但需控制合理区间,才能最大化其对持续创新的促进效应。此外,本文将持续创新划分为技术和产品两种类型进行探讨。

基于此,本文提出假设1:

高技术产业技术多元化对技术持续创新的促进作用具有门槛效应,存在“最优区间”(H1a);

高技术产业技术多元化对产品持续创新的促进作用具有门槛效应,存在“最优区间”(H1b)。

## (二)外部技术获取与改造对“产业技术多元化-持续创新”的调节作用

在创新复杂性提升和市场竞争加剧的背景下,基于技术创新发展的高技术产业仅依靠内部研发已难以满足创新需求,需要通过技术交易、许可和联盟等外部获取方式补充技术知识储备(Liu et al, 2014),维持产业的持续创新和发展。事实上,许多发展中国家的高技术产业通过技术引进、购买和改造等非研发路径推进产业持续创新和结构升级(惠树鹏等, 2020; 谢子远和黄文军, 2015)。外部技术获取主要包括国外技术引进和国内技术购买两种方式,能够弥补高技术产业创新资源分散(侯建和陈恒, 2017)和技术研发能力的不足,快速更新“能力储备”,降低研发成本和风险,提升高技术产业在新技术研发和新产品竞争中的优势。同时,技术改造能够优化现有生产和技术条件,推动产品和流程创新,并通过强化吸收能力促进新技术研发。由此,外部技术获取与改造成为拓展技术领域,奠定自主创新基础(Li et al, 2019),促进高技术产业持续创新的重要路径。

研究表明,外部技术获取与改造有利于高技术产业创新绩效的提升(谢子远和黄文军, 2015; 侯建和陈恒, 2017),其作为内部技术研发的补充,是影响产业技术拓展和持续创新的重要因素。一方面,外部技术获取能够直接获取高技术产业发展所需的技术资源,通过新旧技术间的互补与重组提升技术、产品和流程等方面的创新能力(陈朝月和许治, 2020),推进新技术和新产品等创新绩效的持续提升。而且,外部技术获取有利于识别新兴的市场机会,促进技术知识的流动(秦志华等, 2014),为持续创新提供技术基础。技术改造则能够优化生产和技术设施,提升高技术产业对外部技术的吸收和转化能力(Sun and Du, 2010),促进生产工艺、产品质量与功能等流程和产品的创新;另一方面,过多的外部技术获取会带来搜寻、协调和监管等额外成本,减少技术边际收益(秦志华等, 2014),同时可能由于技术依赖产生自主研发“替代”(谢子远和黄文军, 2015; Wang et al, 2020),造成技术自给率低和自主创新能力不足。技术改造则延长了技术的生命周期,易因创新“惰性”降低自主创新动力(谢子远和黄文军, 2015),进而抑制持续创新。当前,在经济全球化和技术竞争加剧的背景下,外部技术获取与改造仍是中国高技术产业技术拓展和持续创新的重要路径。

基于此,本文提出假设2和假设3:

外部技术获取正向调节高技术产业技术多元化与技术持续创新之间的关系(H2a);

外部技术获取正向调节高技术产业技术多元化与产品持续创新之间的关系(H2b);

技术改造正向调节产业高技术技术多元化与技术持续创新之间的关系(H3a);

技术改造正向调节产业高技术技术多元化与产品持续创新之间的关系(H3b)。

## (三)技术多元化模式对“产业技术多元化-持续创新”的调节作用

产业间的技术发展阶段和轨道往往存在差异,所涉猎的技术领域“鸿沟”催生了模式的多元化特征,可能是影响产业绩效异质性的重要因素。已有研究主要通过技术关联和拓展方向划分技术多元化模式,例如Kodama(1986)最早基于技术拓展方向将产业技术多元化划分为上游、下游、横向和纵向四种模式。随后,学者们将技术多元化模式划分为相关和非相关、探索和挖掘、宽度和深度三种类型,涵盖光盘、生物制药、化学、电子和机械工程等高技术产业(Rosenkopf and Nerkar, 2001; Chen and Chang, 2012; Rosenzweig, 2017; 张古鹏等, 2012)。可见,技术知识关联是模式划分的重要依据,但对于表征竞争优势的核心技术能力关注较少,其是高效识别、吸收和重组新技术的基础能力,也是技术领域拓展的重要依据。由此,本文基于技术间知识关联和核心技术能力两个维度将高技术产业技术多元化划分为四种模式:高关联-强核心、低关联-强核心、低关联-弱核心和高关联-弱核心。

一方面,技术间知识关联有利于高技术产业技术的系列化和多元化拓展,提升其识别与利用新兴技术机

会的概率(Leten et al, 2016),通过关联技术的互补与重组实现协同创新和范围经济,降低研发成本和风险,有利于新技术和新产品的产生(Hidalgo, 2021)。而且,较高级别的技术关联有利于形成多范围应用的“共性技术”,促进技术机会池扩增和知识溢出(Singh et al, 2021; Triulzi et al, 2020),提升新技术和新产品的适用性和吸引力(Ning and Guo, 2022),进而带动高技术产业创新的持续发展。另一方面,核心技术能力是高技术产业创新的基础能力,保障高技术产业在快速变化的外部环境中及时准确地识别技术机会,完善高技术产业技术研发体系的构建和资源配置(Helfat and Raubitschek, 2000)。较强的核心技术能力能够发挥“向心力”作用把控技术拓展的范围,并通过技术协同效应促进新技术研发、新产品开发和边际利润的提升(Choi and Lee, 2021)。由此,“高关联-强核心”模式能够最大化技术多元化的促进效应,“低关联-弱核心”模式的促进效应最弱。

基于此,本文提出假设4和假设5:

“高关联-强核心”模式对高技术产业技术多元化与技术持续创新关系的正向调节效应最强(H4a);

“高关联-强核心”模式对高技术产业技术多元化与产品持续创新关系的正向调节效应最强(H4b);

“低关联-弱核心”模式对高技术产业技术多元化与技术持续创新关系的正向调节效应最弱(H5a);

“低关联-弱核心”模式对高技术产业技术多元化与产品持续创新关系的正向调节效应最弱(H5b)。

### 三、研究设计与数据说明

#### (一)数据来源与处理

本文以中国高技术产业为研究样本,最终数据集为1998—2020年中国15个高技术产业的面板数据,共包括345个有效观测值。专利数据来自国家知识产权局专利检索系统;研发和绩效数据(研发资金、政府资金、研发人员、外部技术获取与技术改造经费和新产品销售收入)来自《中国高技术产业统计年鉴》。

数据收集和处理过程如下:①确定样本产业。参考《中国高技术产业统计年鉴》的定义,最终确定15个高技术产业<sup>①</sup>。②关键词和IPC(international patent classification)界定。通过对各产业的定义、发展报告和IPC等资料的研读和分析,确定各产业所属的关键词和IPC。③专利数据处理。结合各产业关键词和IPC搜集专利,通过重复项删除和产业筛选等步骤进行处理,形成样本数据集。④对少数缺失数据,依据往年数据通过回归插值法或均值法补全。

#### (二)变量测量

##### 1. 被解释变量

持续创新。包括技术和产品两种类型,分别采用专利和新产品销售收入测度。本文借鉴何郁冰等(2017)的测度方法,采用环比增长率乘以当期的创新规模进行测度,计算公式为

$$PPAT_{it} = \frac{PAT_{it}}{PAT_{it-1}} PAT_{it} \quad (1)$$

$$PSRNP_{it} = \frac{SNP_{it}}{SNP_{it-1}} SNP_{it} \quad (2)$$

其中:PPAT为技术持续创新;PAT<sub>it</sub>和PAT<sub>it-1</sub>分别为产业i在第t年和第t-1年申请的专利数;PSRNP为产品持续创新;SRNP<sub>it</sub>和SRNP<sub>it-1</sub>分别为产业i在第t年和第t-1年的新产品销售收入。

##### 2. 解释变量

技术多元化。借鉴Cantwell等(2004)的做法,基于专利数据结合熵值法测度产业技术多元化,产业专利数据采用关键词和IPC相结合的方法搜集,计算公式为

$$TD_i = \sum_{j=1}^n P_{ij} \ln \frac{1}{P_{ij}} \quad (3)$$

其中:TD为技术多元化;P<sub>ij</sub>为产业i第j个技术领域的专利数在该产业总专利数中的占比;n为产业所涉足的技术领域总数,技术领域以IPC的前四位进行区分。

