

# 突破“卡脖子”技术：技术重组与跨界搜索 对企业关键核心技术创新的影响\*

• 龚红<sup>1,2,3</sup> 常梦月<sup>1</sup> 董 珊<sup>1</sup>

(1 武汉大学经济与管理学院 武汉 430072; 2 武汉大学战略性新兴产业研究中心 武汉 430072;  
3 武汉大学中国产学研合作问题研究中心 武汉 430072)

**【摘要】**在新一轮科技革命与全球经济新常态的百年未有之大变局下，我国企业正面临着由贸易之争转变为科技实力之争所带来的“卡脖子”技术困境。本研究以半导体芯片产业企业专利为研究样本，实证分析了技术重组与跨界搜索对企业关键核心技术创新的影响，以期助力突破“卡脖子”技术。研究发现：企业重组企业开发的技术有利于关键核心技术创新，但重组高校和科研院所开发的技术未能促进企业关键核心技术创新，说明企业吸收高校和科研院所知识的能力仍然较弱。进一步研究发现，跨界搜索在重组企业开发技术与关键核心技术创新之间起到了锦上添花的“助力效应”，但是在重组高校开发技术与关键核心技术创新之间起到了“放大效应”，即跨界搜索放大了高校开发技术的阻碍作用。本文结果表明，不同创新主体开发的技术对企业关键核心技术创新产生了截然不同的作用效果，对如何实现创新链良性耦合提供了微观证据，为后续“卡脖子”关键核心技术攻克提供了经验支持。

**【关键词】**“卡脖子”技术 技术重组 跨界搜索 关键核心技术创新

中图分类号：F270.3 文献标识码：A

## 1. 引言

当前，随着全球化竞争和国家间科技摩擦的加剧，如何尽快突破“卡脖子”技术、走出受制于人的困境已迫在眉睫。对此，习近平总书记指出，要“矢志不移自主创新，增强自主创新能力”。自主

---

\* 基金项目：国家社会科学基金项目“‘卡脖子’技术倒逼我国核心技术创新链优化的机制与对策研究”（项目批准号：21BGL266）。

通讯作者：龚红，E-mail: gonghong009@163.com。

创新主要有两种形式, 一种是实现从 0 到 1 突破的最根本的创新, 即原始创新, 其具有首创性、突破性、带动性; 另一种是基于已有技术进行重组改造, 实现对现有技术的有效集成, 进行消化吸收再创新, 即集成创新或重组创新。在攻克“卡脖子”技术的时候, 人们优先想到的是原始创新, 而实现原始创新所需投入大、周期长, 短时间内实现突破非常困难。事实上, 我国有大量专利处于“沉睡”状态, 例如我国高校专利授权量从 2000 年的 1548 件增加到了 2021 年的 268450 件, 增长 170 余倍, 而专利年均转化率却仅为 5.7%(教育部《高等学校科技统计资料汇编》), 绝大部分专利处于“沉睡”状态。充分用好现有创新资源库, 挖掘其潜在使用价值, 是突破关键核心技术“卡脖子”的关键路径之一。

尽管关键核心技术的突破面临巨大困难, 但在半导体芯片制造领域, 也不乏重组现有技术并实现创新突破的案例。如上海华虹宏力半导体制造有限公司的“在半导体基底上同时生长单晶和多晶的方法”(CN103456608B), 该发明专利对格芯公司等企业的创新成果进行技术重组, 最终实现了芯片光刻蚀刻工艺的突破。再如深圳海思半导体有限公司的“一种芯片的同步方法及相关装置”(CN112817368A), 该发明专利通过借鉴西门子、英特尔等公司的芯片技术, 实现了多个芯片同步工作, 弥补了我国微纳米芯片的短板。因此, 企业积极搜索和重组现有知识和专利技术, 实现“1+1>2”的技术上突破, 不仅在现实上更具可操作性, 而且能为攻克“卡脖子”技术提供参考途径。

实现高质量关键核心技术创新对我国在半导体芯片领域的技术突破具有至关重要的意义, 而国内关于芯片领域核心技术创新的相关文献仍较少。首先, 当前国内研究主要从定性的角度为关键核心技术创新提供思路, 而对关键核心技术创新的实证研究尚有不足。其次, 目前对关键核心技术的识别和测度主要有专家经验法、单一指标识别法、指标体系法(罗立国和林文广, 2018)。其中专家经验法依赖专家个人的经验智慧, 具有较高主观性; 单一指标识别法仅采用专利的某个指标(如专利前向引用次数)识别核心专利, 这种方法过于片面而缺乏说服力; 指标体系法克服了单一指标识别法的缺陷, 能更客观准确地衡量一项专利的核心性。然而, 现有研究多仅从专利技术视角对关键核心技术进行识别和测度, 而忽视了企业主动搜索和重组现有技术的行为对其关键核心技术创新的影响差异。因此, 在当前我国半导体芯片行业的关键核心技术亟待突破的情景下, 本文以企业半导体基础元器件专利作为研究对象, 综合使用熵值法和指标体系法对关键核心技术进行测度, 具有现实意义。

重组外部技术是企业探索资源的重要驱动力, 重组现有知识和技术对创新具有重要意义(Katila and Ahuja, 2002; Savino et al., 2017)。知识基础理论认为, 企业通过不断搜索知识要素, 对现有知识和资源的良性组合与合理利用实现“重组创新”(陈静等, 2021)。此外, 在重组过程中, 跨界搜索对创新绩效有显著促进作用(Rosenkopf and Nerkar, 2001; Katila and Ahuja, 2002)。企业获取外部知识是开发独特的资源和能力的重要途径, 从而为企业创新提供基础。当技术复杂或具有异质性时, 跨界搜索并不能在其中发挥有效作用, 而在知识专业化和对现有技术具有路径依赖的背景下, 跨界搜索成为企业在动态竞争环境下保持竞争优势的关键(Hawkins and Rezazade, 2012)。专业化和路径依赖加速了知识边界的产生, 阻碍了不同知识背景的融合, 因此企业的外部关键资源的跨界搜索和创造性组合, 为企业提供了异质性知识, 更新现有知识库并弥补内部知识的不足, 有利于企业把握外部市场变化, 实现与外部环境的动态匹配, 从而为其技术突破提供新思路(Wilhelm and Dolfsma, 2018)。

关于技术搜索和重组对创新的影响研究, 现有文献更多关注知识重组或技术重组与创新产出或绩效之间的相关关系, 且研究结论存在较大差异。核心技术的创新需要同时深入到更窄的领域和以更广泛的视角对技术进行搜索和挖掘, 此时企业的知识搜索和重组对关键核心技术创新究竟是何种作用机制尚待深入研究。其次, 现有文献从知识基础特性(王泓略等, 2020)、新旧程度(刘瑞明等, 2021)、重组轨迹(罗蕾等, 2020)等探讨重组技术在创新中的作用, 而鲜有探讨重组不同创新主体开发的技术对企业核心技术创新的影响差异。事实上, 企业搜索到的外部技术来自不同主体的创新成果, 比如高校、科研院所、企业及不同主体间的合作, 而不同主体的知识基础和研发侧重点不同, 因此有必要探讨企业重组技术对其关键核心技术创新的影响差异。

创新主体是技术的重要来源, 本文选择了不同的创新主体开发的专利技术作为研究对象。首先, 大学、科研院所和企业都是技术开发过程的重要参与主体, 是产学研合作的主力军。其次, 大学和科研院所的专利在一定程度上表现了技术的异质性, 因为大学和科研院所侧重于纯理论知识, 反映了对基础研究的关注, 而企业往往更关注经济绩效, 其开发的技术更重视应用研究, 联合研发则关注具体技术问题的解决和突破。因此, 企业重组不同来源的技术对其关键核心技术创新的影响也可能存在差异。基于以上问题, 本文立足于关键核心技术受制于人的半导体芯片制造产业, 将被“卡脖子”的芯片领域的企业专利作为切入点, 分析了企业重组来自不同知识主体的技术对关键核心技术突破的直接影响, 并检验了企业跨界搜索行为的调节作用, 旨在为实现关键核心技术创新生态系统的各个微观主体良性耦合, 促进创新链和产业链精准对接, 进而攻克“卡脖子”技术提供参考。

