



技术知识基础多元度对 突破性技术创新行为的影响

吴伟伟¹, 张琦¹, 梁州¹, 刘业鑫², 于渤¹, 高秋彤¹

1 哈尔滨工业大学 经济与管理学院, 哈尔滨 150001

2 哈尔滨工业大学(威海) 经济管理学院, 山东 威海 264209

摘要: 激发突破性技术创新行为对企业获取国际竞争力具有重要意义。已有研究较少关注突破性技术创新行为及其影响因素, 尤其缺少技术知识基础多元度对突破性技术创新行为的影响机制的探索。

基于知识基础观, 探讨技术知识基础多元度对突破性技术创新行为的直接影响, 分析在不同高管社会资本情景下, 技术管理能力对技术知识基础多元度与突破性技术创新行为关系的调节作用, 构建技术知识基础多元度影响突破性技术创新行为的理论模型。选取2013年至2017年中国制造业上市企业为研究样本, 运用层次回归分析方法对研究假设进行实证检验。

研究结果表明, 技术知识基础多元度对突破性技术创新行为具有显著正向影响; 技术管理能力在技术知识基础多元度影响突破性技术创新行为的过程中起正向调节作用; 高管横向社会资本和纵向社会资本越丰富, 越能够强化技术管理能力的正向调节作用, 高管横向社会资本对技术管理能力调节作用的影响更大。

研究结论从行为视角拓宽了突破性技术创新研究, 为技术创新理论研究提供新思路, 拓展了技术知识基础的解释范畴, 揭示出技术管理能力对技术知识基础与突破性技术创新行为关系的权变效应, 深化了对技术管理能力作用发挥机制的认识, 拓展了高管社会资本在技术管理领域中的应用。

关键词: 技术知识基础多元度; 突破性技术创新; 突破性技术创新行为; 技术管理能力; 高管社会资本

中图分类号: F273.1

文献标识码: A

doi: 10.3969/j.issn.1672-0334.2020.05.006

文章编号: 1672-0334(2020)05-0072-14

收稿日期: 2018-10-09 修返日期: 2019-07-05

基金项目: 国家自然科学基金(71472055); 国家社会科学基金(16AZD0006); 黑龙江省哲学社会科学基金项目(19GLB087); 中央高校基本科研业务费专项资金(HIT.NSRIF.2019033); 教育部人文社会科学项目(20YJC630090)

作者简介: 吴伟伟, 管理学博士, 哈尔滨工业大学经济与管理学院教授, 研究方向为技术管理和创新管理等, 代表性学术成果为“Effects of corporate environmental responsibility strength and concern on innovation performance; the moderating role of firm visibility”, 发表在2020年第3期《Corporate Social Responsibility and Environmental Management》, E-mail: wuweiwei@hit.edu.cn

张琦, 哈尔滨工业大学经济与管理学院博士研究生, 研究方向为技术管理等, E-mail: hit_zq910057@163.com

梁州, 哈尔滨工业大学经济与管理学院博士研究生, 研究方向为技术创新等, E-mail: liangzhou0805@163.com

刘业鑫, 管理学博士, 哈尔滨工业大学(威海)经济管理学院讲师, 研究方向为技术与创新管理等, 代表性学术成果为“技术管理能力对突破性技术创新行为的影响”, 发表在2020年第5期《科学学研究》, E-mail: lyx_hit90@163.com

于渤, 管理学博士, 哈尔滨工业大学经济与管理学院教授, 研究方向为创新管理和产业技术经济分析等, 代表性学术成果为“Entrepreneurial firms' network competence, technological capability, and new product development performance”, 发表在2014年第3期《Asia Pacific Journal of Management》, E-mail: yub@hit.edu.cn

高秋彤, 哈尔滨工业大学经济与管理学院硕士研究生, 研究方向为技术创新等, E-mail: 2314127472@qq.com

引言

《国家创新驱动发展战略纲要》提出要“前瞻布局新兴产业前沿技术研发,推动产业技术体系创新”,但目前中国仍然存在基础研究和前沿研究薄弱、技术引进规模较大、创新能力不强等问题,阻碍了创造发展新优势。2016年基础研究经费占比不足0.200%,远低于占比约为5%的美、德、日;技术引进合同金额高达307.28亿美元,其中引进美、德、日的技术费用超过60%。研究表明,出现这一问题的深层次原因是中国技术创新大多属于二次创新或模仿创新,突破性技术创新较少^[1]。突破性技术创新是推动科技创新跨越式发展、构筑产业国际竞争新优势的重要举措,如何有效实现突破性技术创新是目前中国面临的挑战。

实现突破性技术创新的根本动力来源于突破性技术创新行为,突破性创新行为根植于企业现有多样性的技术知识基础^[2]。从高管的角度,在技术知识基础影响突破性技术创新行为的过程中,不仅需要高管在企业内部发挥技术知识管理的硬性职责,还需要其与外部建立广泛关系,为技术活动带来相应的软性资源^[3]。技术管理能力和高管社会资本可能在技术知识基础影响突破性技术创新行为的过程中起重要作用。然而,目前对技术知识基础多元度影响突破性技术创新行为缺乏清晰的认识,尤其是缺失情景效应研究,导致技术创新能力和绩效低下,企业战略目标难以实现。因此,明确技术知识基础多元度如何影响突破性技术创新行为以及是否受到技术管理能力和高管社会资本情景要素的影响成为技术创新理论研究和实践中亟待解决的问题。

1 相关研究评述

1.1 突破性技术创新

突破性技术创新是建立在完全不同的工程和科学技术原理基础之上的,从根本上改变企业技术轨迹和颠覆市场产业价值链的一种高度非连续性的、具有革命性本质的创新类型。其特点体现为全新的产品特色、现有性能指标提高5倍或以上、成本节约30%及以上^[4]。已有关于突破性技术创新的研究主要聚焦于两个方面:一方面,关注突破性技术创新过程^[5-7]。SANDBERG^[5]和张可等^[6]基于技术创新理论将突破性技术创新过程分为模糊前段、产品研发和商业化3个阶段;LEIFER et al.^[7]识别出7种管理挑战及应对措施并指出模糊前端是突破性技术创新成功最关键的阶段。另一方面,关注突破性技术创新绩效的影响因素。大部分学者基于资源基础观认为异质性的资源^[8-10]和能力^[11-13]是企业获取竞争优势的前提,对突破性技术创新具有重要影响。DELGADO-VERDE et al.^[8]和徐蕾等^[9]分别从智力资本和社会资本视角,发现嵌入于企业的所有知识资产和源于个体或社会单元拥有的社会关系网络有助于承载非冗余的新颖知识,为突破原有经营模式提供契机;XU^[10]、ZHOU et al.^[14]和赵息等^[15]基于知识基础观,

进一步将知识基础划分为宽度和广度,发现不同类型的技术创新对知识基础要求不同,知识基础宽度积极影响突破性技术创新,而知识基础广度对渐进性技术创新有促进作用;除了知识基础,FOREŚ et al.^[11]、RITALA et al.^[12]和 SCARINGELLA et al.^[13]发现对知识的积累能力和吸收能力也积极影响突破性技术创新绩效。其他学者主要集中于组织结构^[16-17]、组织文化^[18-19]、战略导向^[13]和高管认知^[20]等组织视角以及国际研发联盟^[21]、战略合作^[22]和市场资源^[23]等外部因素。SLATER et al.^[24]利用Meta分析方法发展出突破性产品创新成功的可测试模型,并认为组织结构、组织文化、高级领导层、突破性产品创新开发流程和产品发布战略是提高突破性创新能力的关键。还有诸如冯军政^[25]和LI et al.^[26]立足于动态视角,分析环境动态性、竞争敌对性、战略灵活性对突破性创新的促进作用。