① 包括:化学药品制造(MCM)、中成药制造(FTCHM)、生物药品制造(MBM)、飞机制造(MA)、航天器制造(MS)、通信设备制造(MCE)、雷达及配套设备制造(MRIF)、广播电视设备制造(MBTE)、电子器件制造(MEA)、电子元件制造(MEC)、视听设备制造(MTSRR)、其他电子设备制造(MOEE)、计算机及办公设备制造(MCOE)、医疗仪器设备及器械制造(MMEA)、仪器仪表制造(MMI)。

### 3. 模式划分维度

技术间知识关联。借鉴贾军和张卓(2012)的测量方法,通过主副分类号的连接关系测度技术间知识关联,计算公式为

$$TR_{jz} = \sqrt{\frac{(u_j a)^2 + (v_z b)^2}{2}}, TR = \sum_{j=1}^{n-1} \sum_{z=j+1}^n TR_{jz} \quad (4)$$

其中: $TR$ 为技术间知识关联; $a(b)$ 为以技术领域 $j(z)$ 为主分类号的产业专利中以技术领域 $z(j)$ 为副分类号的比重; $u_j(v_z)$ 为以技术领域 $j(z)$ 为主分类号,且以技术领域 $z(j)$ 为副分类号的专利在该产业专利总数中的比重。

核心技术能力。借鉴 Patel 和 Pavitt(1997)方法,以核心领域专利数量进行测度,并结合显性技术优势( $RTA$ )进行偏好调整,计算公式为

$$RTA_{ij} = \frac{P_{ij}/P_j}{P_i/P} \quad (5)$$

$$CTC_i = \ln \left[ \max \left( RTA_{ij} P_{ij} \right) \right] \quad (6)$$

其中: $RTA$ 为显性技术优势; $CTC$ 为核心技术能力; $P_{ij}$ 为产业 $i$ 在技术领域 $j$ 的专利数; $P_j$ 为所有产业在技术领域 $j$ 的专利数; $P_i$ 为产业 $i$ 的专利总数; $P$ 为所有产业的专利总数。

### 4. 调节变量

外部技术获取与改造和技术多元化模式。包括:①外部技术获取,包括国外技术引进和国内技术购买。以引进技术经费支出和消化吸收支出之和取自然对数测度国外技术引进( $FTAA$ ),以购买国内技术经费取自然对数测度国内技术购买( $DTP$ )。②技术改造以技术改造经费取自然对数测度( $TG$ )。③技术多元化模式,以高关联-强核心模式为参照组,引入低关联-强核心模式( $M_1$ )、低关联-弱核心模式( $M_2$ )和高关联-弱核心模式( $M_3$ )三个虚拟变量。

### 5. 控制变量

①研发人员投入( $PRD$ ),采用研发人员全时当量取自然对数来衡量。研发人员是新技术和新产品研发的主体,直接影响着高技术产业技术多元化和持续创新活动的实施。②研发资金投入强度( $RDD$ ),采用研发内部支出在主营业务收入的占比来衡量。高技术产业研发资金投入也影响着技术领域拓展动力和创新持续性。③政府支持( $GOV$ ),采用研发内部支出中政府资金的占比来衡量。政府资金能够促进高技术产业创新发展,激励高技术企业积极实施技术研发和持续创新活动。相关变量说明见表1。

表1 相关变量说明

变量类型	变量名称	变量符号	变量测量方法
被解释变量	技术持续创新	$PPAT$	基于专利采用环比增长率测算
	产品持续创新	$PSRNP$	基于新产品销售收入采用环比增长率测算
解释变量	技术多元化	$TD$	基于IPC的“4分位数”,采用熵指数法测算
模式划分维度	技术间知识关联	$TR$	基于专利主副分类号的连接关系测算
	核心技术能力	$CTC$	基于核心专利数量,并结合显性技术优势测算
调节变量	国外技术引进	$FTAA$	$\ln(\text{引进技术经费支出} + \text{消化吸收支出})$
	国内技术购买	$DTP$	$\ln(\text{购买国内技术经费})$
	技术改造	$TG$	$\ln(\text{技术改造经费})$
	技术多元化模式	$M$	以高关联-强核心模式为参照组,引入三个模式虚拟变量
控制变量	研发人员投入	$PRD$	$\ln(\text{研发人员全时当量})$
	研发资金投入强度	$RDD$	研发内部支出/主营业务收入
	政府支持	$GOV$	政府资金/研发内部支出

### (三)模型构建

高技术产业技术多元化对持续创新促进效应可能存在门槛效应,借鉴 Hansen(1999)提出的门槛回归模型思路,以技术多元化为门槛变量,构建高技术产业技术多元化与持续创新的门槛回归模型如下:

$$Y_{it} = C + \gamma_1 TD_{it-1} I(TD_{it-1} \leq \tau) + \gamma_2 TD_{it-1} I(TD_{it-1} > \tau) + \beta X_{it} + \delta_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

其中: $Y$ 为持续创新,包括技术持续创新( $PPAT$ )和产品持续创新( $PSRNP$ ); $TD$ 为技术多元化,也是门槛变量;

$\tau$ 为待估算门槛值; $I(\cdot)$ 为指示函数,当条件满足时取 1,否则取 0; $X$ 为一组控制变量,同时控制了产业固定效应 $\delta_i$ 和年份固定效应 $\delta_t$ ;下标 $i$ 和 $t$ 分别为第 $i$ 类产业和第 $t$ 年; $\varepsilon$ 为随机误差项; $C$ 为截距项; $\gamma_1$ 和 $\gamma_2$ 为技术多元化对持续创新的影响; $\beta$ 为控制变量对持续创新的影响。

外部技术获取与改造作为高技术产业技术多元化战略实施的关键路径,对高技术产业技术多元化促进持续创新具有调节效应,故构建外部技术获取与改造的调节效应模型如式(8)所示。

$$Y_{it} = C + \alpha_1 TD_{it-1} + \alpha_2 Z_{it} + \alpha_3 TD_{it-1} \times Z_{it} + \alpha_4 X_{it} + \delta_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

其中: $Z$ 为调节变量,包括国外技术引进( $FTAA$ )、国内技术购买( $DTP$ )和技术改造( $TG$ ); $\alpha_1$ 为技术多元化对持续创新的影响; $\alpha_2$ 为调节变量对持续创新的影响; $\alpha_3$ 为调节变量对技术多元化与持续创新关系的调节效应; $\alpha_4$ 为控制变量对持续创新的影响。

为进一步验证外部技术获取与改造的调节效应,构建以国外技术引进、国内技术购买和技术改造为门槛变量的门槛回归模型如式(9)所示。

$$Y_{it} = C + \gamma_1 TD_{it-1} I(Z_{it} \leq \tau) + \gamma_2 TD_{it-1} I(Z_{it} > \tau) + \beta X_{it} + \delta_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (9)$$

其中: $Z$ 为门槛变量,包括国外技术引进( $FTAA$ )、国内技术购买( $DTP$ )和技术改造( $TG$ )。

技术多元化模式具有不同的特征与优势,能够通过不同途径促进持续创新的转化,构建技术多元化模式的调节效应模型如式(10)所示。

$$Y_{it} = C + \alpha_1 TD_{it-1} + \sum_{s=1}^3 \beta_s M_s + \sum_{s=1}^3 (\theta_s TD_{it-1} \times M_s) + \alpha_2 X_{it} + \delta_i + \delta_t + \varepsilon_{it} \quad (10)$$

其中: $M$ 为技术多元化模式,包括低关联-强核心( $M_1$ )、低关联-弱核心( $M_2$ )、高关联-弱核心( $M_3$ )三种模式; $s$ 为模式数量; $\alpha_1$ 为技术多元化对持续创新的影响; $\beta$ 为技术多元化模式对持续创新的影响; $\theta$ 为技术多元化模式对技术多元化与持续创新关系的调节效应; $\alpha_2$ 为控制变量对持续创新的影响。

本文采用Stata17软件进行数据分析。考虑到技术多元化可能存在滞后效应,因此在各模型中的技术多元化( $TD$ )均采用滞后一期数据进行分析。此外,门槛回归模型仅列出单一门槛模型,后续将依次对单一门槛、双重门槛和三重门槛进行检验,直到结果不显著为止。