## 2. 理论基础与研究假设

### 2.1 “卡脖子”技术与关键核心技术

近些年来我国科技发展取得了举世瞩目的成就, 但某些领域核心技术受制于人的局面还未从根本上改变, 特别是在许多技术革命频发的基础性行业, 核心技术仍然严重依赖外国(柳卸林和何郁冰, 2011), 一些涉及国家经济安全与价值链关键地位的核心技术被发达国家列入对我国限制出口的清单, 成为制约我国产业转型升级、迈向高质量发展的“卡脖子”技术。“卡脖子”技术与一般核心技术不同, 其具有战略性, 关系到整个产业链的安全以及国家科技安全与民生社会稳定。关键核心技术是指在一个系统、产业链或技术领域起重要作用且不可或缺的技术, 可以是技术点, 可以是对某个领域起到至关重要作用的知识, 其难度大、水平高, 对整个产业链起着关键作用(陈劲等, 2020)。也有学者提出, “卡脖子”技术的关键性不仅体现在技术层面, 更集中表现在市场层面, 特别是基于“高精特尖”技术产品的国际市场竞争。随着国际科技创新竞争日趋激烈, 掌握了行业关键核心技术的跨国企业为获取超额利润, 不仅会依靠其先发优势抢占市场, 成为行业内“赢者通吃”的寡头垄断, 还会对产生竞争威胁的他国技术和产品进行多方位打压, 卡住他国高科技产品市场应用空间的“脖子”, 进而使他国产业链在嵌入全球价值链的过程中面临断链风险(韩凤芹等, 2021)。

关于“卡脖子”技术与关键核心技术的区分, 中国科学院院长白春礼院士认为“卡脖子”技术依据

攻克时期长短可以划分为两类: 已经被限制亟待较短时期内攻克的关键核心技术和关系未来发展需要长远布局的关键核心技术(张治河和苗欣苑, 2020)。夏清华等(2020)基于研发活动对“卡脖子”技术归类, 得出“卡脖子”技术既有归于基础研究也有归于应用研究, 在基础科学主要集中于物理学和化学, 而在应用研究主要集中于材料科学、机械工程和电子、通信与自动控制技术。汤志伟等(2021)从技术层面和经济层面对二者关系进行区分, 认为在技术层面二者相同, 在社会经济层面, “卡脖子”技术更具垄断性和威胁性。关于“卡脖子”技术和关键核心技术的识别研究, 多集中于构建识别“卡脖子”技术的模型或知识框架。学者以芯片光刻技术为例构建了关键核心技术产学研协同创新机理系统框架(张贝贝等, 2022); 利用专利引证数据构建引文网络, 并通过局部向前搜索、局部向后搜索和关键路径三种不同的路径分析方法描述光刻技术知识扩散路径, 对“卡脖子”光刻技术进行了实证研究(杨武等, 2022)。

## 2.2 技术重组与关键核心技术创新

随着社会分工的细化以及日益增加的技术复杂性和跨学科性, 创新活动所需资源变得日益复杂。特别是在我国迫切需要攻克“卡脖子”技术难题的情境下, 单个主体往往面临“无米之炊”——创新知识和资源不足的窘境。因此, 仅依靠自身知识库资源开展创新活动已不再是创新主体获取技术的必然首选途径, 引入外部知识网络, 对先前已存在知识或技术重组以寻求关键核心技术突破才是制胜法门(Dong and Yang, 2019)。一方面, 跨领域的技术重组是至关重要的, 即企业需要对不同领域的外部技术知识进行广泛搜索, 并不断进行重组以打破资源壁垒, 实现技术和产品上的创新突破, 为企业创造经济价值。另一方面, 企业只有对某一个细分领域进行精深搜索和重组, 才能将已有技术与新技术进行有效融合, 最终找到突破性创新的机会(Kaplan and Vakili, 2015)。

现有理论与学者研究均表明技术重组可能对关键核心技术创新具有重要作用。知识基础观认为, 创新是企业不断搜索和重新组合知识要素的过程, 通过对现有知识重新组合并利用, 为企业带来技术产出从而实现技术创新(王泓略等, 2020; 罗蕾等, 2020)。在研发创新的过程中, 不同创新主体间的知识异质性特征会对技术创新突破产生影响(Schulze and Brojerdi, 2012)。在核心技术突破的过程中, 高校和科研院所、企业都是重要的参与主体, 企业重组这些创新主体的技术对其关键核心技术创新突破可能具有重要的作用。鉴于此, 本文根据不同组织背景的研发驱动因素的差异, 将技术开发主体分为三大类: 来自高校和科研院所开发的技术、来自企业开发的技术、联合研发技术, 并探究其对企业关键核心技术创新的影响差异。

### 2.2.1 重组高校和科研院所开发的技术与关键核心技术创新

高校和科研院所都是新的科学技术知识的重要贡献者, 其研究通常受“思想的火花”驱动, 侧重于基础研究而非商业利益, 与企业开发的技术相比具有较高的异质性和根本性。现有文献表明, 异质性知识可以消除企业独自创新的核心刚性和思维瓶颈。由于来自大学和科研院所的知识、技术相较企业具有较高异质性, 重组这类技术有助于企业打破独自创新的路径依赖(刘斐然等, 2020), 弥补内部技术资源缺陷(王泓略等, 2020), 从而提高其研发能力和技术创新效率, 并将这些创新性成

果转化为更具商业价值的技术(Jung, 2020), 进而开发新市场和开展更复杂的创新。大学和科研院所开发的技术往往关注于根本性和突破性的技术进步, 这些技术往往更接近技术发展轨道的起源(Harrigan et al., 2017)。将高校和科研院所开发的技术作为技术创新的一种重要渠道融合到研发中, 可以帮助企业理解技术起源并减少技术开发过程中的不确定性, 在后续的技术开发中能够有效指导并推动实现技术创新突破。因此本文认为, 重组高校和科研院所开发的技术可能有利于关键核心技术突破。

另一方面, 企业更受市场需求驱动, 而高校和科研院所开发的技术成果往往不直接适用于商用, 专利的商业化是企业获取核心技术的关键(Nevens, 1990)。根据前述高等学校科技统计资料, 我国高校专利申请呈爆发式增长趋势, 而专利的年均转化率却仅为 5.7%, 说明大量专利存在质量跛脚的问题, 因而并未有效促进后续技术重组创新。首先, 关键核心技术“卡脖子”的突破不仅涉及技术创新问题, 还包括市场创新(贺远琼等, 2022)。由于技术层面的因素, 在走向市场的过程中, 大量高校和科研院所的专利与企业的研发重点背离而难以体现其市场价值。高校或科研院所的专利往往来源于科研项目, 专利本身的转化动机不强, 大多数专利商用化的成熟度不高, 研究成果难以满足企业技术转化需求, 加之高校和科研院所与社会上的企业存在一定距离, 其研究成果往往缺乏转化的配套资金, 因而很难得到市场的青睐和应用(李良成和魏双双, 2016)。其次, 在知识结构的层面上, 高校和科研院所的研究理论与知识开发相较企业具有较高的知识异质性, 这可能引发企业内部研发人员认知冲突, 当企业吸收能力不足时还会增加知识交易的管理成本, 削弱企业的创新效率, 不利于企业开展突破性技术创新(吴言波等, 2019)。最后, 在创新绩效层面上, 动态竞争的环境中企业若想保持持续的竞争优势, 创新效率是企业塑造核心竞争力的关键。特别是在快速变化的高科技领域, 企业迫于同行竞争者的快速反应和技术创新压力, 为避免创新滞后而造成的竞争落后, 可能会更加关注技术创新带来的短期财务绩效(王旭和褚旭, 2021)。在有限资源的约束和从 0 到 1 突破性创新困难的条件下, 重组高校和科研院所开发的技术可能需要漫长的周期以及大量的资源进行吸收、改进, 无法在短期得到突破, 最终陷入技术重组与财务绩效压力的矛盾之中, 从而不利于企业的关键核心技术创新。综上所述, 本文提出如下竞争性假设:

**H1a:** 在实现从 0 到 1 突破性创新困难的情况下, 重组高校和科研院所开发的技术有助于企业的关键核心技术创新。

**H1b:** 在实现从 0 到 1 突破性创新困难的情况下, 重组高校和科研院所开发的技术阻碍了企业的关键核心技术创新。

### 2.2.2 重组企业开发的技术与关键核心技术创新

现有文献指出企业间资源有效整合可以提高企业的创新效率从而开展突破性创新活动。首先, 就企业技术创新驱动因素及其绩效而言, 企业越来越与上下游企业甚至竞争企业进行紧密协作和资源整合, 实现企业间的组合创新(Yan et al., 2020)。虽然企业技术之间存在较高的相关性, 但这并不意味着企业的技术是多余的, 与高校和科研院所开发的技术相比, 企业因知识相似性对企业双方技术有更深刻的理解, 有利于其从事各种各样的探索性活动, 或开发新兴的和开创性的技术(Yan et al., 2020)。其次, 企业开发技术是一种有助于公司重组非冗余知识的战略。由于重组外界知识需要

很大的搜索成本(Ahuja and Lampert, 2001), 而企业之间的技术领域重叠可以提高公司从竞争对手那里识别非冗余知识的能力并降低搜索技术产生的成本, 因而更有可能使企业研发出突破性的技术(Yan et al., 2020)。再次, 企业开发的技术具有较高技术成熟度, 重组企业开发的技术有利于企业实现研发与商业化的耦合和交互迭代, 有利于企业提升其技术能力, 更高效地吸收、整合该技术领域的知识和架构, 从而攻克技术瓶颈并实现技术与市场精准对接, 最终实现关键核心技术创新(谭劲松等, 2022)。同时, 关键核心技术的突破需要对技术的深入了解, 也只有通过对该技术细分领域的精深搜索和重组, 才能将已有技术与新技术进行有效融合, 最终找到突破性创新的机会(Kaplan and Vakili, 2015)。因此, 基于企业的技术相似性、非冗余知识战略以及技术成熟度, 我们认为重组企业开发的技术可能有利于关键核心技术创新和突破。

另一方面, 现有研究也表明重组企业开发的技术不利于技术创新和突破。首先, 企业在研发时往往对现有的知识池和现有技术进行操纵或改进, 并倾向于在预定的技术框架范围内重组这些技术(Henderson and Clark, 1990)。因此, 企业往往集中在数量有限的领域和现有的技术轨迹中开展技术研发工作。虽然企业现有知识储量以及企业间合作对后续产出具有至关重要的影响, 但对现有知识轨道的路径依赖可能会阻碍企业进行新的学习。由于专利价值呈现高度偏态分布, 这可能导致技术重组方式用尽, 从而抑制了企业技术创新(Ahuja and Lampert, 2001)。其次, 与高校和科研院所追求科学研究不同, 企业开发的技术往往响应市场需求, 其开发的创新型产品更关注经济价值或财务回报最大化(Jung, 2020)。同时, 企业为了保持竞争力往往不会将核心技术流向市场, 因此, 本文认为重组企业开发的技术也可能不利于关键核心技术创新和突破。综上所述, 提出如下竞争性假设:

**H2a:** 在实现从 0 到 1 突破性创新困难的情况下, 重组企业开发的技术有助于企业的关键核心技术创新。

**H2b:** 在实现从 0 到 1 突破性创新困难的情况下, 重组企业开发的技术阻碍了企业的关键核心技术创新。

### 2.2.3 重组联合研发技术与关键核心技术创新

联合研发是企业、大学和科研院所等主体基于特定目的而进行的合作创新活动。通过协作, 创新主体可以有效获取外部知识, 扩大自身知识库并创造经济价值。首先, 协作研发可以为企业提供更多的外部知识获取渠道, 帮助企业通过内外部知识的高效整合促进新产品开发(Belderbos et al., 2018)。其次, 企业通过引进并充分吸收联合研发的技术, 可以弥补自主创新资源的不足, 提升知识组合的效率, 降低再匹配成本, 进而助力企业研发出关键核心技术(王泓略等, 2020)。由于“卡脖子”关键核心技术涉及多个领域, 既有基础研究也有应用研究范畴(夏清华和乐毅, 2020), 其依赖性强, 需要构建上、中、下游研发伙伴协同合作的产业生态体系, 而联合研发的技术具有综合性特点, 企业在进行关键核心技术攻关时, 重组此类技术更有利于激发研发人员的思想火花, 帮助研发团队打通知识流动和多元互补的渠道, 从而开发出更具综合性和突破性的技术。

另一方面, 重组联合研发技术也可能对企业关键核心技术创新产生消极影响。首先, 联合研发存在隐性协作成本。有学者指出联合研发中存在巨大的协作伙伴识别与沟通成本(刘斐然等, 2020), 由于联合研发主体来自不同组织甚至不同行业, 主体间存在较高异质性, 若要产生高质量创新成果

需要付出更多时间和持续的创新配合,这限制了联合研发的创新效率和创新绩效,重组这类技术成果可能无法有效促进企业内部新的知识产生(Grigoriou and Rothaermel, 2017; 王泓略等, 2020)。其次,联合研发技术往往产生新的知识组合。尽管关键核心技术可能涉及多个知识领域,其突破往往需要深入更窄的领域进行挖掘和重组(Kaplan and Vakili, 2015),而联合研发产生的新的知识组合涉及更为复杂的知识关系,这些知识元素对企业而言是陌生的,在重组联合研发技术时面临更大的学习难度,因此企业可能无法快速吸收多样化和复杂化的知识元素,无形中增加了技术重组的隐形成本,从而不利于开展关键核心技术研发。综上所述,提出如下竞争性假设:

**H3a:** 在实现从 0 到 1 突破性创新困难的情况下,重组联合研发的技术有助于企业关键核心技术创新。

**H3b:** 在实现从 0 到 1 突破性创新困难的情况下,重组联合研发的技术不利于企业关键核心技术创新。

## 2.3 跨界搜索的调节作用

在创新过程中,知识的搜索和获取对组织具有至关重要的战略价值,并影响其对这些知识的吸收和利用,因此企业通过不断搜索和重新组合现有知识来实现技术突破(Savino et al., 2017)。现有文献指出,组织的搜索活动可以基于现有专长或知识基础进行本地搜索,也可以跨越组织边界和知识基础进行跨界搜索(Jung, 2020)。跨界搜索是指企业跨越现有组织边界从外部其他主体获取异质性知识资源的行为,主要来自组织、市场和技术这三个维度(Antons and Piller, 2015),由于本文研究企业重组不同来源和知识特征的技术,故将范围缩小到技术边界来考察企业重组外部技术对关键核心技术创新的影响。跨技术边界搜索是指超越组织边界和认知基础,搜索与技术、生产工艺和方法等有关的新知识(Rosenkopf and Nerkar, 2001)。企业通过跨越原有的技术边界,从外部获取大量互补性知识,与现有知识库形成互补,使企业摆脱原有的技术依赖陷阱,帮助企业在技术上实现突破和开发出全新的产品(Rosenkopf and Nerkar, 2001; Katila and Ahuja, 2002)。

本文考察了跨技术边界搜索对重组不同知识主体开发的技术与关键核心技术创新之间关系的影响。首先,企业开发的技术具有较高技术相关性和重叠性,而跨界搜索可使企业超越原有技术边界获得新重组。现有文献实证表明,技术知识跨界搜索促进了企业间的技术交换,从而增加了企业对内外部技术重组的可能性(Katila and Ahuja, 2002)。即企业在熟悉的领域进行技术重组时,从外部技术领域吸收跨界知识对其技术开发起到良好的“互补”作用(Grigoriou and Rothaermel, 2017),拓展了企业的技术来源,增加了企业具有更多技术组合的可能性,有利于打破企业原有的技术轨迹和核心刚性(Rosenkopf and Nerkar, 2001; Jung, 2020),因而更有可能实现关键核心技术突破。