1.2 技术知识基础多元度与技术创新

技术知识基础是企业技术创新过程中最重要的资源,是获取竞争优势的重要来源^[14]。技术知识基础多元度反映企业技术知识资源分布的多样化程度,代表技术知识基础的宽度这一维度^[27]。目前学术界关于技术知识基础多元度的研究主要集中于其创新经济后果,不同研究视角导致研究结论存在冲突。一些学者认为技术知识基础多元度容易产生前沿思想和新颖知识,理解新信息和潜在改变,促进差异化创新^[28]和技术联盟^[29],提高技术创新能力和创造力^[30],也能获得范围经济,积极影响新产品开发^[31]和提高技术创新绩效^[30];也有一些学者认为技术知识基础多元度对创新绩效产生消极效应,发现技术知识基础多元度导致技术资源跨领域分配,增加研发活动复杂程度的同时增大管理成本,降低技术创新效率^[32-33];还有学者发现技术知识基础多元度是一把双刃剑,对技术创新^[8]和组织创新绩效^[34]的影响呈现出先增长后下降的趋势。XU^[10]发现当企业技术知识基础多元度处于较低水平时,知识宽度不仅能提高知识整合的灵活性,也减少企业利用或锁定先前知识的倾向,刺激企业尝试新的技术;但当技术知识基础多元度超过阈值时,逐渐增多的常识阻碍知识整合,降低创新效率。刘岩等^[27]认为技术知识基础宽度与技术创新呈倒U形关系,并且其与技术知识基础广度之间存在一定程度的交互影响。

1.3 技术管理能力与技术创新

美国国家研究委员会(National Research Council, NRC)将技术管理定义为“联结工程、科学和管理,规划、开发和实施技术能力,以形成和实现组织的战略和运作目标”^[35]。技术管理能力体现在技术管理系统不断运用的过程中,通过对人、财、物等资源及各种活动的合理分配和协调,能有效组织科学研究和技术开发活动,建立良好的生产技术秩序,高效地把科学技术成果转化为现实生产力^[36-37]。已有研究表明,技术管理能力对技术创新战略的规划和实施发

挥重大作用^[38-39],对新产品开发绩效^[40-41]和企业绩效^[42]产生积极影响。PHAAL et al.^[41]认为技术管理为企业提供诸如技术图等工具,帮助企业对技术创新作出全面的战略规划,还发现具有技术管理能力能够对投入各种技术活动中的资源进行选择、配置和利用,有利于有限的技术知识资源的快速整合、开发和利用,促进产品创新并实现可持续发展;CETIN-DAMAR et al.^[38-39]认为技术管理能力强的企业能够将技术知识资源分配与组织目标结合,推动研发、规划、工程、机械设备、生产、沟通等要素协同,不断适应外界变化的复杂环境,以促进新产品开发进程,提高新产品开发成功率和开发绩效。

1.4 高管社会资本与技术创新

高管在指导和管控企业运营过程中扮演重要角色,鉴于企业经营依赖于外部环境,近期研究越来越关注高管社会资本在技术创新领域中的作用。嵌入在社会关系网络中的高管,通过其社会资本获得有形资源和情感的援助^[43],对技术创新和技术变革有积极的推动作用。一方面,高管通过社会关系网络获取有价值的市场信息,控制异质性的资源,拓宽多样性的融资渠道,掌握复杂的技术,提高其相对竞争优势,从而推进技术创新活动的开展^[14];另一方面,高管通过网络成员之间建立的信任、合作、协调关系,推动企业之间的交流和沟通^[44],促进隐性知识共享、技术转移、资源交换,并提供更多的外部合作机会,有利于提高技术创新绩效^[45-46]。近年来,关于高管社会资本与技术创新关系的研究逐渐由直接效应^[9,43]向间接效应拓展。曾萍等^[47]发现高管社会资本通过激活企业动态能力间接促进企业创新;PÉREZ-LUÑO et al.^[45]和 YANG et al.^[18]的研究表明,仅存在强有力的高管社会资本并不能刺激技术创新。只有将高水平的高管社会资本与隐性知识结合才能引发突破性技术创新,强调社会资本的情景效应^[48-50]。考虑到单一维度的局限性,部分学者从社会网络视角划分高管社会资本,研究高管横向社会资本与纵向社会资本影响的差异性^[45]。GAO et al.^[48]发现在市场学习影响突破性技术创新的过程中,高管横向社会资本起正向调节作用,高管纵向社会资本起负向调节作用。

1.5 简要评述

突破性技术创新一直是国内外学者关注的焦点,已有研究大多以绩效为导向关注突破性技术创新,鲜有研究关注突破性技术创新行为,缺乏对突破性技术创新行为影响因素的深入思考,导致无法快速突破组织惯性、有效推进突破性技术创新进程、迅速提升突破性技术创新绩效。已有关于技术知识基础对创新绩效的影响的研究表明,突破性技术创新行为受技术知识基础多元度影响,但却未能清晰揭示技术知识基础多元度与突破性技术创新行为之间的逻辑关系,更加忽视技术知识基础向突破性技术创新行为转化的边界条件。已有研究发现技术管理能力和高管社会资本与突破性技术创新密切相关,

但较少关注技术管理能力在技术知识基础向突破性技术创新行为转化过程中的情景效应,尤其是不同高管社会资本情景下,技术管理能力对技术知识基础多元度与突破性技术创新行为之间关系的调节作用机制的差异,导致学者对发挥技术管理能力作用的边界条件理解不足,无法突破对技术知识基础多元度向突破性技术创新行为转化过程的认知局限。企业突破性技术创新行为根植于技术知识基础的多维度,而促进突破性技术创新行为的关键在于技术知识基础向其转化的过程,因此,对技术知识基础多元度与突破性技术创新行为内在作用机制展开研究具有重要的理论意义和实践意义。

2 理论分析和研究假设

2.1 理论分析

知识基础观认为技术创新具有路径依赖的特征,其行为的方向和方式由技术知识基础的差异性决定^[14]。突破性技术创新行为是为开发突破性技术以实现原有技术轨道的跨越或新技术轨道的开辟而进行的一系列活动,要求企业打破原有的知识体系或组织结构,颠覆过去的技术范式和创造活动,致力于产生突破性技术创新的创意和想法^[11]、制定新技术标准^[17-18]、开发新产品和新服务^[9]、开拓技术领域和新市场^[12]。从知识基础观视角出发,突破性技术创新行为需要多样性的技术知识基础作为先决条件。技术知识基础多元度反映企业技术知识资源在不同技术领域的分布程度^[27],对企业理解知识并将其重组和交换到突破性创新活动中的范围和能力有重要影响^[2],因此,技术知识基础多元度可能对突破性技术创新行为产生积极影响。技术知识基础成功转化为突破性技术创新行为的前提在于知识能否被有效吸收和转移,而有效的知识吸收又依赖于流畅的知识转移^[51-52]。技术管理能力是规划、开发和实施技术能力并获取企业绩效的系统能力,能够通过技术、方法和环境的支撑促进技术知识的消化和利用,进而通过对知识的加工和提炼进行集成整合^[40],从而提高知识转化的效率。因此,技术管理能力可能对技术知识基础多元度与突破性技术创新行为的关系产生调节作用。高管社会资本指高管建立的社会关系网络中蕴含的、潜在和现存的资源集合,其中横向社会资本与高管因任职经历而建立的市场关系网络有关,纵向社会资本与高管建立的政府关系网络有关^[48]。高管横向社会资本和纵向社会资本创造和加强知识流通的渠道,提高知识流动的密度和强度,通过资源和情感的支撑促进知识的转移,增强企业潜在的和实际的吸收能力,为技术管理能力进行知识的集成和分享提供更加丰富的渠道。因此,高管横向社会资本和纵向社会资本可能影响技术管理能力作用的发挥,强化技术管理能力的正向调节作用。基于此,本研究以技术知识基础多元度为解释变量,以技术管理能力、高管横向社会资本和纵向社会资本为调节变量,探讨技术知识基础多