## 四、实证结果与分析

### (一)描述性分析

相关分析结果(表2)表明,除技术持续创新和产品持续创新的相关系数较高外(两者对持续创新具有相似的代表性),各变量间相关系数较小,且采用方差膨胀系数(VIF)检验进行辅助判断,结果表明各变量之间不存在多重共线性。

表2 相关系数矩阵

变量	均值	标准差	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PPAT	7382	12671	1.000											
PSRNP	1693	3259	0.796***	1.000										
TD	1.681	0.505	0.326***	0.279***	1.000									
FTAA	2.899	1.709	0.447***	0.466***	0.414***	1.000								
DTP	1.895	1.500	0.599***	0.637***	0.256***	0.560***	1.000							
TG	4.407	1.417	0.481***	0.426***	0.321***	0.708***	0.744***	1.000						
$M_1$	0.200	0.401	0.228***	0.286***	0.314***	0.129**	0.087	0.032	1.000					
$M_2$	0.533	0.500	-0.166***	-0.179***	-0.260***	-0.314***	-0.347***	-0.372***	-0.535***	1.000				
$M_3$	0.200	0.401	-0.174***	-0.129**	0.083	0.051	0.297***	0.261***	-0.250***	-0.535***	1.000			
PRD	9.388	1.402	0.659***	0.612***	0.361***	0.691***	0.750***	0.835***	0.156***	-0.272***	0.090*	1.000		
RDD	0.024	0.027	-0.040	-0.069	-0.103*	-0.305***	-0.121**	-0.056	-0.026	0.002	0.084	-0.026	1.000	
GOV	0.155	0.243	-0.226***	-0.212***	-0.128**	-0.244***	-0.221***	-0.152***	-0.060	-0.132**	0.253***	-0.219***	0.326***	1.000

注:\*\*\*、\*\*、\*分别表示在1%、5%、10%水平上显著。

为探讨产业技术多元化模式的异质性影响,基于技术间知识关联( $TR$ )和核心技术能力( $CTC$ )两个维度,将15个中国高技术产业的技术多元化划分为四种模式(图1)。

第一,高关联-强核心。电子器件制造业属于该模式,其能够通过共性技术实现技术协同和规模经济,充

分发挥核心技术能力的识别、获取和整合作用，为产业持续创新提供技术支撑。第二，低关联-强核心。通信设备制造业、雷达及配套设备制造业和电子元件制造业属于该模式，其受限于技术独特性导致关联性较低(刘金林,2018)，难以产生技术协同效应，但较强的核心技术能力能够带动相关技术领域的拓展和能力提升。第三，低关联-弱核心。中成药制造业、航天器制造业、广播电视设备制造业、视听设备制造业、其他电子设备制造业、计算机及办公设备制造业、医疗仪器设备制造业和仪器仪表制造业属于该模式，由于技术领域分散而难以实现技术协同，核心技术也受到技术规模和研发基础薄弱的影响而无法形成竞争优势。第四，高关联-弱核心。化学药品制造业、飞机制造业和生物药品制造业属于该模式，其能够利用共性技术实现新旧技术的协同和重组(张古鹏等,2012)，催生新技术和新产品，但核心技术能力相对较弱，无法构筑巩固产业战略地位的核心技术优势。

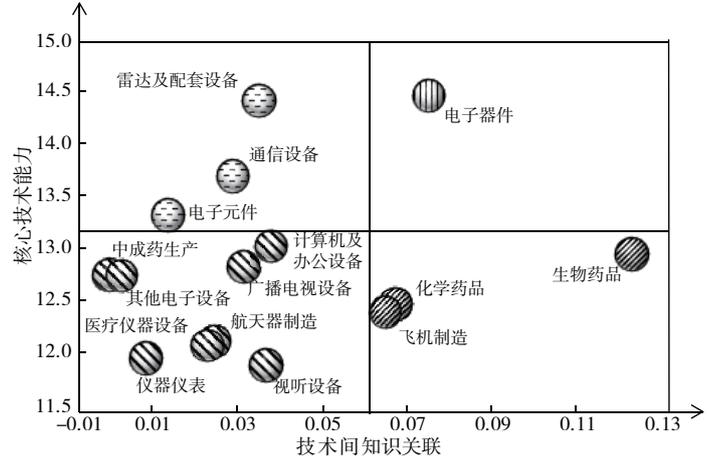


图1 高技术产业技术多元化模式

(二)回归分析

平稳性检验和协整检验结果表明，所有变量都具有平稳性，且各模型的被解释变量和解释变量之间存在协整关系(限于篇幅，此处未列出单位根检验及协整检验的结果)。通过F检验和Hausman检验，所有模型均为双固定效应模型。随后，通过技术多元化(门槛变量)的显著性检验(表3)，发现技术多元化对技术持续创新和产品持续创新分别存在双重门槛，同时似然比函数检验结果也表明门槛估计值与真实值一致。

表3 门槛效应检验结果

被解释变量	门槛变量	门槛	门槛值	F	Crit10	Crit5	Crit1
技术持续创新 (PPAT)	技术多元化 (TD)	单门槛	2.011	43.43*	40.16	50.27	98.72
		双门槛	0.900(2.011)	52.29**	22.19	28.95	163.27
		三门槛		19.50	26.50	56.29	150.22
产品持续创新 (PSRNP)	技术多元化 (TD)	单门槛	0.900	205.05***	32.75	42.82	64.21
		双门槛	0.900(2.011)	32.85*	27.83	38.26	59.66
		三门槛		31.27	33.76	44.06	85.69

注：\*\*\*、\*\*、\*分别表示在1%、5%、10%水平上显著；Crit10、Crit5、Crit1分别为10%、5%、1%显著水平下的临界值；括号内值为第二个门槛值。

表4报告了高技术产业技术多元化与持续创新的门槛回归结果。列(1)表明，高技术产业技术多元化对技术持续创新的两个门槛值分别为2.135(0.900对应的真实值)和2.697(2.011对应的真实值)，当高技术产业技术多元化小于2.135时，高技术产业技术多元化对技术持续创新的促进效应为0.182(未通过显著性检验)；当高技术产业技术多元化大于2.135且小于2.697时，高技术产业技术多元化对技术持续创新的促进效应提升至1.546(通过1%的显著性检验)；当高技术产业技术多元化大于2.697时，高技术产业技术多元化对技术持续创新的促进效应降低至0.544(通过5%的显著性检验)，即高技术产业技术多元化对技术持续创新的促进作用具有门槛效应，存在“最优区间”，H1a成立。列(2)表明，高技术产业技术多元化对产品持续创新的两个门槛值分别为2.135(0.900对应的真实值)和2.697(2.011对应的真实值)，当高技术产业技术多元化小于2.135时，高技术产业技术多元化对产品持续创新的促进效应为0.346(通过1%的显著性检验)；当高技术产业技术多元化大于2.135且小于2.697时，高技术产业技术多元化对产品持续创新的促进效

表4 高技术产业技术多元化对持续创新的门槛回归结果

变量	(1)	(2)
	PPAT	PSRNP
第一个门槛	0.900	0.900
第二个门槛	2.011	2.011
ZPRD	0.404*** (0.094)	0.136* (0.081)
ZRDD	-0.118 (0.074)	-0.148** (0.063)
ZGOV	0.059 (0.047)	0.059 (0.040)
ZTD <sub>-1</sub> (ZTD <sub>-1</sub> ≤ τ <sub>1</sub> )	0.182 (0.153)	0.346*** (0.131)
ZTD <sub>-1</sub> (τ <sub>1</sub> < ZTD <sub>-1</sub> ≤ τ <sub>2</sub> )	1.546*** (0.206)	2.807*** (0.176)
ZTD <sub>-1</sub> (ZTD <sub>-1</sub> > τ <sub>2</sub> )	0.544** (0.232)	2.145*** (0.198)
产业固定效应	控制	控制
时间固定效应	控制	控制
C	-0.467** (0.185)	-0.918*** (0.158)
N	345	345
R <sup>2</sup>	0.619	0.670