其次,由于关键核心技术创新需要深入更窄的领域进行挖掘和重组(Kaplan and Vakili, 2015),面临异质性和多样性的知识时,跨界搜索可能增加技术重组的不确定性风险。一方面,高校和科研院所开发的技术往往基于基础研究,但这些技术转化为商用的渠道并不通畅(夏清华和乐毅, 2020),因而与企业的技术相比具有异质性。而跨界搜索增加了知识组合的复杂程度,企业在短期面对较大的学习难度,降低了技术创新效率(王泓略等, 2020),从而使技术重组对关键核心技术创新具有负

面作用。另一方面, 尽管协作研发技术本身具有扩大知识库的效用, 但联合研发技术基于多个研发主体, 同时也意味着更多样和复杂的知识组合, 企业的跨界搜索增加了其中的认知冲突风险, 这无异于提高了知识管理和搜索成本(王泓略等, 2020), 由于企业只具有有限的吸收能力, 复杂的知识元素组合可能使企业难以吸收转化并与自身技术良性耦合, 从而不利于企业进行关键核心技术创新。综上所述, 本文提出假设:

**H4a:** 企业跨界搜索负向调节重组大学和科研院所开发的技术与关键核心技术创新的关系。

**H4b:** 企业跨界搜索正向调节重组企业开发的技术与关键核心技术创新的关系。

**H4c:** 企业跨界搜索负向调节重组联合研发技术与关键核心技术创新的关系。

### 3. 研究设计

#### 3.1 样本选取与数据收集

首先, 在中美贸易战中, 美国对我国某些行业实行技术封锁, 例如华为、中兴等企业遭遇芯片制造困境, “缺芯”问题凸显, 从而陷入“卡脖子”的困境, 因此研究芯片行业的关键核心技术创新具有代表性及解决现实问题的典型性。其次, 芯片领域的技术封锁多集中在电子信息产业上游技术(汤志伟等, 2021), 这一方面反映出我国自主创新能力不足, 另一方面也反映出电子信息产业的“卡脖子”技术关乎国家经济安全, 在产品价值链中具有关键地位。同时, 高质量专利是衡量企业能否实现“卡脖子”技术突破后经济效益最大化的最直接手段(杨武等, 2022), 积极搜索高质量技术专利, 不断迭代完善现有技术, 对企业实现关键核心技术创新具有战略意义。因此, 本文以产业链上游的基础元器件中的半导体芯片制造产业申请的专利为主要研究样本。

第一步搜集样本专利。首先, 根据基础元器件的国际专利类别, 选取了 IPC 分类号为 H01L 的专利数据; 其次, 由于在专利创新中, 发明的创新性最高, 在进行数据清洗时, 筛选出专利类型为发明或授权发明的专利; 再次, 由于本文的研究对象是企业, 剔除了法律状态为驳回和失效的专利, 并筛选出当前申请人仅为企业的专利。

第二步搜集样本专利的后向引用专利。首先通过 Python 整理出每条样本专利的引用专利的公开号; 随后将这些专利在专利数据库中进行检索, 并根据当前专利申请人信息手动整理其发明人主体类别, 根据专利分类号归纳出其所属技术领域; 最后再利用 Python 计算出本文的相关变量指标。经过上述数据清洗和计算最终共得到 2003—2020 年企业申请的 5388 条有效发明样本专利以及 20979 条样本专利的后向引用专利, 其中专利数据来自国家知识产权局专利数据库、智慧芽和佰腾网专利数据库。

#### 3.2 变量选取及其测度

##### 3.2.1 被解释变量

关键核心技术(KCT), 参考 Noh 等(2016)构建的技术核心特征测度模型, 结合本文的数据特征,

共选取了反映核心技术特征的 7 个专利指标建立核心特征指数。指标上, 选取了科学关联度、技术累积度、权利要求数量、前向引证数量、专利合作范围、同族专利数量、同族专利被引证数量共 7 个指标。在方法上, 运用熵值法对指标模型中的各指标进行赋权, 通过合成指数法构建核心专利特征指数, 参考现有文献基于指标得分排名百分比选取核心专利的方法(杨武和王爽, 2021), 本文筛选出排名前 5% 的专利设定为“关键核心技术”(KCT), 并编码为 1, 其他则编码为 0。其中, 在计算指标比重时发现部分指标值为 0, 所以在每一项比值后面均加 0.001 进行非负平移, 避免后续取对数时出现无效数据。具体测度方法如下:

第一步: 根据专利 7 个指标, 构建一个 5388×7 的数据矩阵  $M$ :

第二步: 计算第  $i$  条专利的第  $j$  个指标的比重:

$$P_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^{5388} X_{ij}} + 0.001$$

第三步: 根据每个指标的比重计算其熵值:

$$E_j = -k \sum_{i=1}^{5388} (P_{ij}) \times \ln(P_{ij}), \text{ 其中 } k = \frac{1}{\ln 5388}$$

第四步: 根据熵值计算每个指标的权重:

$$W_j = \frac{1 - E_j}{\sum_{j=1}^7 (1 - E_j)}$$

第五步: 根据合成指数法, 计算出每条专利的核心特征指数:  $CCI_i = \sum_{j=1}^7 (X_{ij} \times W_j)$

最后, 将排名前 5% 的专利设定为关键核心技术(KCT)并编码为 1, 其他则编码为 0。

根据上述测度方法, 各指标含义以及熵值法所测度的指标权重如表 1 所示:

表 1 核心技术特征指数及指标权重

测度指标	专利指标	指标解释	权重
核心技术特征指数(KCI)	科学关联度	科学关联度指非专利文献引用数量, 反映了专利的科研创新基础	0.71%
	技术累积度	技术累积度代表专利的后向引证数量	26.89%
	权利要求数量	权利要求数量反映专利内含的科研成果和保护范围	17.28%
	前向引证数量	前向引证数量代表了专利对后续创新的影响	14.27%
	专利合作范围	专利合作范围越广, 突破现有技术壁垒的可能性越大	14.46%
	同族专利数量	同族专利数量体现了专利的市场扩散程度	16.70%
	同族专利被引证数量	同族专利被引证数量反映了专利家族的技术发散强度	9.69%

### 3.2.2 解释变量

重组技术(RT)，本文借鉴 Ahuja 等(2001)的方法，使用专利的后向引用类别及其比例来衡量企业的重组行为。由于高校与科研院所在文献资源与科研氛围上存在差异，为了更精确展示变量相关性的影响，本文将大学与科研院所单独列示。本文在研究设计中将后向引用主体分为四类：(1)高校；(2)科研院所；(3)企业；(4)联合研发。在变量具体测度上，本文采取比例法对企业重组行为进行测度，即用每一个专利后向引用中来自研发主体  $n$  的数量占该专利的后向引用专利总数的比重测量“重组研发主体  $n$  开发的技术”。

### 3.2.3 调节变量

跨界搜索(CTS)，基于知识类型边界划分，跨界搜索往往被分为技术知识跨界搜索与市场知识跨界搜索，本文从技术领域探讨企业的跨界搜索行为。专利的国际专利分类号(IPC)定义了该专利所属的技术领域，因此，为了检验跨界搜索对企业重组外部技术与关键核心技术创新之间关系的影响，本文将样本专利的后向引用是否属于电气基本元器件定义为企业在技术创新过程中是否进行了跨界搜索。参考现有研究(Kim et al., 2013)，具体测量方法是根据企业搜索专利的 IPC 分类号，使用不包含 H01L 的专利与搜索专利总数的比值测量“跨界搜索”。

### 3.2.4 控制变量

为了控制企业重组现有技术的整体趋势，本文控制了样本专利后向引用专利的主体类型数量 (variety)；由于科学研究成果有一部分来自出版物，如非专利文献，专利技术会引用这些非专利文献，本文使用样本专利后向引用的非专利文献的数量 (nonpatent) 来控制基础科学与技术创新之间的关联程度(杨武和王爽, 2021)；考虑专利技术复杂度的影响，本文使用样本专利的发明人数 (inventors) 和样本专利与高校或科研院所合作研发 (research\_co) 来控制技术创新资源的复杂程度 (Jung, 2020)；由于外部技术可能对创新的影响，本文考虑了重组技术的来源国，将后向引用专利中若引用了非中国大陆专利 (foreigntech) 则编码为 1，否则编码为 0，并且控制了专利后向引用的外源专利国家数量 (foreignnum) (冯锋等, 2011)。