元度对突破性技术创新行为的影响和情景条件。

2.2 技术知识基础多元度与突破性技术创新行为

技术知识基础多元度是衡量企业技术知识基础涉及技术领域差异性的指标,不仅为突破性技术创新行为提供多样性和异质性的知识基础^[27],还能通过促进企业进行知识重组和知识分享,进而产生突破式技术创新行为。一方面,多样的和异质的技术知识基础有助于企业理解前沿技术信息和潜在的变化,感知新技术和新市场^[14],识别出新市场中的新技术发展机会,这为突破性技术创新行为提供了战略方向指引,也有助于挖掘出更多的进入新技术领域的途径^[10],为突破性技术创新行为提供路径支持^[53];同时,为进行突破性技术创新行为过程中面临的各种困难和挑战提供解决方案^[27]。在组织形成全新创意并付诸实施的过程中,在多个技术领域分布的知识资源帮助企业及时摆脱行为困境,规避未知风险^[31],为突破性技术创新行为提供现实依据。另一方面,技术知识基础多元度容易实现不同领域知识的集成,增加知识重组的潜在可能性^[14],还容易引发内部成员和团队的知识分享。多种尝试的知识耦合不仅能够产生新技术和新知识,也促进技术领域重组,拓展新的技术领域^[11]。分享的技术成果和技术经验扩大了个人和团队的知识边界,并激发出新一轮的头脑风暴,产生突破性技术创新的创意和想法^[14]。而且,知识重组和知识分享的实现又会增强组织克服惯性的能力,促使企业突破原有的框架和思维惯式^[54],重新审视现有问题并采用和开发新方法进行应用。因此,本研究提出假设。

H₁ 技术知识基础多元度对突破性技术创新行为具有正向影响。

2.3 技术管理能力的调节作用

技术管理能力越强,越能动态地对技术活动进行有效地管理,帮助企业充分吸收知识。这不仅保障多样的和异质的技术知识基础向突破性技术创新行为转化的有效性^[39-40],还促进知识整合和知识分享,为多元化的技术知识转化为突破性技术创新行为创造有利环境。首先,相对于技术管理能力较弱的企业,技术管理能力较强的企业不仅能高效地管理技术活动涉及的要素^[40],确保感知到的前沿新技术和新市场的准确性^[42],有效地把握技术知识转化战略方向,还能保证挖掘出相对较多的进入新技术领域的路径^[38],提供更丰富的技术知识转化渠道^[37];同时,保障基于多样的和异质的知识基础提出的解决方案的有效性,进一步规避未知风险^[31],提高技术知识基础向突破性技术创新行为转化的效果。其次,技术管理能力增强知识整合效率、提高知识分享质量,进而强化技术知识基础与突破性技术创新行为的关系。技术管理能力较强的企业容易推动企业战略与营销、财务、运作和人力资源管理等部门结合^[38],促使资金、设备、人力、信息等要素整合并产生协同作用^[40],从而提高多样的和异质的知识基础进行知识整合的效率,缩短新知识和新技术产

生的时间^[41],提高拓展新技术领域的速度^[38]。同时,在企业中营造创新的组织氛围^[40],使组织成员与团队之间的沟通更顺畅^[36],信息的分享和传递效率更高^[40],思维交叉和碰撞频率更快^[38],为分布在广泛技术领域的知识资源产生突破性创新想法提供有利条件。另外,技术管理能力较强的企业促进组织形成和发展积极学习氛围,不断提高组织的行为能力和学习能力^[36],有利于企业组织和个人不断吸收突破性技术创新过程中所需的知识,进一步克服惯性的思维模式和能力陷阱^[10],并打破知识界限,这对技术知识基础多元度向突破性技术创新行为转化产生积极促进作用。因此,本研究提出假设。

H₂ 技术管理能力在技术知识基础多元度影响突破性技术创新行为过程中起正向调节作用。

2.4 高管社会资本的调节作用

高管横向社会资本越丰富,越能为技术管理活动提供有价值的信息和知识,通过充分发挥技术管理能力和提高技术管理能力环境适应性,强化技术管理能力的调节作用。相对于高管横向社会资本较少的企业,高管横向社会资本较多的企业更熟悉多家企业经营模式,行业智慧更丰富^[55]。通过获得和转移技术管理所需的信息和知识,及时决断和解决技术管理过程中的非结构性问题^[55],进一步发挥技术管理能力对知识基础转化过程的保障作用,深化技术管理能力对技术知识基础转化的调节作用。同时,高管横向社会资本较多的企业能获取较多行业波动和技术发展等方面的外部信息和业务机会^[43],使企业根据市场信息及时做出技术任务调整^[18],将技术资源的获取、配置、转化和利用过程与市场环境相融合^[43],提高技术管理在动态市场中的适应性,从而促使技术管理能力更好地发挥作用。另外,高管横向社会资本越丰富,也越容易与市场利益相关者形成共同愿景和相似价值观^[43],通过有效地促进知识转移,提高技术管理能力的作用效率^[18]。一方面,共同愿景使企业与市场利益相关者之间的沟通变得更加顺畅,降低信息和知识的转移成本以及技术的获取成本,创造更多与商业伙伴合作的机会^[9],更容易形成合作惯例^[46]和营造创新的组织氛围^[38],这为组织技术管理活动提供更有利的条件,并进一步有助于技术管理能力更有效地促进知识分享。另一方面,相似的价值观念加深企业与商业合作伙伴的信任和互惠,促进了商业伙伴之间的学习^[44],加深技术成员之间的行动默契,保障技术管理和质量管理活动更有效地克服组织惯性,进一步发挥技术管理能力的作用。因此,高管横向社会资本为发挥技术管理能力的作用提供有利环境,从而进一步强化技术基础知识与突破性技术创新行为之间的积极关系。因此,本研究提出假设。

H_{3a} 高管横向社会资本越丰富,越能够强化技术管理能力在技术知识基础多元度影响突破性技术创新行为过程中的正向调节作用。

高管纵向社会资本越丰富,越容易占据结构洞

位置,通过为企业带来政策支持和实质性信息支持^[55],强化技术管理能力的作用效果、广度和深度。相对于纵向社会资本较少的企业,高管纵向社会资本较多的企业容易获得政府财政补贴、政府管制行业进入特权、贸易保护等一系列政策上的优惠^[46],有利于企业发现机会窗口和预测未来主导技术范式,提高技术管理能力对技术知识转化过程的保障效果^[43]。同时,向市场传递的合法性信号能够吸引更多合作者^[56],获取创新资源和技术知识,有助于企业实时监测技术和竞争者动态以及观察技术、产业和市场的变化轨迹^[9],并及时调整技术管理活动,保证技术管理模式满足不同阶段的知识整合的要求^[18],强化技术管理能力对知识整合促进作用的广度。另外,高管纵向社会资本较多的企业政企关系较好且稳定,能够不断拓宽信息来源渠道和扩大信息交换范围,有利于持续获得产业信息和市场情报^[46],为技术管理带来信息支持。一方面,依托信息动态调整的组织技术结构、质量管理条例能有效规避技术管理过程中的障碍性因素,使知识流动的渠道更加顺畅,满足技术管理过程中知识进行有效流动和转移的条件^[57],使技术管理能力进一步发挥促进知识分享的作用;另一方面,拥有政府网络中丰富结构洞的企业也容易获得技术管理过程中需要的信息,促使企业充分利用优越的资源深层次地了解生产方式的变革、学习使用先进设备的创新方式、掌握管理技术的办法^[49],进一步形成技术管理对知识深入挖掘和学习的能力,从而加强技术管理能力对克服组织惯性的作用。因此,高管纵向社会资本为技术管理能力推动多样性技术知识基础转化为突破性技术创新行为的作用的发挥提供有利环境。因此,本研究提出假设。