注：\*\*\*、\*\*、\*分别表示在1%、5%、10%水平上显著；Z开头数据为标准化的数据；括号内数字为标准误。

应提升至 2.807(通过 1% 的显著性检验);当高技术产业技术多元化大于 2.697 时,高技术产业技术多元化对产品持续创新的促进效应降低至 2.145(通过 1% 的显著性检验),即高技术产业技术多元化对产品持续创新的促进作用具有门槛效应,存在“最优区间”,H1b 成立。总体而言,高技术产业技术多元化对持续创新的正向影响存在门槛效应(图 2),当高技术产业技术多元化处于两个门槛之间时,对持续创新的促进效应达到最优。例如生物医药、电子信息和航空航天等产业具备高技术性、高复杂性和高需求性,需要跨领域进行技术重组和激活才能催生新技术(Rosenzweig, 2017;赵炎等, 2022;赵耀升等, 2021),但也要注意把握程度,避免过度的技术拓展带来的额外成本和管理复杂性等负面影响(Ganco et al, 2020)。由此,高技术产业应根据各自产业特征提升或收敛技术多元化程度。

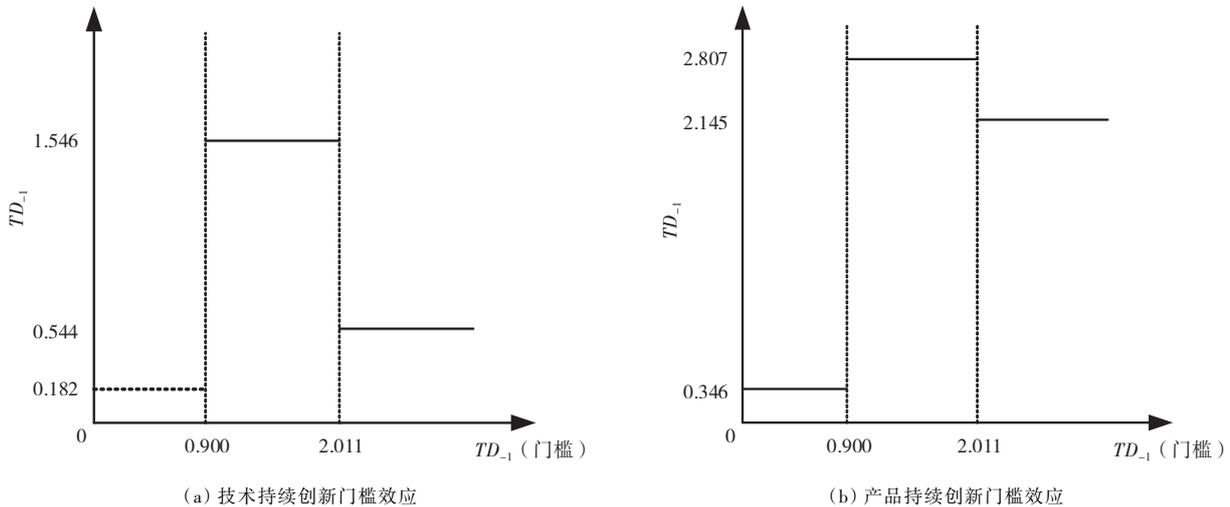


图 2 技术多元化门槛效应

表 5 报告了外部技术获取与改造和技术多元化模式的调节效应。列(1)和列(3)表明,“高技术产业技术多元化×国外技术引进”(0.332)和“高技术产业技术多元化×国内技术购买”(0.262)对技术持续创新具有显著正向影响,即外部技术获取对高技术产业技术多元化与技术持续创新之间关系具有正向调节效应,H2a 成立;列(2)和列(4)表明,“高技术产业技术多元化×国外技术引进”(0.470)和“高技术产业技术多元化×国内技术购买”(0.311)对产品持续创新具有显著正向影响,即外部技术获取对高技术产业技术多元化与产品持续创新之间关系具有正向调节效应,H2b 成立。列(5)和列(6)表明,“高技术产业技术多元化×技术改造”对技术持续创新(0.403)和产品持续创新(0.405)具有显著正向影响,即技术改造对高技术产业技术多元化与持续创新之间关系具有正向调节效应,H3a 和 H3b 成立。图 3 也表明,当国外技术引进、国内技术购买和技术改造的程度提升时,高技术产业技术多元化对持续创新的促进效应显著增强,H2 和 H3 得到验证。总体而言,外部技术获取与技术改造作为拓展技术领域的重要途径,能够优化高技术产业的“技术储备”和生产能力(谢子远和黄文军, 2015;惠树鹏等, 2020),为技术和产品持续创新提供优良的技术基础和创新环境。列(7)表明,低关联-强核心模式、低关联-弱核心模式和高关联-弱核心模式与技术多元化的交互项系数分别为-1.892、-4.201、-4.139,均通过 1% 的显著性检验,即高关联-强核心模式对技术持续创新的促进效应最强,低关联-弱核心模式的促进效应最弱,假设 H4a 和 H5a 成立。列(8)表明,低关联-强核心模式、低关联-弱核心模式和高关联-弱核心模式与技术多元化的交互项系数分别为 1.201、-1.915、-1.661,分别通过 5% 和 1% 的显著性检验,即低关联-强核心模式对产品持续创新的促进效应最强,低关联-弱核心模式的促进效应最弱,假设 H4b 不成立,H5b 成立。上述结果表明,H4 得到部分支持,H5 得到支持。

表 5 调节效应回归结果

变量	国外技术引进 (FTA)		国内技术购买 (DTP)		技术改造 (TG)		技术多元化模式 (M)	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	PPAT	PSRNP	PPAT	PSRNP	PPAT	PSRNP	PPAT	PSRNP
ZPRD	0.442***(0.115)	0.072(0.109)	0.309***(0.091)	-0.095(0.079)	0.296***(0.108)	-0.072(0.108)	0.413***(0.093)	0.121(0.094)
ZRDD	-0.179**(0.080)	-0.250***(0.076)	-0.058(0.075)	-0.084(0.065)	-0.151*(0.077)	-0.218***(0.077)	-0.170**(0.072)	-0.220***(0.073)

续表

变量	国外技术引进 (FTAA)		国内技术购买 (DTP)		技术改造 (TG)		技术多元化模式 (M)	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
	PPAT	PSRNP	PPAT	PSRNP	PPAT	PSRNP	PPAT	PSRNP
ZGOV	0.078(0.051)	0.102**(0.049)	0.082*(0.046)	0.110*** (0.040)	0.098** (0.049)	0.129*** (0.049)	0.049(0.046)	0.087*(0.046)
ZTD <sub>-1</sub>	0.461*** (0.158)	0.997*** (0.150)	0.410*** (0.148)	0.893*** (0.129)	0.667*** (0.157)	1.170*** (0.157)	3.742*** (0.468)	1.874*** (0.473)
ZFTAA	-0.044(0.082)	-0.039(0.078)						
ZDTP			0.328*** (0.075)	0.461*** (0.065)				
ZTG					0.211** (0.105)	0.202* (0.104)		
M <sub>1</sub>							-5.913*** (0.611)	-7.385*** (0.618)
M <sub>2</sub>							-1.607*** (0.331)	-1.361*** (0.335)
M <sub>3</sub>							-2.842*** (0.267)	-1.180*** (0.270)
ZTD <sub>-1</sub> × ZFTAA	0.332*** (0.060)	0.470*** (0.057)						
ZTD <sub>-1</sub> × ZDTP			0.262*** (0.045)	0.311*** (0.039)				
ZTD <sub>-1</sub> × ZTG					0.403*** (0.052)	0.405*** (0.052)		
ZTD <sub>-1</sub> × M <sub>1</sub>							-1.892*** (0.529)	1.201** (0.536)
ZTD <sub>-1</sub> × M <sub>2</sub>							-4.201*** (0.482)	-1.915*** (0.488)
ZTD <sub>-1</sub> × M <sub>3</sub>							-4.139*** (0.622)	-1.661*** (0.629)
产业固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
C	-0.400** (0.201)	-0.688*** (0.190)	-0.114(0.188)	-0.276* (0.163)	-0.368* (0.196)	-0.630*** (0.196)	2.065*** (0.285)	0.724** (0.289)
N	345	345	345	345	345	345	345	345
R <sup>2</sup>	0.545	0.515	0.637	0.675	0.584	0.507	0.752	0.746