## 3.3 模型选择

由于本文的被解释变量关键核心技术(KCT)为虚拟变量，自变量用连续变量测量，故本文采取 Logit 回归模型检验企业技术重组和跨界搜索对关键核心技术创新的影响。本文模型如下：

$$KCT = \alpha_0 + \alpha_1 RT_n + \alpha_2 CTS + \alpha_3 CTS \times RT_n + \sum \alpha_i \text{controls} + \varepsilon_i$$

其中， $RT_n$  为重组创新主体  $n$  的技术，是本文的核心解释变量， $n$  分别表示大学、科研院所、企业、联合研发主体。CTS 为跨界搜索，是本文的调节变量，使用每条样本专利跨技术边界搜索的比例测量。 $\varepsilon_i$  是随机扰动项。

## 4. 实证分析

### 4.1 描述性统计

表 2 提供了变量的描述性统计结果。样本专利技术重组主体类型数量的平均值为 1.48, 这说明重组技术已成为企业开发活动的一个重要渠道, 但是企业在搜索外部技术时, 并不会跨越多个知识主体, 这可能是企业考虑到了重组成本。其次, 后向引用的主体中, 描述性统计结果表明重组大学和科研院所开发的技术均值都较低, 分别为 0.03 和 0.02, 而重组企业开发的技术均值为 0.62。在控制变量中, 控制了样本专利属于协作研发的类型, 本文发现与大学或科研院所合作开发的样本专利平均值较低, 为 0.011, 这说明目前在关键核心技术尚待突破的半导体芯片制造行业的技术产学研合作尚较弱, 这可能是知识异质性导致的, 即企业更愿意与自身技术相关性更高的技术主体协作来降低知识多元化造成的不确定性和风险。最后, 样本专利重组技术来自国外主体研发的国家数量平均值接近 1, 最大值为 5, 这说明外源性技术在半导体行业中具有不可忽视的作用。

本文检验了各变量之间的线性关系(未展示), 方差膨胀因子 VIF 系数介于 1.0~3.67, 平均值为 1.90, 这说明变量之间不存在严重的多重共线性问题, 可纳入回归方程进行回归分析。

表 2 主要变量的描述性统计

变量	变量描述	观测值	平均值	标准差	最小值	最大值
<b>被解释变量</b>						
KCT	关键核心技术	5388	0.0501	0.2182	0	1
<b>解释变量</b>						
RT_univer	重组大学开发的专利	5388	0.0293	0.0994	0	1
RT_insti	重组科研院所开发的专利	5388	0.0221	0.0868	0	1
RT_corp	重组企业开发的专利	5388	0.6213	0.3627	0	1
RT_coop	重组联合研发的专利	5388	0.0064	0.0417	0	1
<b>调节变量</b>						
CTS	跨界搜索	5388	0.5011	0.5000	0	1
<b>控制变量</b>						
variety	技术重组类型数量	5388	1.4777	0.9588	0	5
nonpatent	非专利文献引用数量	5388	0.0549	0.3359	0	7
inventors	专利发明人数	5388	3.2467	1.9938	1	12
research_co	专利与大学或科研院所合作研发	5388	0.0113	0.1058	0	1
foreigntech	是否后向引用外源专利	5388	0.6988	0.4588	0	1
foreignnum	后向引用外源专利国家数量	5388	0.9646	0.8116	0	5

## 4.2 回归结果

### 4.2.1 技术重组对关键核心技术创新的影响

本文使用 Logit 回归检验重组不同知识主体开发的技术对企业关键核心技术创新的影响，回归结果见表 3。第(1)列仅包含了控制变量；第(2)至(5)列依次分别纳入来自大学、科研院所、企业、联合研发的数据；第(6)列是纳入所有变量后的回归结果。图 1 反映了技术重组与关键核心技术创新之间的关系趋势，与基础回归结果一致。

第(2)列和第(3)列显示重组大学和科研院所开发的技术对关键核心技术的影响系数为负且显著( $r = -1.925, p < 0.05$ ;  $r = -1.946, p < 0.05$ )，假设 H1b 得到验证，即重组高校和科研院所开发的技术未能促进企业的关键核心技术创新。同时，与大学或科研院所联合研发技术专利对关键核心技术为显著的负向作用( $p < 0.05$ )。这说明目前我国在关键核心技术“卡脖子”领域，企业吸收高校和科研院所知识的能力较弱，未能形成良性耦合。

第(4)列显示重组企业开发的技术对关键核心技术的影响系数为正且显著( $r = 0.676, p < 0.01$ )，假设 H2a 得到验证，即重组企业开发的技术有助于关键核心技术创新。这可能是因为知识相似性对企业双方技术有更深刻的理解，从企业获得的知识转化率较高，有利于企业开展探索性的创新活动，最终实现核心技术突破。

第(5)列重组联合研发的技术对关键核心技术的影响并不显著，假设 H3 没有得到验证，这可能是因为相关技术领域联合研发技术的“挤出效应”使得团队的创新成果较低。一方面，合作研发具有成果导向性，往往针对某一具体问题开发技术，不具有普遍性，导致这些技术对关键核心技术突破的作用甚微。另一方面，联合研发人员之间面临复杂的知识组合关系，加上协作研发存在交易成本和合作惯性，使得联合研发的技术并非最优质技术，因此企业在重组这类技术时对其关键核心技术创新不能起到显著的指导作用。

表 3 重组不同主体开发的技术对关键核心技术创新的直接影响

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Independent variable						
RT_univer		-1.925** (0.816)				-2.129** (0.873)
RT_insti			-1.946** (0.947)			-2.375** (1.090)
RT_corp				0.676*** (0.245)		0.486* (0.258)
RT_coop					-0.621 (1.443)	-1.480 (1.470)

续表

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Control variable						
variety	-0.0949 (0.0921)	0.0144 (0.105)	-0.0169 (0.0995)	-0.0575 (0.0944)	-0.0875 (0.0947)	0.164 (0.125)
nonpatent	3.263*** (0.161)	3.363*** (0.167)	3.289*** (0.163)	3.301*** (0.163)	3.263*** (0.161)	3.443*** (0.173)
inventors	-0.0984** (0.0389)	-0.0989** (0.0393)	-0.0962** (0.0387)	-0.0920** (0.0387)	-0.0982** (0.0389)	-0.0912** (0.0390)
research_co	-1.729*** (0.643)	-1.734*** (0.657)	-1.615** (0.665)	-1.797*** (0.648)	-1.737*** (0.642)	-1.656** (0.683)
foreigntech	0.0783 (0.269)	-0.0217 (0.276)	0.00276 (0.270)	-0.245 (0.276)	0.0746 (0.269)	-0.355 (0.281)
foreignnum	0.358*** (0.121)	0.337*** (0.122)	0.343*** (0.122)	0.381*** (0.122)	0.356*** (0.122)	0.330*** (0.123)
Constant	-3.474*** (0.192)	-3.501*** (0.192)	-3.496*** (0.194)	-3.787*** (0.241)	-3.478*** (0.192)	-3.775*** (0.239)
N	5388	5388	5388	5388	5388	5388
Pseudo R <sup>2</sup>	0.2665	0.2689	0.2680	0.2697	0.2665	0.2735

注：括号内为标准误，\*代表  $p < 0.1$ ，\*\*代表  $p < 0.05$ ，\*\*\*代表  $p < 0.01$ 。下同。

此外，本文还发现发明人数与关键核心技术创新之间存在显著的负相关关系 ( $p < 0.05$ )，这是因为技术研发涉及的人员越多，管理维系成本越高，这在无形中降低技术重组的效率，不利于技术创新。此外，外源性技术对关键核心技术创新的影响显著为正 ( $p < 0.01$ )，说明我国的半导体芯片产业实现创新突破仍依赖国外技术。

#### 4.2.2 跨界搜索的调节作用

本文检验了跨界搜索对重组不同主体技术与关键核心技术创新之间关系的调节作用，纳入调节变量后的回归结果见表 4。结果发现，跨技术边界搜索对关键核心技术创新的影响大体上正向显著，说明跨越知识边界有利于融合不同知识背景，弥补了现有资源的不足，从而促进了创新主体的技术突破。技术重组与跨界搜索对关键核心技术的影响趋势如图 2 所示，与回归结果保持一致。