H_{3b} 高管纵向社会资本越丰富,越能够强化技术管理能力在技术知识基础多元度影响突破性技术创新行为过程中的正向调节作用。

根据以上假设构建理论模型,见图1。

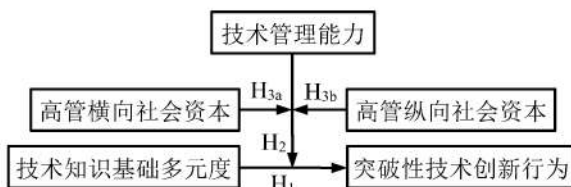


图1 概念模型

Figure 1 Conceptual Model

3 研究设计

3.1 样本选取和数据来源

本研究选取2013年至2017年在沪、深交易所上市的A股制造业企业为研究样本,并根据研究需要进行以下处理。①剔除被ST、PT、SST的企业;②剔除异常值和极端值样本;③剔除未披露数据或数据缺失

过多的样本。最终选定1 040家制造业上市企业,共2 699个观测样本,样本分布见表1。

表1 样本分布
Table 1 Sample Distribution

分布行业	企业数	样本量	样本量占比/%
通用、专用设备制造业	174	479	17.747
计算机、通信和其他电子设备制造业	169	458	16.969
电气机械及器材制造业	126	347	12.857
化学原料及化学制品制造业	108	251	9.300
医药制造业	81	207	7.669
金属冶炼及压延加工业	55	138	5.113
汽车制造业	50	135	5.002
非金属矿物制造业	41	93	3.446
纺织业、纺织服装、服饰业	32	83	3.075
其他	204	508	18.822
总计	1 040	2 699	100

计算技术知识基础多元度所需的国际技术分类(IPC)信息来自国家知识产权局专利数据库和Soopat专利数据库;研发投入费用数据、科研人员数量、专利数据、高管任职经历数据、高管政府关系数据和财务数据来源于国泰安数据库和万得数据库,缺失数据通过手工查阅上市企业年报进行填补;突破性技术创新行为数据来自于企业年报。

3.2 变量测量

3.2.1 解释变量

参考刘岩等^[27]和CHEN et al.^[58]的研究,通过信息熵指数测量技术知识基础多元度,计算公式为

$$TD = \sum_{j=1}^{j_n} p_j \ln\left(\frac{1}{p_j}\right) \quad (1)$$

其中,TD为技术知识基础多元度,j为国际技术分类的小类,j_n为第n个国际技术小类,p_j为属于j技术分类的专利数占有所有专利数的比例。

3.2.2 被解释变量

借鉴SONG et al.^[59]的方法,采用内容分析法测量突破性技术创新行为。根据突破性技术创新行为的定义,并参考DELGADO-VERDE et al.^[8]、YANG et al.^[18]和FORÉS et al.^[11]的研究,对突破性技术创新的测量提取关键词,按照SANDBERG^[5]的方法将突破性技术

创新过程划分为模糊前段、产品研发和商业化,从关注突破性技术开发、致力于制定新技术标准、突破性技术开发导向的研发投入、新技术知识应用和打破原有技术规范5个方面分析突破性技术创新行为。

(1)在模糊前段阶段,突破性技术创新意图能够反映突破性技术创新行为,利用中文分词软件Rostem 6.0和定性研究软件QSR Nvivo 9.0,对反映突破性技术创新意图的文本进行分析。具体步骤为:①运用Rostem 6.0软件对企业年报文本进行中文分词,用突破性技术、首例、首创、全新、前所未有、赶超、领先、行业技术标准等关键词进行检索,搜索与突破性技术创新行为相关的句子^[14,60-61]。②运用QSR Nvivo 9.0软件对相关句子进行文本编码,分析该句是否反映企业产生突破性技术创新想法,拥有赶超同行业国际领先企业、保持本领域的国际领先地位的技术目标,以此体现企业关注突破性技术创新开发,致力于制定行业技术标准。

(2)在产品研发阶段,分析以突破性技术开发为导向的研发投入行为和新技术知识应用的行为。①参考《高新技术企业认定管理办法》对研发投入占销售收入比重的要求以及近年来约为4%的战略新兴产业研发投入平均水平,分析企业是否存在研发投入占比超过3%的研发投入行为;②将当年的专利引文所属领域与前3年所有专利引文所属领域进行对比,分析企业是否进入了一个全新的技术领域^[17-18,62]。

(3)在商业化阶段,突破性技术创新结果能反映突破性技术创新行为,用新技术、新市场、开辟等关键词进行检索,并编码相关的句子,分析企业是否将创造全新的技术扩展到现有市场或在企业和市场上引入全新的产品,由此表明存在打破原有技术规范的行为^[12,63]。

(4)整理数据,分析各企业是否在以上5个方面表现出突破性技术创新行为,有取值为1,无则取值0,因此突破性技术创新行为取值范围为0~5。

3.2.3 调节变量

①技术管理能力反映技术资源、组织管理和质量管理的综合水平,可以用技术效率测量^[64-65]。参考FENG et al.^[64]和HUANG et al.^[65]的研究,将研发投入费用和科研人员数量作为投入,将企业的授权专利数量作为产出,运用数据包络分析法计算,将投入产出效率作为技术管理能力的代理指标。②参考已有研究将高管社会资本划分为横向和纵向两类。借鉴GAO et al.^[48]的测量方法,用高管任职经历即高管任职企业总数测量高管横向社会资本,用高管政府经历测量高管纵向社会资本,即对政治背景为中央的高管赋值为4,对政治背景为省级的高管赋值为3,对政治背景为市级的高管赋值为2,对政治背景为县区级的高管赋值为1,加总得分后除以高管总人数。

3.2.4 控制变量

根据已有研究,将可能影响突破性技术创新行为的因素作为控制变量,包括企业规模、企业年龄、

企业绩效、有效专利存量。企业规模与技术创新活动密切相关,影响企业技术创新产出,采用上市企业总资产的自然对数测量企业规模^[25]。企业年龄与成本结构、组织惯性有关,可能对突破性技术创新行为产生影响,利用企业成立时间至2017年的时间长度测量企业年龄^[12]。企业绩效体现企业的盈利能力,与突破性技术创新能力紧密相关,利用前1年的Roa测量前1年的企业绩效^[14]。有效专利存量为突破性技术创新行为提供知识基础,参考ANG^[66]和张静等^[67]的研究,利用永续盘存法测量有效专利存量,具体公式为

$$Sto_{i,t} = (1 - \delta)Sto_{i,t-1} + \Delta Sto_{i,t-1} = \sum_{t=0}^{\phi} (1 - \delta)^{\phi} \Delta Sto_{i,t-\phi} \quad (2)$$

其中, i 为企业, t 为年; Sto 为有效专利存量; ΔSto 为有效专利数; δ 为专利存量折旧率,取值为10%; ϕ 为企业年限。

3.3 模型设定

为检验研究假设,构建以下模型,即

$$Rib_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 TD_{i,t} + \alpha_2 Con_{i,t} + \theta_{i,t}^1 \quad (3)$$

$$Rib_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 TD_{i,t} + \beta_2 Tmc_{i,t} + \beta_3 Tmc_{i,t} \cdot TD_{i,t} + \beta_4 Con_{i,t} + \theta_{i,t}^2 \quad (4)$$

$$Rib_{i,t} = \gamma_0 + \gamma_1 TD_{i,t} + \gamma_2 Tmc_{i,t} + \gamma_3 Hsc_{i,t} + \gamma_4 Vsc_{i,t} + \gamma_5 Tmc_{i,t} \cdot TD_{i,t} + \gamma_6 Tmc_{i,t} \cdot Hsc_{i,t} + \gamma_7 Tmc_{i,t} \cdot Vsc_{i,t} + \gamma_8 TD_{i,t} \cdot Hsc_{i,t} + \gamma_9 TD_{i,t} \cdot Vsc_{i,t} + \gamma_{10} TD_{i,t} \cdot Hsc_{i,t} \cdot Tmc_{i,t} + \gamma_{11} TD_{i,t} \cdot Vsc_{i,t} \cdot Tmc_{i,t} + \gamma_{12} Con_{i,t} + \theta_{i,t}^3 \quad (5)$$