注：\*\*\*、\*\*、\*分别表示在1%、5%、10%水平上显著；Z开头数据为标准化数据；括号内数字为标准误。

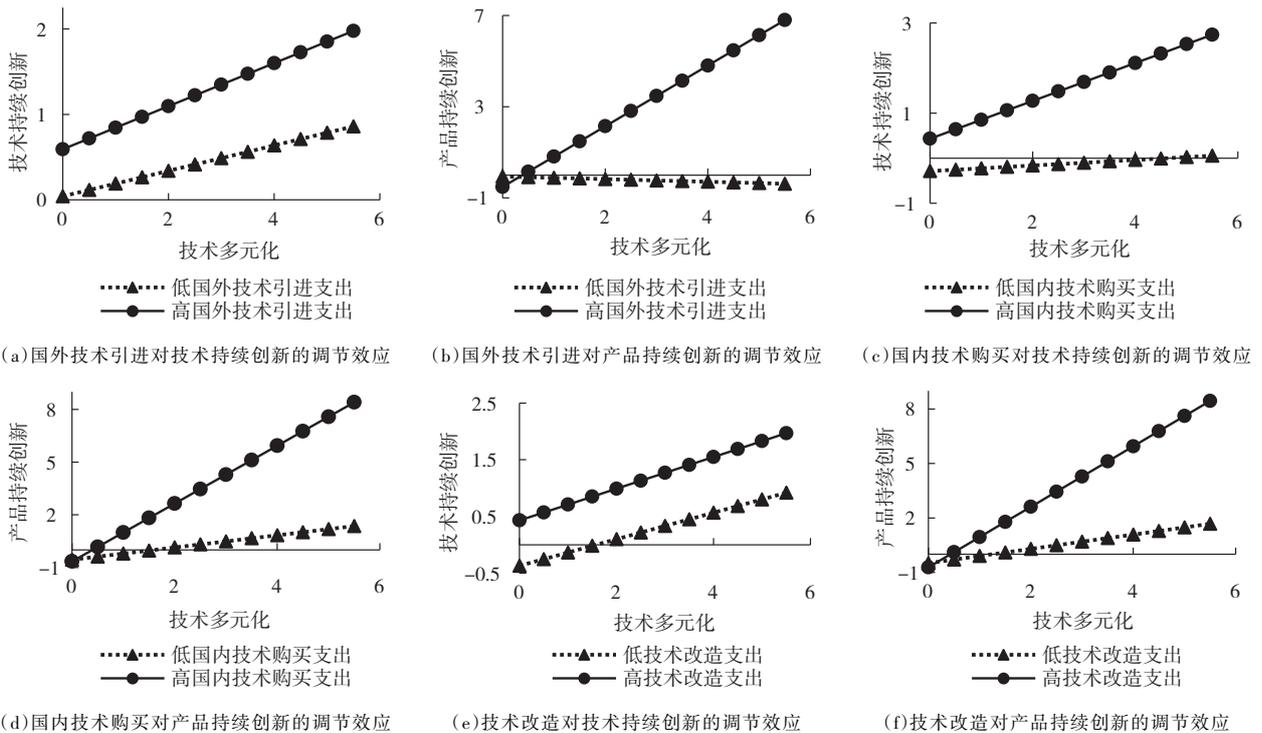


图3 外部技术获取与改造的调节效应

### (三) 进一步讨论

在外部技术获取与改造对高技术产业技术多元化与持续创新关系存在调节效应的基础上,通过门槛模型进一步验证。门槛检验结果显示,国外技术引进和国内技术购买在两个被解释变量模型中分别存在单一门槛( $F$ 分别为39.55和99.56,均通过5%的显著性检验)和双重门槛( $F$ 分别为27.43和27.33,分别通过5%和10%的显著性检验),技术改造在两个被解释变量模型中均存在双重门槛( $F$ 分别为32.15和32.00,均通过10%的显著性检验),模型估计结果见表6。

表 6 外部技术获取与改造的门槛回归结果

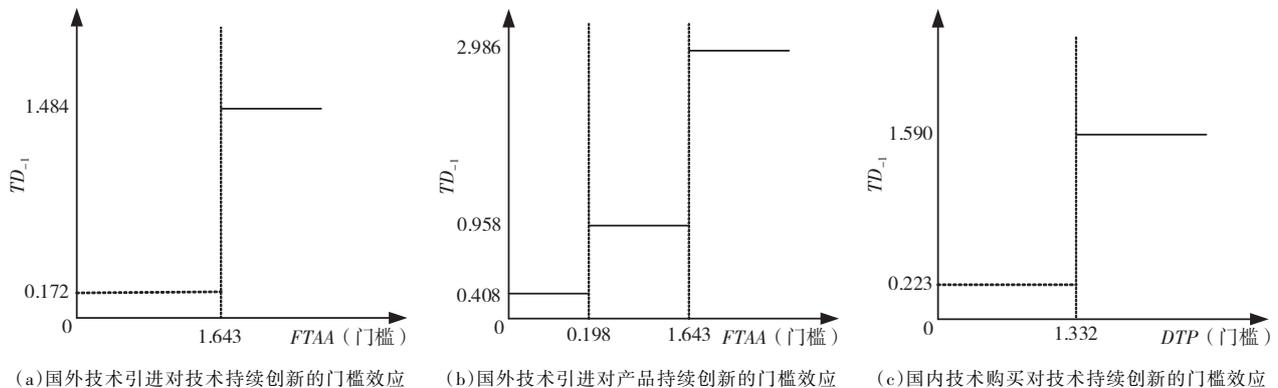
变量	国外技术引进 (FTAA)		国内技术购买 (DTP)		技术改造 (TG)	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	PPAT	PSRNP	PPAT	PSRNP	PPAT	PSRNP
第一个门槛	1.643	0.198	1.332	1.332	0.265	0.379
第二个门槛		1.643		2.065	1.285	1.285
ZPRD	0.425*** (0.100)	0.025 (0.086)	0.437*** (0.093)	0.144* (0.075)	0.364*** (0.089)	-0.002 (0.095)
ZRDD	-0.129 (0.080)	-0.148** (0.068)	-0.109 (0.074)	-0.108* (0.060)	-0.135* (0.071)	-0.209*** (0.076)
ZGOV	0.073 (0.051)	0.074* (0.043)	0.073 (0.047)	0.081** (0.038)	0.096** (0.045)	0.129*** (0.048)
ZTD <sub>-1</sub> (ZFTAA ≤ τ <sub>1</sub> )	0.172 (0.158)	0.408*** (0.138)				
ZTD <sub>-1</sub> (τ <sub>1</sub> < ZFTAA ≤ τ <sub>2</sub> )		0.958*** (0.158)				
ZTD <sub>-1</sub> (ZFTAA > τ <sub>2</sub> )	1.484*** (0.235)	2.986*** (0.210)				
ZTD <sub>-1</sub> (ZDTP ≤ τ <sub>1</sub> )			0.223 (0.145)	0.471*** (0.118)		
ZTD <sub>-1</sub> (τ <sub>1</sub> < ZDTP ≤ τ <sub>2</sub> )				1.213*** (0.192)		
ZTD <sub>-1</sub> (ZDTP > τ <sub>2</sub> )			1.590*** (0.192)	3.300*** (0.181)		
ZTD <sub>-1</sub> (ZTG ≤ τ <sub>1</sub> )					0.364*** (0.140)	0.797*** (0.150)
ZTD <sub>-1</sub> (τ <sub>1</sub> < ZTG ≤ τ <sub>2</sub> )					0.805*** (0.152)	1.293*** (0.160)
ZTD <sub>-1</sub> (ZTG > τ <sub>2</sub> )					2.046*** (0.205)	2.091*** (0.216)
产业固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制
C	-0.297 (0.197)	-0.527*** (0.168)	-0.268 (0.183)	-0.428*** (0.147)	-0.352** (0.176)	-0.619*** (0.187)
N	345	345	345	345	345	345
R <sup>2</sup>	0.556	0.619	0.616	0.709	0.647	0.525