表 4 的第(1)列显示，重组大学的技术对关键核心技术创新的影响，交互关系为负向显著 ( $r = -2.537, p < 0.1$ )；第(2)列的结果表明重组科研院所开发的技术，交互项为负向作用但是不显著，因此假设 H4a 基本得到验证。这是因为大学和科研院所开发的技术对企业而言具有较高异质性，企业具有较高的学习成本，重组其开发的技术不利于关键核心技术创新，而跨界搜索使知识元素变得更加复杂，因而“放大”了其不利影响，加剧了大学和科研院所开发的技术对关键核心技术创新的阻碍作用。

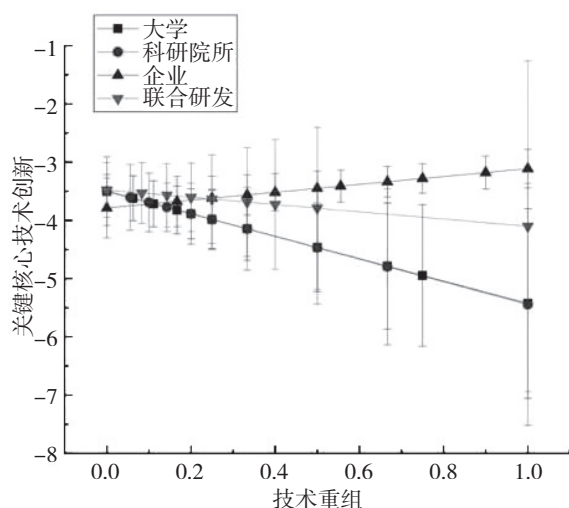


图1 技术重组与关键核心技术创新关系

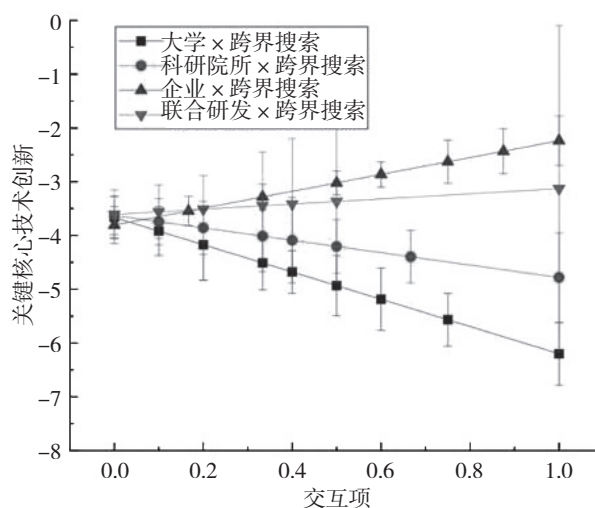


图2 技术重组、跨界搜索与关键核心技术创新关系

第(3)列表明, 重组企业开发的技术与跨界搜索的交互项正向显著( $r = 1.569, p < 0.05$ ), 假设 H4b 得到支持。因为企业之间存在一定技术相关性, 相较于高校和科研院所, 企业更易理解企业开发的技术, 重组企业开发的技术减少了不同知识主体间冲突, 而跨界搜索有利于企业扩大现有知识库, 在企业实现新知识领域和现有知识领域之间的良性耦合中起到了显著的推动作用, 进而对关键核心技术突破起到“锦上添花”的作用。

第(4)列中, 重组联合研发的技术与跨界搜索的交互项为正向但是不显著, 假设 H4c 没有得到验证。这说明, 在重组多主体研发的技术时进行跨领域技术的组合没有显著激发关键核心技术创新。尽管跨界搜索对关键核心技术创新有显著的促进作用, 但由于联合研发存在的“挤出效应”——交易成本和合作惯性降低了团队的创新成果, 联合研发技术对关键核心技术创新影响甚微。再加上研发人员的跨界搜索加剧了在不同技术领域间知识组合的复杂程度, 这会削弱跨界搜索对关键核心技术创新的推动效果。

表4 跨界搜索在技术重组与关键核心技术创新关系中的调节作用

	(1)	(2)	(3)	(4)
Independent variable				
RT_univer	-0.212 (1.007)			
RT_insti		-1.152 (0.933)		
RT_corp			0.00656 (0.352)	
RT_coop				-0.990 (4.032)

续表

	(1)	(2)	(3)	(4)
Moderator variable				
CTS	0.775 <sup>***</sup> (0.195)	0.707 <sup>***</sup> (0.188)	-0.560 (0.523)	0.711 <sup>***</sup> (0.187)
RT_univer×CTS	-2.537 <sup>*</sup> (1.347)			
RT_insti×CTS		-0.916 (1.691)		
RT_corp×CTS			1.569 <sup>**</sup> (0.654)	
RT_coop×CTS				0.477 (4.296)
Control variable				
variety	-0.100 (0.114)	-0.123 (0.109)	0.00249 (0.109)	-0.185 (0.103)
nonpatent	3.417 <sup>***</sup> (0.168)	3.345 <sup>***</sup> (0.165)	3.398 <sup>***</sup> (0.167)	3.322 <sup>***</sup> (0.163)
inventors	-0.0857 <sup>**</sup> (0.0396)	-0.0838 <sup>**</sup> (0.0389)	-0.0766 <sup>**</sup> (0.0390)	-0.0853 <sup>**</sup> (0.0390)
research_co	-1.871 <sup>**</sup> (0.684)	-1.656 <sup>*</sup> (0.699)	-2.015 <sup>**</sup> (0.687)	-1.695 <sup>**</sup> (0.700)
foreigntech	-0.180 (0.277)	-0.147 (0.270)	-0.254 (0.285)	-0.0940 (0.271)
foreignnum	0.288 <sup>**</sup> (0.120)	0.291 <sup>**</sup> (0.121)	0.332 <sup>**</sup> (0.121)	0.302 <sup>**</sup> (0.121)
Constant	-3.664 <sup>***</sup> (0.207)	-3.628 <sup>***</sup> (0.205)	-3.806 <sup>***</sup> (0.240)	-3.606 <sup>***</sup> (0.200)
N	5388	5388	5388	5388
Pseudo R <sup>2</sup>	0.2770	0.2750	0.2787	0.2739

### 4.3 稳健性检验

为了进一步检验实证结果的稳健性,本文通过重新计算被解释变量和更换实证模型进行稳健性分析。

稳健性检验 1 中,对被解释变量增加了样本专利年均被引用频次,以替换基础回归中同族专利

被引用频次指标, 并根据上述熵值法重新计算了核心技术, Logit 回归结果如表 5 所示。其中, 第 (1) 列仅包含控制变量, 第 (2) 至 (5) 列为重组不同知识主体的技术与关键核心技术创新之间关系的实证结果, 第 (6) 至 (9) 列为纳入调节变量后的回归结果, 可以发现与本文的主要结论保持一致。此外, 在数据分析时我们发现样本专利核心指数得分较低, 考虑到对关键核心技术编码的偏差, 故在稳健性检验 2 中将专利的核心特征指数 (KCI) 作为被解释变量, 并更换实证模型, 采用 OLS 回归进行检验, 回归结果如表 6 所示。总体上, 稳健性检验结果没有改变上述回归结果。

表 5 稳健性检验 1: 替换关键核心技术测度指标

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Independent variable									
RT_univer		-1.376* (0.783)				0.400 (0.948)			
RT_insti			-1.955** (0.884)				-1.080 (0.870)		
RT_corp				0.880*** (0.276)				0.409 (0.357)	
RT_coop					0.153 (1.300)				-0.483 (3.016)
Moderator variable									
CTS						0.466** (0.181)	0.374** (0.172)	-0.567 (0.487)	0.362** (0.172)
RT_univer×CTS						-3.069** (1.296)			
RT_insti×CTS							-1.432 (1.666)		
RT_corp×CTS								1.167* (0.609)	
RT_coop×CTS									0.867 (3.246)
Control	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Constant	-3.965*** (0.214)	-3.987*** (0.215)	-3.993*** (0.217)	-4.459*** (0.296)	-3.964*** (0.213)	-4.116*** (0.224)	-4.073*** (0.224)	-4.427*** (0.291)	-4.031*** (0.217)
N	5388	5388	5388	5388	5388	5388	5388	5388	5388
Pseudo R <sup>2</sup>	0.2361	0.2376	0.2379	0.2407	0.2362	0.2419	0.2401	0.2442	0.2385