其中, $Rib_{i,t}$ 为突破性技术创新行为; $Tmc_{i,t}$ 为技术管理能力; $Hsc_{i,t}$ 为高管横向社会资本; $Vsc_{i,t}$ 为高管纵向社会资本; $Con_{i,t}$ 为控制变量,包括企业规模(Siz)、企业年龄(Age)、前1年的企业绩效(Roa_{-1})和有效专利存量; α_0 、 β_0 和 γ_0 为截距项; α_1 、 α_2 、 $\beta_1 \sim \beta_4$ 、 $\gamma_1 \sim \gamma_{12}$ 为回归系数; $\theta_{i,t}^1$ 、 $\theta_{i,t}^2$ 、 $\theta_{i,t}^3$ 为随机扰动项。

4 结果分析

4.1 描述性统计和相关性分析

表2给出变量的描述性统计结果和相关系数。由表2可知,技术知识基础多元度与突破性技术创新行为显著正相关, H_1 得到初步验证;技术管理能力、高管横向社会资本和高管纵向社会资本与突破性技术创新行为均显著正相关,为进一步检验假设奠定了基础。

4.2 单位根检验

表3给出变量单位根检验结果,为避免非平稳时间序列造成伪回归,采用Fisher-ADF和Fisher-PP两种单位根检验方法检验样本的平稳性。由表3可知,在两种检验方式下,所有变量均通过了 $p < 0.010$ 的显著性检验,不受时间序列影响,为进一步回归分析提供基础。

表2 描述性统计结果与相关系数
Table 2 Descriptive Statistics Results and Correlation Coefficients

变量	均值	标准差	Rib	TD	Tmc	Hsc	Vsc	Siz	Age	Roa ₋₁	Sto
Rib	2.760	0.623	1								
TD	1.429	0.570	0.007**	1							
Tmc	0.029	0.029	0.151***	0.018	1						
Hsc	9.830	5.300	0.055**	0.045**	0.054**	1					
Vsc	5.120	5.926	0.055***	0.094***	0.064***	0.063***	1				
Siz	9.477	0.464	-0.166***	0.246***	-0.141***	0.132***	0.244***	1			
Age	15.800	4.758	-0.103***	0.030	-0.078***	0.034***	0.057**	0.203***	1		
Roa ₋₁	0.046	0.058	0.102***	-0.008	0.054***	-0.046**	-0.057***	-0.033*	-0.042**	1	
Sto	28.520	222.175	0.106***	0.064**	0.042**	0.045**	0.018	0.175***	0.013	0.001	1

注: *** $p < 0.010$, ** $p < 0.050$, * $p < 0.100$,下同。

表3 单位根检验结果
Table 3 Unit Root Test Results

变量	Fisher-ADF	Fisher-PP
Rib	-25.760***	-48.970***
TD	-30.870***	-28.890***
Tmc	-50.290***	-50.770***
Hsc	-31.920***	-46.860***
Vsc	-47.800***	-47.900***
Siz	-7.860***	-56.760***
Age	-46.290***	-46.640***
Roa ₋₁	-48.540***	-48.550***
Sto	-17.584***	-20.461***

4.3 实证结果分析

根据前文构建的计量模型,利用Spss 24将消除量纲的数据进行层次回归分析。在回归分析之前,检验随机扰动项是否存在自相关和异方差问题,发现随机扰动项不存在自相关并符合同方差要求。各变量VIF值均小于10,表明变量之间不存在多重共线性。表4给出技术知识基础多元度、技术管理能力与突破性技术创新行为的回归结果。模型1检验控制变量对突破性技术创新行为的影响,在模型1基础上,模型2检验技术知识基础多元度对突破性技术创新行为的直接影响,模型3检验技术管理能力对突破性技术创新行为的直接影响,模型4检验技术知识基础多元度和技术管理能力对突破性技术创新行为的

影响,模型5检验技术管理能力在技术知识基础多元度与突破性技术创新行为之间的调节作用,模型6和模型7分别检验高管横向社会资本和高管纵向社会资本对技术管理能力的调节作用的影响,模型8检验高管社会资本对技术管理能力影响技术知识基础多元度与突破性技术创新行为关系的调节作用。由模型2可知,技术知识基础多元度对突破性技术创新行为具有显著的正向影响, $\beta = 0.047, p < 0.050$, H_1 得到验证。由模型3可知,技术管理能力对突破性技术创新行为具有显著的正向影响, $\beta = 0.114, p < 0.010$ 。由模型4可知,技术知识基础多元度和技术管理能力均对突破性技术创新行为产生积极影响,为模型5检验技术管理能力的调节作用提供基础。由模型5可知,技术知识基础多元度与技术管理能力交互项的回归系数显著, $\beta = 0.035, p < 0.100$,表明技术管理能力在技术知识基础多元度影响突破性技术创新行为的过程中起正向调节作用, H_2 得到验证。由模型6可知,高管横向社会资本与技术知识基础多元度、技术管理能力三者交互项的回归系数显著, $\beta = 0.027, p < 0.010$, H_{3a} 得到初步验证;由模型7可知,高管纵向社会资本与技术知识基础多元度、技术管理能力三者交互项的回归系数显著, $\beta = 0.039, p < 0.100$, H_{3b} 得到初步验证。在模型6和模型7基础上,模型8进一步验证假设 H_{3a} 和 H_{3b} ,结果显示技术知识基础多元度、技术管理能力、高管横向社会资本三者交互项的回归系数显著, $\beta = 0.027, p < 0.010$;技术知识基础多元度、技术管理能力、高管纵向社会资本三者交互项的回归系数显著, $\beta = 0.025, p < 0.050$ 。说明高管横向社会资本和纵向社会资本越丰富,越能够强化技术管理能力对技术知识基础多元度与突破性技术创新行为之间的调节作用。进一步分析发现,相对于高管纵向社会资本,高管横向社会资本对技术管理能

表4 技术知识基础多元度与突破性技术创新行为回归结果
Table 4 Regression Results for Technological Variety of Knowledge Base and Radical Technological Innovation Behavior

变量	突破性技术创新行为							
	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5	模型6	模型7	模型8
<i>TD</i>		0.047**		0.041**	0.039**	0.040**	0.044**	0.044**
<i>Tmc</i>			0.114***	0.112***	0.119***	0.109***	0.116***	0.110***
<i>TD·Tmc</i>					0.035*	0.052**	0.046***	0.059***
<i>Hsc</i>						0.013		0.014
<i>Vsc</i>							0.009	0.008
<i>TD·Hsc</i>						0.033*		0.034*
<i>TD·Vsc</i>							0.014	0.015
<i>Tmc·Hsc</i>						0.031		0.032*
<i>Tmc·Vsc</i>							0.035*	0.040
<i>TD·Tmc·Hsc</i>						0.027***		0.027***
<i>TD·Tmc·Vsc</i>							0.039*	0.025**
<i>Siz</i>	-0.173***	-0.185***	-0.157***	-0.167***	-0.166***	-0.165***	-0.165***	-0.163***
<i>Age</i>	-0.066***	-0.065***	-0.061***	-0.060***	-0.060***	-0.063***	-0.059***	-0.062***
<i>Roa₋₁</i>	0.093***	0.093**	0.088***	0.088***	0.088***	0.087***	0.087***	0.086***
<i>Sto</i>	0.137***	0.136***	0.129***	0.129***	0.128***	0.125***	0.127***	0.124***
<i>VIF_{max}</i>	1.074	1.136	1.093	1.159	1.164	1.280	1.234	1.383
<i>F</i> 值	42.582***	32.293***	41.877***	35.689***	28.625***	20.680***	20.387***	15.579***
调整的 <i>R</i> ²	0.058	0.061	0.070	0.072	0.074	0.074	0.073	0.075