注:\*\*\*、\*\*、\*分别表示在 1%、5%、10% 水平上显著;Z 开头数据为标准化数据;括号内数字为标准误。

表 6 报告了外部技术获取与改造在高技术产业技术多元化与持续创新关系中存在的门槛效应。列(1)和列(3)表明,当国外技术引进和国内技术购买分别大于门槛值 5.706(1.643 对应真实值)和 3.892(1.332 对应真实值)时,高技术产业技术多元化对技术持续创新的促进效应提升了约 7 倍(0.172 提升至 1.484;0.223 提升至 1.590)。列(2)和列(4)表明,当国外技术引进和国内技术购买分别大于门槛值 5.706(1.643 对应真实值)和 4.992(2.065 对应真实值)时,高技术产业技术多元化对产品持续创新的促进效应提升了约 3 倍(0.958 提升至 2.986;1.213 提升至 3.300)。列(5)和列(6)表明,当技术改造大于门槛值 6.229(1.285 对应真实值)时,高技术产业技术多元化对持续创新的促进效应提升了约 2 倍(0.805 提升至 2.046;1.293 提升至 2.091)。总体而言,随着国外技术引进经费、国内技术购买经费和技术改造经费的提升,高技术产业技术多元化对持续创新的促进效应不断增强,外部技术获取与改造的门槛效应如图 4 所示,与前述正向调节效应相呼应。可见,外部技术获取与改造已成为高技术产业补充技术资源、优化技术条件,维持持续创新的重要手段(谢子远和黄文军,2015;惠树鹏等,2020)。

(四) 稳健性检验

本文通过更换变量测度方式和增加控制变量的方式进行稳健性检验。首先,采用专利和新产品数据分别测度持续创新,结果表明技术持续创新和产品持续创新对持续创新的表征具有较高的相似性(相关系数为 0.795),且技术多元化对两种持续创新的影响效应存在高度一致性,模型具有稳健性。其次,借鉴杨继生和阳建辉(2015)的稳健性检验方法,将市场结构作为新增控制变量加入模型进行回归检验,采用产业内大型企



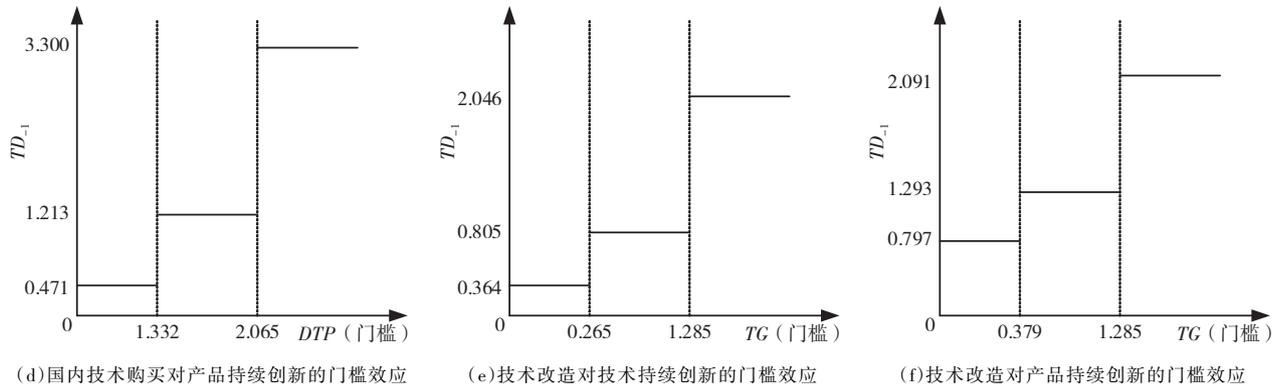


图4 外部技术获取与改造的门槛效应

业数与总企业数的比值来衡量。市场结构能够影响创新资源的集聚和配置,进而为技术基础拓展和创新成果持续产出提供优良的创新环境。检验结果表明(表7),所有回归系数方向和显著性均与原模型结果保持一致,研究模型和结果具有稳健性。

表7 稳健性检验

变量	门槛效应 (TD)		国外技术引进 (FTAA)		国内技术购买 (DTP)		技术改造 (TG)		技术多元化模式 (M)	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
	PPAT	PSRNP	PPAT	PSRNP	PPAT	PSRNP	PPAT	PSRNP	PPAT	PSRNP
第一个门槛	0.900	0.900								
第二个门槛	2.011	2.011								
ZPRD	0.441*** (0.105)	0.137 (0.090)	0.446*** (0.128)	0.015 (0.121)	0.295*** (0.102)	-0.169* (0.088)	0.259** (0.119)	-0.159 (0.119)	0.401*** (0.102)	0.075 (0.103)
ZRDD	-0.138* (0.078)	-0.148** (0.067)	-0.181** (0.085)	-0.222*** (0.080)	-0.050 (0.079)	-0.042 (0.068)	-0.132 (0.081)	-0.173** (0.081)	-0.163** (0.076)	-0.194** (0.076)
ZGOV	0.063 (0.047)	0.059 (0.041)	0.078 (0.052)	0.096** (0.049)	0.081* (0.046)	0.103** (0.040)	0.095* (0.049)	0.121** (0.049)	0.047 (0.046)	0.083* (0.047)
ZCRI	-0.054 (0.066)	-0.001 (0.056)	-0.005 (0.072)	0.075 (0.068)	0.020 (0.064)	0.104* (0.056)	0.050 (0.069)	0.118* (0.069)	0.020 (0.067)	0.074 (0.067)
ZTD <sub>-1</sub>			0.462*** (0.160)	0.975*** (0.151)	0.403*** (0.150)	0.857*** (0.130)	0.657*** (0.158)	1.144*** (0.157)	3.748*** (0.469)	1.898*** (0.473)
ZFTAA			-0.044 (0.083)	-0.031 (0.078)						
ZDTP					0.330*** (0.075)	0.472*** (0.065)				
ZTG							0.216** (0.105)	0.212** (0.104)		
M <sub>1</sub>									-5.898*** (0.614)	-7.331*** (0.620)
M <sub>2</sub>									-1.588*** (0.338)	-1.291*** (0.341)
M <sub>3</sub>									-2.835*** (0.268)	-1.153*** (0.271)
ZTD <sub>-1</sub> (ZTD <sub>-1</sub> ≤ τ <sub>1</sub> )	0.196 (0.155)	0.346*** (0.132)								
ZTD <sub>-1</sub> (τ <sub>1</sub> < ZTD <sub>-1</sub> ≤ τ <sub>2</sub> )	1.567*** (0.208)	2.808*** (0.178)								
ZTD <sub>-1</sub> (ZTD <sub>-1</sub> > τ <sub>2</sub> )	0.564** (0.233)	2.146*** (0.200)								
ZTD <sub>-1</sub> × ZFTAA			0.332*** (0.060)	0.474*** (0.057)						
ZTD <sub>-1</sub> × ZDTP					0.261*** (0.045)	0.310*** (0.039)				
ZTD <sub>-1</sub> × ZTG							0.408*** (0.052)	0.417*** (0.052)		
ZTD <sub>-1</sub> × M <sub>1</sub>									-1.904*** (0.531)	1.159** (0.537)

续表

变量	门槛效应 (TD)		国外技术引进 (FTAA)		国内技术购买 (DTP)		技术改造 (TG)		技术多元化模式 (M)	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
	PPAT	PSRNP	PPAT	PSRNP	PPAT	PSRNP	PPAT	PSRNP	PPAT	PSRNP
$ZTD_{-1} \times M_2$									-4.219*** (0.486)	-1.981*** (0.491)
$ZTD_{-1} \times M_3$									-4.115*** (0.628)	-1.574** (0.634)
产业固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
时间固定效应	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制	控制
C	-0.410** (0.198)	-0.917*** (0.169)	-0.395* (0.216)	-0.771*** (0.204)	-0.134 (0.199)	-0.380** (0.171)	-0.421** (0.209)	-0.756*** (0.208)	2.058*** (0.287)	0.697** (0.290)
N	345	345	345	345	345	345	345	345	345	345
R <sup>2</sup>	0.620	0.670	0.545	0.517	0.637	0.678	0.585	0.512	0.752	0.747

注:\*\*\*、\*\*、\*分别表示在1%、5%、10%水平上显著;Z开头数据为标准化数据;括号内数字为标准误。

## 五、结论与启示

本文运用中国高技术产业1998—2020年的面板数据,检验了高技术产业技术多元化对持续创新的影响,外部技术获取与改造和技术多元化模式的调节效应,得到以下主要结论:

第一,高技术产业技术多元化对持续创新具有促进效应,但存在最优区间。当技术多元化程度处于第一门槛和第二门槛之间时,对持续创新的促进效应达到最优。多种类技术领域的拓展有利于实现技术间的互动、重组和激活,为新技术和新产品的研发提供技术基础。例如卫星导航产业需要涉猎航天、计算机、测绘、通信等多领域技术,才能实现尖端技术的研发和应用(赵耀升等,2021);医药、电子信息和计算机等高新技术产业同样需要异构技术能力来应对更新快、需求高和复杂性高的竞争环境,推动产业持续创新和优化升级(Rosenzweig, 2017; 李小丽和陈蕾, 2022; 赵炎等, 2022)。当然,高技术产业应将技术多元化程度控制在合理区间内,才能充分发挥规模效应和范围经济的优势,避免过低或过高的技术多元化带来的低协同和高成本等抑制持续创新的问题,稳步提升创新持续性。其中,技术多元化对产品持续创新的促进效应高于对技术持续创新的促进效应,可能的原因在于专利数据受技术保密和申请周期长等因素的影响而不全面,新产品销售数据则具有易获取性和全面性。

第二,外部技术获取与改造对高技术产业技术多元化与持续创新之间关系具有正向调节效应。国外技术引进和国内技术购买是快速实现技术领域多元化拓展和技术能力提升的“捷径”,稳步提升产业的创新持续性;技术改造则通过技术的渐进性改善,保障了新产品研发与更新的持续性。门槛模型结果清晰展示了外部技术获取与改造的正向调节作用。其中,化学药品、航空航天、电子通讯和计算机等高新技术产业的外部技术获取与改造程度相对较高,且其具备高技术条件、高贸易需求和快产品更新等产业特性,进而表现出较高的技术多元化和持续创新,恰好验证了外部技术获取与改造的正向调节效应。值得注意的是,外部技术获取与改造对产品持续创新的调节效应高于技术持续创新,是由于外部技术获取与改造多数应用于新产品研发与更新,而专利技术受到消化吸收能力和研发周期等因素的影响,促进效应相对较弱。此外,高技术产业也要注意权衡技术的内部研发和外部获取,避免“替代效应”(谢子远和黄文军,2015),促进持续创新达到最优。

第三,产业技术多元化呈现四种模式,对高技术产业技术多元化与持续创新关系具有差异化调节效应。中国高技术产业具有高关联-强核心、低关联-强核心、低关联-弱核心和高关联-弱核心四种模式。首先,“高关联-强核心”模式产业能够通过技术互动与协同实现范围经济和规模经济,有效利用核心技术能力构筑竞争优势,维持高程度的持续创新。其次,“低关联-强核心”模式和“高关联-弱核心”模式的产业仅能分别利用强核心技术能力的优势和高技术关联的协同效应,存在相应的劣势。再次,“低关联-弱核心”模式产业需要同时进行共性技术营造和核心技术构建,实现双向突破。结果表明,“高关联-强核心”模式更有利于技术持续创新提升,“低关联-强核心”模式则更有利于产品持续创新提升,“低关联-弱核心”模式对持续创新的促进效应最弱。“高关联-强核心”模式未对产品持续创新达到最优效应,可能受到各模式产业数量和规模差异的影响。

本文的创新性主要在于:第一,有别于多数学者对企业层面技术多元化的关注,基于产业视角对技术多元化的模式、影响机制和调节效应展开研究。第二,区别于正向、负向、U型和倒U型等主流结论,本文发现

高技术产业技术多元化对持续创新的促进效应具有“门槛”特征,其促进效应在第二阶段实现最大化。第三,不同于以往动态效应的研究视角,本文从非研发方式和模式视角探讨高技术产业技术多元化与持续创新之间关系的动态变化。同时,本文基于技术间知识关联和核心技术能力两个维度将高技术产业技术多元化划分为四种模式,是对产业技术多元化模式划分的新尝试。

本文的理论贡献主要体现在:第一,基于技术多元化领域对产业视角的忽视,本文探讨了高技术产业技术多元化对持续创新的影响机制,发现高技术产业技术多元化对持续创新的促进效应存在“最优区间”,丰富了产业技术多元化的理论研究。第二,基于外部技术获取方式的视角,考察了外部技术获取与改造对高技术产业技术多元化与持续创新关系的调节效应,为高技术产业技术多元化促进持续创新的动态特征提供了理论依据和启示。第三,基于技术间知识关联和核心技术能力两个维度将产业技术多元化划分为四种模式(高关联-强核心、低关联-强核心,低关联-弱核心,高关联-弱核心),为产业技术多元化的模式研究提供了新视角。同时,研究发现不同模式对高技术产业技术多元化与持续创新关系具有差异化调节效应,为高技术产业技术多元化和持续创新关系的动态变化作出了有益补充。

本文的结论对于产业技术创新和国家创新政策制定具有重要的启示意义。研究结果表明,中国高技术产业技术多元化对持续创新的促进效应不是线性的,需要合理控制技术领域拓展的程度,才能最大程度促进产业持续创新。高技术产业应当充分利用外部技术获取与改造的优势,通过技术引进、购买和改造丰富“技术储备”,为自主研发提供优良的外部环境和技术基础,促进创新持续性的多元化转型。当然,为了避免陷入创新“惰性”和“技术依赖”,应提高技术的消化吸收能力和“干中学”的二次创新能力,充分发挥内外技术的协同溢出效应,形成良性循环。值得注意的是,中国高技术产业具有不同的技术多元化模式,各产业应根据模式特征,采取相应的措施向“高关联-强核心”产业转型,以维持高程度的创新持续性。此外,高技术产业应充分利用税收和财政优惠等措施,通过市场搜寻、产学研和自主研发等方式,实现技术来源多元化,为内外部技术获取奠定基础;还可以建立高技术产业技术资源的共享平台和监督体系,对技术资源进行有效筛选和匹配。

### 参考文献

- [ 1 ] 曹勇,谷佳,王子欣,等,2023.技术多元化、知识场活性与新产品开发绩效——高管团队异质性的调节效应[J].科学学与科学技术管理,44(5):115-129.
- [ 2 ] 陈朝月,许治,2020.重审内部研发和外部技术获取之间的关系:基于动态视角分析[J].科研管理,41(5):10-20.
- [ 3 ] 何郁冰,张思,2021.技术多元化,国际化与企业绩效[J].科学学研究,39(8):1437-1447.
- [ 4 ] 何郁冰,周慧,丁佳敏,2017.技术多元化如何影响企业的持续创新?[J].科学学研究,35(12):1896-1909.
- [ 5 ] 何郁冰,邹雅颖,左霖锋,2021.技术多元化,组织间知识协同与企业创新持续性的关系[J].技术经济,40(6):47-58.
- [ 6 ] 侯建,陈恒,2017.外部知识源化,非研发创新与专利产出——以高技术产业为例[J].科学学研究,35(3):447-458.
- [ 7 ] 惠树鹏,杨睿文,单锦荣,2020.创新资金投入结构与高技术产业创新效率[J].技术经济,39(9):181-188.
- [ 8 ] 贾军,张卓,2012.企业技术范围选择:技术多元化还是技术专业化[J].科学学与科学技术管理,33(11):124-133.
- [ 9 ] 李小丽,陈蕾,2022.技术多元化,发明者网络嵌入与军民融合企业技术创新效率[J].科技进步与对策,39(23):140-150.
- [ 10 ] 刘金林,2018.技术多元化和要素投入结构对产业创新绩效的影响[J].技术经济,37(7):34-40.
- [ 11 ] 刘岩,高艳慧,沈聪,2020.技术知识基础多元度对企业合作创新伙伴选择的影响研究[J].技术经济,39(9):1-10.
- [ 12 ] 秦志华,王冬冬,赵婧,2014.外部知识获取影响企业创新绩效的作用机理[J].技术经济,33(12):1-6,92.
- [ 13 ] 盛宇华,朱赛林,2020.高技术企业多元化战略对创新持续性的影响——动态能力的调节作用[J].科技进步与对策,37(17):73-82.
- [ 14 ] 王黎莹,姬科迪,赵春苗,等,2022.技术性贸易措施对“一带一路”高新技术产业的影响研究[J].技术经济,41(7):62-72.
- [ 15 ] 王丽平,高倩,2023.技术多元化战略对新产品开发优势的影响研究[J].科学学研究,41(7):1270-1281.
- [ 16 ] 夏芸,熊泽胥,2021.技术多元化,行业集中度与企业绩效波动[J].技术经济,40(9):89-101.
- [ 17 ] 谢子远,黄文军,2015.非研发创新支出对高技术产业创新绩效的影响研究[J].科研管理,36(10):1-10.
- [ 18 ] 杨继生,阳建辉,2015.行政垄断、政治庇佑与国有企业的超额成本[J].经济研究,50(4):50-61,106.
- [ 19 ] 曾德明,王媛,徐露允,2019.技术多元化、标准化能力与企业创新绩效[J].科研管理,40(9):181-189.
- [ 20 ] 张古鹏,陈向东,牛欣,2012.基于专利宽度和深度的技术复杂度分析[J].科研管理,33(3):113-120,135.