表 6 稳健性检验 2: 更换实证模型

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Independent variable									
RT_univer		-0.046*** (0.0124)				-0.007 (0.0163)			
RT_insti			-0.037*** (0.0138)				-0.021 (0.0171)		
RT_corp				0.032*** (0.0037)				0.018*** (0.0046)	
RT_coop					0.022 (0.0276)				0.056 (0.0436)
Moderator variable									
CTS						0.019*** (0.0027)	0.017*** (0.0027)	-0.018** (0.0076)	0.018*** (0.0026)
RT_univer×CTS						-0.069*** (0.0223)			
RT_insti×CTS							-0.022 (0.0262)		
RT_corp×CTS								0.043*** (0.0095)	
RT_coop×CTS									-0.042 (0.0547)
Control	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Constant	0.254*** (0.0029)	0.253*** (0.0029)	0.253*** (0.0029)	0.243*** (0.0031)	0.254*** (0.0029)	0.250*** (0.0029)	0.251*** (0.0029)	0.243*** (0.0031)	0.251*** (0.0029)
N	5388	5388	5388	5388	5388	5388	5388	5388	5388
adj. R <sup>2</sup>	0.421	0.422	0.422	0.429	0.421	0.428	0.426	0.435	0.426

## 5. 研究结论与讨论

### 5.1 结论

当前, 创新已成为大国博弈的核心和经济发展的关键动能(龚红和彭玉瑶, 2020)。长期以来,

我国在高端芯片领域技术严重依赖进口，甚至成为制约我国发展的“瓶颈”，随着全球化竞争和科技摩擦加剧，我国已进入高端制造业关键核心技术突破的重要关口。面对发达国家对于我国高精尖前沿芯片技术的封锁，如何尽快突破“卡脖子”关键核心技术、走出受制于人的困境已迫在眉睫。由于在短期内实现从0到1的关键核心技术突破极为困难，而知识搜索和知识重组是创新的重要途径，将现有科学知识和技术融合以实现“1+1>2”的突破途径更具有现实意义。

本文的研究以知识基础理论为基础，企业所拥有的知识是维持其核心竞争力的战略性资源。知识来源有多种，不同创新主体的知识基础及其开发的技术各有不同，企业已无法在不断更新迭代的技术和快速变化的市场环境中“独善其身”，为了避免自身知识池枯竭，企业需要不断搜索挖掘外部知识甚至跨领域搜索技术为其创新注入新的血液，以寻求技术的突破。而关键核心技术的创新是当前半导体芯片行业生死攸关的重大问题，因此，本文以半导体芯片产业为研究样本，从专利技术层面明晰了企业重组来自不同创新主体开发的技术对企业关键核心技术创新的影响差异，并验证了跨界搜索在其中的调节效应，以期助力突破“卡脖子”关键核心技术。

本文的研究发现：(1)企业重组企业开发的技术有利于关键核心技术创新，但重组高校和科研院所开发的技术未能促进企业关键核心技术创新，企业吸收高校和科研院所知识的能力仍然较弱。进一步研究发现，跨界搜索在重组企业开发技术与关键核心技术创新之间起到了锦上添花的“助力效应”，但是在重组高校和科研院所开发技术与关键核心技术创新之间起到了“放大效应”，即跨界搜索放大了高校和科研院所开发技术的阻碍作用。(2)究其原因，可能是因为企业之间知识相似性对双方技术有更深刻的理解，有利于其从事各种各样的探索性活动，跨界搜索便有助于其尝试新兴的和开创性的技术，因此对关键核心技术突破有显著促进作用。而高校和科研院所的研究相对于企业具有较高的知识异质性，企业重组这类技术可能需要更漫长的周期进行吸收和改进，进行跨界搜索无异于会增加知识管理成本，削弱企业的创新效率，进而不利于关键核心技术的突破。(3)在半导体芯片制造领域，联合研发主体之间可能存在“貌合神离”的情形，其研发出的技术在创新性上并未达到“1+1>2”的效果，从而使重组联合研发的技术对关键核心技术创新的影响不显著，这可能是关键核心技术长期处于瓶颈难以突破的原因所在。

## 5.2 启示

(1)基础不牢，地动山摇。在技术层面上，“卡脖子”的根源在于基础研究薄弱，加强高校、科研院所和核心企业在芯片领域的基础研究任重道远。同时研究应以技术的应用作为牵引，从经济社会发展和国家安全面临的实际问题中提炼科学问题，加强对基础研究的投入，扎根关键核心技术的根技术和底层研究，弄通“卡脖子”技术的基础理论和技术原理。同时，当前我国大量的高校专利处于沉睡状态得不到有效利用，同时企业缺乏相关技术支持。虽然我国在不断探索各类新平台、新机制，仍缺乏专门针对“卡脖子”技术联合攻关的研究团队，因此，企业在重组使用高校或科研院所开发的技术时应当合理规划技术研究项目，避免不同知识主体间认知冲突的负面影响，以差异化精准满足研究团队中创新人员的个性化诉求(陈劲和朱子钦, 2020)。

(2)在创新链层面上，创新离不开对外部知识和技术的搜索和利用，然而外部知识并非对技术创

新具有绝对的促进作用,不同的知识来源对企业关键核心技术创新会产生截然不同的影响。企业作为技术应用的重要主体,在开发创新时应结合自身研发情况积极拓展搜索渠道,有的放矢地对外部现有知识或技术加以吸收,灵活运用现有创新成果,实现内外部知识有效整合,以此开展关键核心技术创新。同时,企业应当加强与高校或科研院所的联系,克服知识耦合“盲点”,实现知识有效互补,提高基础知识流向企业的效率,促进技术转化为其所用。此外,企业也应当积极发展与其他企业之间的合作关系,充分发挥企业家创新精神,在相同技术领域内共同向下深挖,实现关键核心技术的突破。通过创新生态系统成员之间的良性耦合,突破“卡脖子”技术。

### 5.3 不足与未来展望

本研究也存在不足。首先,在样本选择上,由于样本数量有限,且仅限于半导体芯片制造领域,单一产业可能限制了本文研究结论的普适性。其次,本文从技术层面开展实证研究,未来可从企业层面和跨行业开展进一步研究。最后,本文仅探讨了跨界搜索在技术重组与关键核心技术创新之间的作用,未来的研究可以考虑使用更广泛多样的数据,如市场层面和宏观政策层面进行差异化分析,并对重点企业开展调研,结合案例分析从而得出更具普遍性的结论。

#### ◎ 参考文献

- [1]陈劲,阳镇,朱子钦.“十四五”时期“卡脖子”技术的破解:识别框架、战略转向与突破路径[J].改革,2020,33(12).
- [2]陈劲,朱子钦.关键核心技术“卡脖子”问题突破路径研究[J].创新科技,2020,20(7).
- [3]陈静,曾德明,欧阳晓平.知识重组能力与高新技术企业绩效——冗余资源与创新开放度的调节效应分析[J].管理工程学报,2021,35(3).
- [4]冯锋,马雷,张雷勇.外部技术来源视角下我国高技术产业创新绩效研究[J].中国科技论坛,2011,27(10).
- [5]龚红,彭玉瑶.技术董事,CEO 开放性与企业创新可持续性——基于中国高科技上市公司的实证研究[J].珞珈管理评论,2020,33(2).
- [6]韩凤芹,史卫,陈亚平.以大战略观统领关键核心技术攻关[J].宏观经济研究,2021(3).
- [7]李传超,杨蕙馨.技术轨道视角下中国全球创新价值链嵌入位置研究[J].江西财经大学学报,2021(4).
- [8]李良成,魏双双.基于专利商业化困境的政策分析[J].科技管理研究,2016,36(19).
- [9]刘斐然,胡立君,范小群.产学研合作对企业创新质量的影响研究[J].经济管理,2020,42(10).
- [10]刘瑞明,金田林,葛晶,等.唤醒“沉睡”的科技成果:中国科技成果转化的困境与出路[J].西北大学学报(哲学社会科学版),2021,51(4).
- [11]柳卸林,何郁冰.基础研究是中国产业核心技术创新的源泉[J].中国软科学,2011(4).