力调节作用的影响更大,说明横向社会资本能够带来的经验和资源更能促进技术管理能力发挥作用。

为更直观地展示技术管理能力、高管横向社会资本和高管纵向社会资本的调节作用,借鉴AIKEN et al.^[68]的研究,依据模型5~模型7绘制图2~图4的调节效应图。将技术管理能力、高管横向社会资本和高管纵向社会资本按其均值大小分为高和低两类。低于技术管理能力均值1个标准差为低技术管理能力,高于均值1个标准差为高技术管理能力;同理,高管社会资本分为低高管横向社会资本、高高管横向社会资本、低高管纵向社会资本和高高管纵向社会资本。图2描绘了技术管理能力的调节作用,技术管理能力越强,技术知识基础多元度对突破性技术创新行为的作用越大;图3和图4分别描绘了高管横向社会资本和纵向社会资本强化技术管理能力的调节作用。由图3和图4可知,在高技术管理能力-高

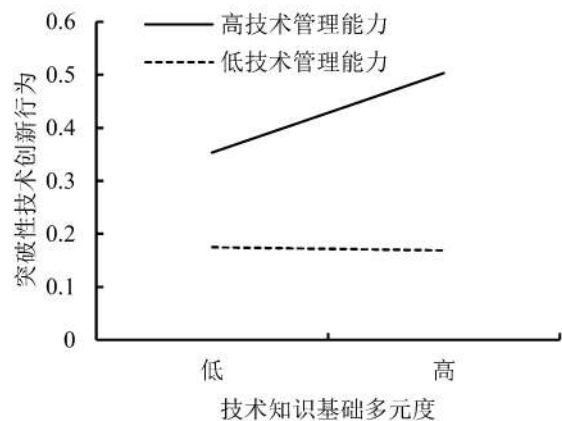


图2 技术管理能力的调节作用
Figure 2 Moderating Effect of Technology Management Capability

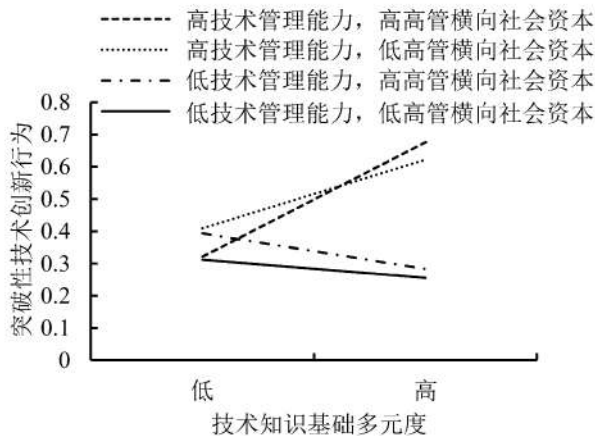


图3 高管横向社会资本的调节作用

Figure 3 Moderating Effect of TMT Horizontal Social Capital

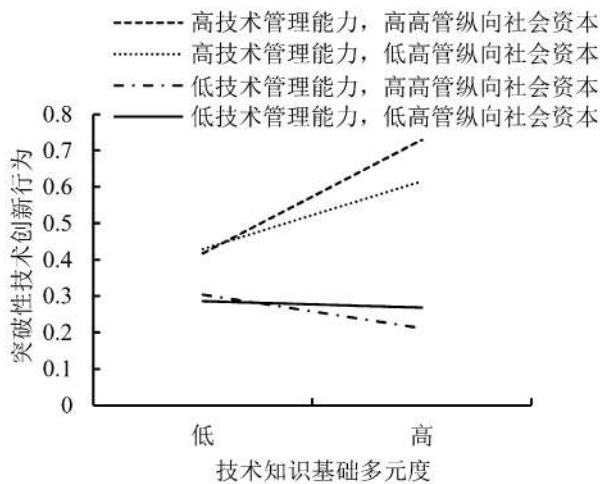


图4 高管纵向社会资本的调节作用

Figure 4 Moderating Effect of TMT Vertical Social Capital

高管横向社会资本和高技术管理能力-高高管纵向社会资本条件下,技术知识基础多元度对突破性技术创新行为的斜率最大,表明其影响最大。

4.4 稳健性检验

为验证研究结果的稳健性,采用ZAMAN et al.^[69]建议的方法,选取资本密集、技术密集和劳动密集的装备制造业子样本重新进行回归分析,共获得1 555个观测样本,其中,通用、专用设备制造业465个,占29.904%;计算机、通信和其他电子设备制造业454个,占29.196%;电气机械及器材制造业333个,占21.415%;汽车制造业137个,占8.810%;金属制品业77个,占4.952%;仪器仪表制造业55个,占3.537%;铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业34个,占2.186%。表5给出稳健性检验结果,与全样本实证分析相同,通过稳健性检验,具有可信度。

表5 稳健性检验结果

Table 5 Results for Robustness Test

变量	模型9	模型10	模型11	模型12	模型13
<i>TD</i>	0.113**	0.106***	0.106**	0.107***	0.116***
<i>Tmc</i>		0.112	0.104**	0.107***	0.099***
<i>Vsc</i>			0.064		0.027
<i>Hsc</i>				0.033	0.056*
<i>TD · Tmc</i>		0.016*	0.014**	0.012*	0.021*
<i>TD · Vsc</i>			0.038*		0.056*
<i>TD · Hsc</i>				0.027	0.027
<i>Tmc · Vsc</i>			0.014		0.033
<i>Tmc · Hsc</i>				0.022**	0.023
<i>TD · Tmc · Vsc</i>			0.040**		0.050**
<i>TD · Tmc · Hsc</i>				0.020*	0.022*
<i>Siz</i>	-0.050***	-0.033**	-0.024**	-0.036***	-0.027***
<i>Age</i>	-0.033*	-0.032*	-0.029*	-0.031*	-0.029*
<i>Roa₋₁</i>	0.075***	0.071***	0.066***	0.071***	0.065***
<i>Sto</i>	0.153***	0.146***	0.144***	0.144***	0.142***
<i>F</i> 值	8.563***	8.760***	6.324***	6.229***	8.563***
调整的 <i>R</i> ²	0.026	0.037	0.040	0.039	0.041

5 讨论

实证研究发现技术知识基础多元度对突破性技术创新行为具有正向影响,这符合DELGADO-VERDE et al.^[8]、XU^[10]和于飞等^[70]对技术知识基础多元度影响技术创新的解释,认为多元的技术知识基础是技术创新的基础。在此基础上,本研究进一步发现技术知识基础多元度还是突破性技术创新行为产生的基础。多元的知识基础不仅为突破性技术创新行为提供战略方向指引、路径支持和知识保障,还能通过促进企业知识整合和知识分享、克服组织惯性,促使新知识、新技术、突破性创新想法、突破性创新战略方案的产生以及新技术领域和新市场的拓展。

研究结果还发现技术知识基础多元度与突破性技术创新行为之间的关系受到技术管理能力的调节,该结论支持CETINDAMAR et al.^[38-39]的研究,技术管理实践能够在技术知识资源向产品创新的转化过程中发挥引导作用。较高的技术管理能力能够帮助

企业对技术创新做出全面的战略规划,促使技术知识资源最大程度地转化到产品创新活动中。进一步地,本研究发现技术管理能力也在技术知识基础向突破性技术创新行为转化过程中发挥引导作用,动态地对与技术相关的过程进行运作、改善和更新,将拥有的资源与战略导向和创新目标相结合,解决相应的技术难题,从而促进企业更好地进行知识吸收,对知识整合和分享、克服组织惯性起到进一步的促进作用,为多元化的技术知识转化为突破性技术创新行为提供了有利条件。技术知识基础多元度是突破性技术创新行为的基础,技术管理能力是多元化技术知识基础向突破性技术创新行为转化的加速器。

在技术管理能力调节技术知识基础多元度与突破性技术创新行为关系的基础上,进一步发现高管横向社会资本和纵向社会资本强化技术管理能力的调节作用。这不仅符合 DELGADO-VERDE et al.^[8] 和 GAO et al.^[48] 的研究结论,认为高密度强连接的高管社会关系网络为技术创新获取优势资源和便捷渠道,还进一步深化高管社会资本的影响范围,促使企业技术管理适应复杂的市场变化并抓住合适的政治机会。高管横向社会资本和纵向社会资本是发挥技术管理能力作用的催化剂,相对于高管横向社会资本,高管纵向社会资本强化技术管理能力的作用较弱。原因在于:在中国,许多企业与政府建立联系的目的是进行“寻租”,利用政府的权利和相关部门的支持,阻碍生产要素流向其他企业,以维护或摄取自身的既有利益^[71]。非生产性的追求利益的行为不利于充分发挥技术管理能力的作用,与市场建立稳定的社会关系更能够满足技术管理的需求^[43],对技术管理能力的调节作用更为广泛和深刻。