- [21] 赵炎, 叶舟, 韩笑, 2022. 创新网络技术多元化, 知识基础与企业创新绩效[J]. 科学学研究, 40(9): 1698-1709.
- [22] 赵耀升, 宋立丰, 毛基业, 2021. “北斗”闪耀——初探中国卫星导航产业发展之道[J]. 管理世界, 37(12): 217-237.
- [23] 郑涛, 杨如雪, 2022. 高技术制造业的技术创新, 产业升级与产业韧性[J]. 技术经济, 41(2): 1-14.
- [24] CANTWELL J, GAMBARDELLA A, GRANSTRAND O, 2004. The economics and management of technological diversification[M]. London: Routledge.
- [25] CASTELLACCI F, CONSOLI D, SANTOALHA A, 2020. The role of e-skills in technological diversification in European regions[J]. Regional Studies, 54(8): 1123-1135.
- [26] CATALÁN P, NAVARRETE C, FIGUEROA F, 2022. The scientific and technological cross-space: Is technological diversification driven by scientific endogenous capacity?[J]. Research Policy, 51(8): 104016.
- [27] CHEN Y, CHANG K, 2012. Using the entropy-based patent measure to explore the influences of related and unrelated technological diversification upon technological competences and firm performance[J]. Scientometrics, 90(3): 825-841.
- [28] CHOI M, LEE C Y, 2021. Technological diversification and R&D productivity: The moderating effects of knowledge spillovers and core-technology competence[J]. Technovation, 104: 102249.
- [29] CHOI M, LEE C Y, 2022. The differential effects of basic research on firm R&D productivity: The conditioning role of technological diversification[J]. Technovation, 118: 102559.
- [30] DOSI G, RICCIO F, VIRGILLITO M E, 2021. Varieties of deindustrialization and patterns of diversification: Why microchips are not potato chips[J]. Structural Change and Economic Dynamics, 57(2): 182-202.
- [31] GANCO M, MILLER C D, TOH P K, 2020. From litigation to innovation: Firms' ability to litigate and technological diversification through human capital[J]. Strategic Management Journal, 41(13): 2436-2473.
- [32] HANSEN B E, 1999. Threshold effects in non-dynamic panels: Estimation, testing, and inference [J]. Journal of Econometrics, 93(2): 345-368.
- [33] HELFAT C E, RAUBITSCHKE R S, 2000. Product sequencing: Co-evolution of knowledge, capabilities and products[J]. Strategic Management Journal, 21(10-11): 961-979.
- [34] HIDALGO C A, 2021. Economic complexity theory and applications[J]. Nature Reviews Physics, 3(2), 92-113.
- [35] KELLEY D J, RICE M P, 2002. Advantage beyond founding the strategic use of technologies [J]. Journal of Business Venturing, 17(1): 41-57.
- [36] KODAMA F, 1986. Technological diversification of Japanese industry[J]. Science, 233: 291-296.
- [37] KODAMA F, 1995. Emerging patterns of innovation, sources of Japan's technological edge[M]. Boston: Harvard Business School Press.
- [38] LEIPONEN A, HELFAT C E, 2010. Innovation objectives, knowledge sources, and the benefits of breadth[J]. Strategic Management Journal, 31(2): 224-236.
- [39] LETEN B, BELDERBOS R, LOOY B V, 2016. Entry and technological performance in new technology domains: Technological opportunities, technology competition and technological relatedness[J]. Journal of Management Studies, 53(8): 1257-1291.
- [40] LI Z, ZHOU X, JUNG S, et al, 2019. China's 40-year road to innovation[J]. Chinese Management Studies, 14(2): 335-357.
- [41] LIN C, CHANG C C, 2015. The effect of technological diversification on organizational performance: An empirical study of S&P 500 manufacturing firms[J]. Technological Forecasting and Social Change, 90: 54-66.
- [42] LIU X, HODGKINSON R, CHUANG F, 2014. Foreign competition, domestic knowledge base and innovation activities: Evidence from Chinese high-tech industries[J]. Research Policy, 43(2): 414-422.
- [43] NING L, GUO R, 2022. Technological diversification to green domains: Technological relatedness, invention impact and knowledge integration capabilities[J]. Research Policy, 51(1): 104406.
- [44] PATEL P, PAVITT K, 1997. The technological competencies of the world's largest firms: Complex and path-dependent, but not much variety[J]. Research Policy, 26(2): 141-156.
- [45] ROSENKOPF L, NERKAR A, 2001. Beyond local search: Boundary spanning, exploration, and impact in the optical disk industry[J]. Strategic Management Journal, 22(4): 287-306.
- [46] ROSENZWEIG S, 2017. The effects of diversified technology and country knowledge on the impact of technological innovation[J]. The Journal of Technology Transfer, 42(3): 564-584.
- [47] SINGH A, TRIULZI G, MAGEE C L, 2021. Technological improvement rate predictions for all technologies: Use of patent data and an extended domain description[J]. Research Policy, 50(9): 104294.
- [48] SUN Y, DU D, 2010. Determinants of industrial innovation in China: Evidence from its recent economic census [J]. Technovation, 30(9-10): 540-550.
- [49] SYDOW J, SCHREYÖGG G, KOCH J, 2020. On the theory of organizational path dependence: Clarifications, replies to objections, and extensions[J]. Academy of Management Review, 45(4): 717-734.
- [50] TRIULZI G, ALSTOTT J, MAGEE C L, 2020. Estimating technology performance improvement rates by mining patent data

- [J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 158: 120100.
- [51] WANG T, YU X, CUI N, 2020. The substitute effect of internal R&D and external knowledge acquisition in emerging markets: An attention-based investigation[J]. *European Journal of Marketing*, 54(5): 1117-1146.
- [52] ZABALA-ITURRIAGAGOITIA J M, GÓMEZ I P, LARRACOECHEA U A, 2020. Technological diversification: A matter of related or unrelated varieties?[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 155: 119997.

## Research on the Influence of Technological Diversification on Persistent Innovation in China's High-Tech Industry

Zhang Si, He Yubing, Zhou Ziyang

(School of Economics and Management, Fuzhou University, Fuzhou 350108, China)

**Abstract:** Technological diversification is an important prerequisite and foundation for the persistent innovation of high-tech industry, and it is of great value to explore the mechanism of its role. On the basis of reviewing relevant theories, the basic hypotheses of the influence of technological diversification in high-tech industry on persistent innovation, the moderating effect of external technology acquisition and transformation and technological diversification pattern were put forward, and empirical tests were carried out using the panel data of China's high-tech industry in the period of 1998-2020. The results show as follows. Firstly, the promotion effect of technological diversification on persistent innovation(technology and product)in high-tech industry has a threshold effect and there exists an "optimal interval". Secondly, external technology acquisition and transformation positively moderate the relationship between technological diversification and persistent innovation in high-tech industry. Thirdly, based on the two dimensions of technology relatedness and core technology competence, the technological diversification of high-tech industry can be divided into four patterns: high relatedness-strong core, low relatedness-strong core, low relatedness-weak core and high relatedness-weak core. Fourthly, there are differences in the promotion effect of different patterns of technological diversification on the persistent innovation of high-tech industry. The "high relatedness-strong core" type of technological diversification is more conducive to persistent innovation of technology, the "low relatedness-strong core" type of technological diversification is more conducive to persistent innovation of product, and the "low relatedness-weak core" type of technological diversification has the weakest promoting effect on persistent innovation.

**Keywords:** technological diversification; persistent innovation; China's high-tech industry; external technology acquisition and transformation; pattern