- [12] 罗蕾, 刘凤朝, 张淑慧. 知识搜索节奏、知识重用轨迹与企业创新绩效[J]. 科学学研究, 2020, 38(9).
- [13] 罗立国, 林文广. 核心专利挖掘指标研究——以新能源汽车装置领域为例[J]. 科技管理研究, 2018, 38(18).
- [14] 贾根良, 李家瑞. 美国中小科技企业创新对我国的启示[J]. 江西社会科学, 2021, 41(1).
- [15] 宋立丰, 区钰贤, 王静等. 基于重大科技工程的“卡脖子”技术突破机制研究[J]. 科学学研究, 2022, 40(11).
- [16] 汤志伟, 李昱璇, 张龙鹏. 中美贸易摩擦背景下“卡脖子”技术识别方法与突破路径——以电子信息产业为例[J]. 科技进步与对策, 2021, 38(1).
- [17] 王泓略, 曾德明, 陈培帧. 企业知识重组对技术创新绩效的影响: 知识基础关系特征的调节作用[J]. 南开管理评论, 2020, 23(1).
- [18] 王旭, 褚旭. 制造业企业绿色技术创新的同群效应研究——基于多层次情境的参照作用[J]. 南开管理评论, 2022, 25(2).
- [19] 吴言波, 邵云飞, 殷俊杰. 战略联盟知识异质性对焦点企业突破性创新的影响研究[J]. 管理学报, 2019, 16(4).
- [20] 夏清华, 乐毅. “卡脖子”技术究竟属于基础研究还是应用研究? [J]. 科技中国, 2020(10).
- [21] 杨武, 陈培, David, G. 光刻机产业技术扩散与技术动态演化——对“卡脖子”技术的启示[J]. 中国科技论坛, 2022(9).
- [22] 杨武, 王爽. 特征分析视角下核心技术动态趋势识别——以光刻技术为例[J]. 情报杂志, 2021, 40(12).
- [23] 张贝贝, 李存金, 尹西明. 关键核心技术产学研协同创新机理研究——以芯片光刻技术为例[J]. 科技进步与对策, 2023, 40(1).
- [24] 张琳, 果春山, 孙毅, 贾敬敦. 数字经济核心产业创新能力研究与评价[J]. 科学管理研究, 2022, 40(5).
- [25] 张蕴萍, 董超, 栾菁. 数字经济推动经济高质量发展的作用机制研究——基于省级面板数据的证据[J]. 济南大学学报(社会科学版), 2021(5).
- [26] 张治河, 苗欣苑. “卡脖子”关键核心技术的甄选机制研究[J]. 陕西师范大学学报(哲学社会科学版), 2020, 49(6).
- [27] Ahuja, G., Lampert, C. M. Entrepreneurship in the large corporation: A longitudinal study of how established firms create breakthrough inventions[J]. Strategic Management Journal, 2001, 22(6).
- [28] Antons, D., Piller, F. T. Opening the black box of “not invented here”: Attitudes, decision biases, and behavioral consequences[J]. Academy of Management Perspectives, 2015, 29(2).
- [29] Belderbos, R., Gilsing, V., Lokshin, B., et al. The antecedents of new R&D collaborations with different partner types: On the dynamics of past R&D collaboration and innovative performance[J]. Long Range Planning, 2018, 51(2).

- 
- [30] Dong, J. Q., Yang, C. H. Information technology and innovation outcomes: Is knowledge recombination the missing link? [J]. *European Journal of Information Systems*, 2019, 28(6).
- [31] Grigoriou, K., Rothaermel, F. T. Organizing for knowledge generation: internal knowledge networks and the contingent effect of external knowledge sourcing[J]. *Strategic Management Journal*, 2017, 38(2).
- [32] Harrigan, K. R., Di Guardo, M. C., Marku, E., et al. Using a distance measure to operationalise patent originality[J]. *Technology Analysis & Strategic Management*, 2017, 29(9).
- [33] Hawkins, M. A., Rezazade, M. H. Knowledge boundary spanning process: Synthesizing four spanning mechanisms[J]. *Management Decision*, 2012, 50(10).
- [34] Henderson, R. M., Clark, K. B. Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms[J]. *Administrative Science Quarterly*, 1990, 35(1).
- [35] Jung, H. J. Recombination sources and breakthrough inventions: University-developed technology versus firm-developed technology[J]. *Journal of Technology Transfer*, 2020, 45(4).
- [36] Kaplan, S., Vakili, K. The double-edged sword of recombination in breakthrough innovation [J]. *Strategic Management Journal*, 2015, 36(10).
- [37] Katila, R., Ahuja, G. Something old, something new: A longitudinal study of search behavior and new product introduction[J]. *Academy of Management Journal*, 2002, 45(6).
- [38] Kim, S. K., Arthurs, J. D., Sahaym, A., et al. Search behavior of the diversified firm: The impact of fit on innovation[J]. *Strategic Management Journal*, 2013, 34(8).
- [39] Nevens, T. M. Commercializing technology: What the best companies do[J]. *Planning Review*, 1990, 18(6).
- [40] Noh, H., Song, Y. K., Lee, S. Identifying emerging core technologies for the future: Case study of patents published by leading telecommunication organizations[J]. *Telecommunications Policy*, 2016, 40(10).
- [41] Rosenkopf, L., Nerkar, A. Beyond local search: Boundary-spanning, exploration, and impact in the optical disk industry[J]. *Strategic Management Journal*, 2001, 22(4).
- [42] Savino, T., Petruzzelli, A. M., Albino, V. Search and recombination process to innovate: A review of the empirical evidence and a research agenda[J]. *International Journal of Management Reviews*, 2017, 19(1).
- [43] Schulze, A., Brojerdi, G. J. C. The effect of the distance between partners' knowledge components on collaborative innovation[J]. *European Management Review*, 2012, 9(2).
- [44] Wilhelm, M., Dolfsma, W. Managing knowledge boundaries for open innovation: Lessons from the automotive industry[J]. *International Journal of Operations & Production Management*, 2018, 38(1).
- [45] Yan, Y., Dong, J. Q., Faems, D. Not every coopetitor is the same: The impact of technological, market and geographical overlap with coopetitors on firms' breakthrough inventions[J]. *Long Range Planning*, 2020, 53(1).

**Breaking through “Neck-jamming” Technology: The Impact  
of Technological Recombination and Boundary-spanning Search  
on KCT Innovation of Firms**

Gong Hong<sup>1,2,3</sup> Chang Mengyue<sup>1</sup> Dong Shan<sup>1</sup>

(1 School of Economics and Management, Wuhan University, Wuhan, 430072;

2 Research Center of Strategic Emerging Industries, Wuhan University, Wuhan, 430072;

3 Research Center for China Industry-University-Research Institute Collaboration, Wuhan University, Wuhan, 430072)

**Abstract:** Under the unprecedented changes of new round of technological revolution and the new state of global economy, firms in China are facing “neck-jamming” technology dilemma brought by the transformation of the competition of trade into technology strength. Our study empirically analyzed the impact of technology recombination and boundary-spanning search on the KCT innovation of focal enterprises in order to promote the breakthrough of “neck-jamming” technology, taking the patents of semiconductor chip as the research sample. We found that recombining firm-developed technology has positive effect on KCT innovation, while recombining university- and institute- developed technology has opposite effect. Further results indicated that the boundary-spanning search played a “booster effect” between the firm-developed technology recombination and KCT innovation, but played a “magnifying effect” between the university-developed technology recombination and KCT innovation. The results showed that the technologies developed by different innovation entities have different effects on the KCT innovation, which provides micro evidence on how to achieve benign coupling of innovation chain as well as empirical support for the subsequent “neck-jamming” KCT breakthrough.

**Key words:** “Neck-jamming” technology; Technology recombination; Boundary-spanning search; Key core technological innovation

专业主编：陈立敏