6 结论

本研究基于知识基础观,探讨技术知识基础多元度对突破性技术创新行为的影响,进一步以权变的观点分析技术管理能力和高管社会资本的调节作用。研究表明,技术知识基础多元度对突破性技术创新行为具有显著的正向影响,技术管理能力在技术知识基础多元度影响突破性技术创新行为的过程中起正向调节作用,高管横向社会资本和纵向社会资本越丰富,越能强化技术管理能力在技术知识基础多元度影响突破性技术创新行为过程中的正向调节作用。

6.1 理论贡献

本研究对技术创新和技术管理领域的学术研究均做出积极贡献。①从行为视角拓宽了突破性技术创新研究,为技术创新理论研究提供新思路。已有研究往往以绩效为导向研究突破性技术创新,考察突破性技术创新绩效的前因变量或经济后果,较少从行为层面关注突破性技术创新。本研究聚焦于突破性技术创新行为,探索突破性技术创新行为的影响因素及其作用机制,深化了对突破性技术创新理

论的认识。②本研究发现技术知识基础多元度对突破性技术创新行为具有重要的影响,扩展了技术知识基础的解释范畴。已有研究考察技术知识基础对企业绩效、创新绩效、突破性创新绩效的影响^[8,10,33],本研究进一步探索,发现其多元度特征能够促进突破性技术创新行为。本研究从技术创新行为角度对技术知识基础多元度的影响范围进行更深层次的拓展,使技术知识基础的影响研究更加全面。③揭示了技术管理能力对技术知识基础多元度向突破性技术创新行为转化过程中的调节作用,丰富了技术管理理论的研究。已有研究聚焦于技术管理能力对企业绩效的直接或间接作用^[38-40],本研究以权变的观点分析技术管理能力调节技术知识基础与突破性技术创新行为之间的关系,从而更加全面地审视技术管理能力的经济功效。本研究厘清了技术知识基础多元度影响突破性技术创新行为的边界条件,深化了技术管理能力作用发挥机制的理论认识。④从高管社会资本的角度识别了技术管理能力调节作用发挥的情景依赖条件,拓展了高管社会资本在技术管理领域中的应用。本研究在考虑技术管理能力调节作用的基础上,将高管社会资本纳入研究框架,更好地解释了不同企业技术管理能力对技术知识基础多元度与突破性技术创新行为之间关系的调节作用存在差异的内在原因。这有助于对技术知识基础多元度、技术管理能力、高管社会资本和突破性技术创新行为之间的关系形成更完整的认识,为影响技术知识基础与突破性技术创新行为之间关系的权变因素研究作出了增量贡献。

6.2 管理启示

基于上述研究结论,本研究为突破性技术创新行为的产生提供实践指南。①鉴于技术知识基础多元度对突破性技术创新行为的重要影响,企业应当从战略高度注重技术知识基础多元度的建设,注重对全新领域技术的探索和扩张,以利于突破性技术创新行为的产生。②认识到技术管理能力的提高将强化技术知识基础多元度对突破性技术创新行为的影响,启示企业应该重视技术管理能力的提升,特别是从提高资金的使用效率、优化设备运行状态、选拔技术人才、制定技术战略和企业发展战略、设置依托战略目标的组织结构、建立和维护健全的质量责任系统等方面提升企业的技术管理能力,并强化技术管理主体适应性学习。③企业应建立丰富及稳定的外部网络关系,鼓励高管积极拓展自身社会网络,与客户、供应商、行业机构和政府等利益相关者建立并保持信任关系,争取更多的交流机会,提高技术管理能力作用发挥的环境适应性,从而促进技术知识基础向突破性技术创新行为转化。

6.3 研究局限和展望

本研究存在一些局限,需要在后续研究中进行探讨。①调查对象主要是制造业企业,对其他行业的适用性有待验证,未来研究可增加服务业或其他行业样本进行验证,推广研究成果。②基于可测量

性的考虑,从5个方面测量突破性技术创新行为,可能涵盖的内容不是很全面,后续研究可采用问卷调查的方式进一步完善对突破性技术创新行为的测量。③仅从高管社会资本视角考虑高管为企业带来的信息、知识、信任和政策优势,而高管的人力资本、教育背景和海外经历也可能对技术管理能力作用过程产生影响,未来研究可将更多的因素引入模型中进行深入探索。

参考文献:

- [1] 刘卫柏,李中. 企业突破性技术创新投资决策的期权博弈模型. *管理评论*, 2016, 28(4): 89-97.
LIU Weibai, LI Zhong. On the option game model of the investment decisions for radical technology innovation in enterprises. *Management Review*, 2016, 28(4): 89-97.
- [2] ZHOU K Z, WU F. Technological capability, strategic flexibility, and product innovation. *Strategic Management Journal*, 2010, 31(5): 547-561.
- [3] RUIZ-JIMÉNEZ J M, FUENTES-FUENTES M D M, RUIZ-ARROYO M. Knowledge combination capability and innovation: the effects of gender diversity on top management teams in technology-based firms. *Journal of Business Ethics*, 2016, 135(3): 503-515.
- [4] SLATER S F, MOHR J J, SENGUPTA S. Radical product innovation capability: literature review, synthesis, and illustrative research propositions. *The Journal of Product Innovation Management*, 2014, 31(3): 552-566.
- [5] SANDBERG B. Enthusiasm in the development of radical innovations. *Creativity and Innovation Management*, 2007, 16(3): 265-273.
- [6] 张可,高庆昆. 基于突破性技术创新的企业核心竞争力构建研究. *管理世界*, 2013(6): 180-181.
ZHANG Ke, GAO Qingkun. A study on the construction of firm's key competitiveness based on the breakthrough technical innovation. *Management World*, 2013(6): 180-181.
- [7] LEIFER R, MCDERMOTT C M, O'CONNOR G C, et al. *Radical innovation: how mature companies can outsmart upstarts*. Boston, Massachusetts: Harvard Business Review Press, 2000: 56-81.
- [8] DELGADO-VERDE M, CASTRO G M, AMORES-SALVADÓ J. Intellectual capital and radical innovation: exploring the quadratic effects in technology-based manufacturing firms. *Technovation*, 2016, 54(5): 35-47.
- [9] 徐蕾,魏江,石俊娜. 双重社会资本、组织学习与突破式创新关系研究. *科研管理*, 2013, 34(5): 39-47.
XU Lei, WEI Jiang, SHI Junna. Dual social capital, organizational learning, and penetrative innovation relationship. *Science Research Management*, 2013, 34(5): 39-47.
- [10] XU S C. Balancing the two knowledge dimensions in innovation efforts: an empirical examination among pharmaceutical firms. *The Journal of Product Innovation Management*, 2015, 32(4): 610-621.
- [11] FORÉS B, CAMISÓN C. Does incremental and radical innovation performance depend on different types of knowledge accumulation capabilities and organizational size?. *Journal of Business Research*, 2016, 69(2): 831-848.
- [12] RITALA P, HHUMELINNA P. Incremental and radical innovation in cooptation: the role of absorptive capacity and appropriability. *The Journal of Product Innovation Management*, 2013, 30(1): 154-169.
- [13] SCARINGELLA L, MILES R E, TRUONG Y. Customers involvement and firm absorptive capacity in radical innovation: the case of technological spin-offs. *Technological Forecasting & Social Change*, 2017, 120: 144-162.
- [14] ZHOU K Z, LI C B. How knowledge affects radical innovation: knowledge base, market knowledge acquisition, and internal knowledge sharing. *Strategic Management Journal*, 2012, 33(9): 1090-1102.
- [15] 赵息,李文亮. 知识特征与突破性创新的关系研究: 基于企业社会资本异质性的调节作用. *科学学研究*, 2016, 34(1): 99-106.
ZHAO Xi, LI Wenliang. Knowledge attribute and radical innovation: the moderating effect of heterogeneity social capital. *Studies in Science of Science*, 2016, 34(1): 99-106.
- [16] ROY R, SARKAR M. Knowledge, firm boundaries, and innovation: mitigating the incumbent's curse during radical technological change. *Strategic Management Journal*, 2016, 37(5): 835-854.
- [17] 王永健,谢卫红,王田绘,等. 强弱关系与突破式创新关系研究: 吸收能力的中介作用和环境动态性的调节效应. *管理评论*, 2016, 28(10): 111-122.
WANG Yongjian, XIE Weihong, WANG Tianhui, et al. Research on the relationship between strong/weak ties and radical innovation: the mediating effect of absorptive capacity and moderating effect of environmental dynamism. *Management Review*, 2016, 28(10): 111-122.
- [18] YANG K P, CHOU C, CHIU Y J. How unlearning affects radical innovation: the dynamics of social capital and slack resources. *Technological Forecasting and Social Change*, 2014, 87: 152-163.
- [19] NARANJO-VALENCIA J C, JIMENEZ-JIMENEZ D, SANZ-VALLE R. Organizational culture and radical innovation: does innovative behavior mediate this relationship?. *Creativity and Innovation Management*, 2017, 26(4): 407-417.
- [20] ZHANG F, WEI L Q, YANG J J, et al. Roles of relationships between large shareholders and managers in radical innovation: a stewardship theory perspective. *The Journal of Product Innovation Management*, 2018, 35(1): 88-105.
- [21] 高太山,柳卸林. 企业国际研发联盟是否有助于突破性创新?. *科研管理*, 2016, 37(1): 48-57.
GAO Taishan, LIU Xielin. Do international R&D alliances really promote radical innovation?. *Science Research Management*, 2016, 37(1): 48-57.
- [22] SADOVNIKOVA A, PUJARI A, MIKHAILITCHENKO A. Radical innovation in strategic partnerships: a framework for analysis. *Journal of Business Research*, 2016, 69(5): 1829-1833.
- [23] KYRIAKOPOULOS K, HUGHES M, HUGHES P. The role of marketing resources in radical innovation activity: antecedents and payoffs. *The Journal of Product Innovation Management*, 2016, 33(4): 398-417.
- [24] SLATER S F, MOHR J J, SENGUPTA S. Radical product in-

- novation capability: literature review, synthesis, and illustrative research propositions. *The Journal of Product Innovation Management*, 2014, 31(3):552-566.
- [25] 冯军政. 企业突破性创新和破坏性创新的驱动因素研究:环境动态性和敌对性的视角. *科学学研究*, 2013, 31(9):1422-1432,1421.
FENG Junzheng. The study on driving factors of firm's breakthrough innovation and disruptive innovation: based on the environmental dynamic and hostile perspective. *Studies in Science of Science*, 2013, 31(9):1422-1432,1421.
- [26] LI Y, LI P P, WANG H F, et al. How do resource structuring and strategic flexibility interact to shape radical innovation?. *The Journal of Product Innovation Management*, 2017, 34(4):471-491.
- [27] 刘岩,蔡虹,向希尧. 企业技术知识基础多元度对创新绩效的影响:基于中国电子信息企业的实证分析. *科研管理*, 2015, 36(5):1-9.
LIU Yan, CAI Hong, XIANG Xiyao. The influence of technological variety of knowledge base on the innovative performance: a test in Chinese electrical & electronic industry. *Science Research Management*, 2015, 36(5):1-9.
- [28] RITALA P, HUSTED K, OLANDER H, et al. External knowledge sharing and radical innovation: the downsides of uncontrolled openness. *Journal of Knowledge Management*, 2018, 22(5):1104-1123.
- [29] 曾德明,周涛. 企业知识基础结构与技术创新绩效关系研究:知识元素间关系维度新视角. *科学学与科学技术管理*, 2015, 36(10):80-88.
ZENG Deming, ZHOU Tao. The relationship between knowledge base and innovation performance: a new relational perspective of knowledge elements. *Science of Science and Management of S.&T.*, 2015, 36(10):80-88.
- [30] MOREIRA S, MARKUS A, LAURSEN K. Knowledge diversity and coordination: the effect of intrafirm inventor task networks on absorption speed. *Strategic Management Journal*, 2018, 39(9):2517-2546.
- [31] 陈培祯,曾德明,李健. 技术多元化对企业新产品开发绩效的影响. *科学学研究*, 2018, 36(6):1070-1077.
CHEN Peizhen, ZENG Deming, LI Jian. The impact of technological diversification on new product development performance. *Studies in Science of Science*, 2018, 36(6):1070-1077.
- [32] 曾德明,陈培祯. 企业知识基础、认知距离对二元式创新绩效的影响. *管理学报*, 2017, 14(8):1182-1189.
ZENG Deming, CHEN Peizhen. The impact of knowledge base and cognitive distance to firm's ambidexterity innovation performance. *Chinese Journal of Management*, 2017, 14(8):1182-1189.
- [33] PETRALIA S, BALLAND P A, MORRISON A. Climbing the ladder of technological development. *Research Policy*, 2017, 46(5):956-969.
- [34] HUANG Y F, CHUNG J C. The impact of technological diversity and organizational slack on innovation. *Technovation*, 2010, 30(7/8):420-428.
- [35] NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Management of technology: the hidden competitive advantage*. Washington, DC: The National Academies Press, 1987:9-10.
- [36] HAAKONSSON S J, KIRKEGAARD J K. Configuration of technology networks in the wind turbine industry: a comparative study of technology management models in European and Chinese lead firms. *International Journal of Technology Management*, 2016, 70(4):281-299.
- [37] MEYER-BRÖTZ F, STELZER B, SCHIEBEL E, et al. Mapping the technology and innovation management literature using hybrid bibliometric networks. *International Journal of Technology Management*, 2018, 77(4):235-286.
- [38] CETINDAMAR D, PHAAL R, PROBERT D. *Technology management: activities and tools*. 2nd ed. New York, London: Red Globe Press, 2016:30-33.
- [39] CETINDAMAR D, PHAAL R, PROBERT D. Understanding technology management as a dynamic capability: a framework for technology management activities. *Technovation*, 2009, 29(4):237-246.
- [40] AHARONSON B S, SCHILLING M A. Mapping the technological landscape: measuring technology distance, technological footprints, and technology evolution. *Research Policy*, 2016, 45(1):81-96.
- [41] PHAAL R, FARRUKH C, PROBERT D R. Technology management and roadmapping at the firm level // MOEHRLE M G, ISENMANN R, PHAAL R. *Technology Roadmapping for Strategy and Innovation: Charting the Route to Success*. New York, London: Springer Heidelberg, 2013:13-29.
- [42] RUSH H, BESSANT J, HOBDDAY M. Assessing the technological capabilities of firms: developing a policy tool. *R&D Management*, 2007, 37(3):221-236.
- [43] CAMPS S, MARQUES P. Exploring how social capital facilitates innovation: the role of innovation enablers. *Technological Forecasting & Social Change*, 2014, 88:325-348.
- [44] 唐朝永,陈万明,彭灿. 社会资本、失败学习与科研团队创新绩效. *科学学研究*, 2014, 32(7):1096-1105.
TANG Chaoyong, CHEN Wanming, PENG Can. Social capital, learning from failures, and innovation performance of research team. *Studies in Science of Science*, 2014, 32(7):1096-1105.
- [45] PÉREZ-LUÑO A, MEDINA C C, LAVADO A C, et al. How social capital and knowledge affect innovation. *Journal of Business Research*, 2011, 64(12):1369-1376.
- [46] 朱丽,柳卸林,刘超,等. 高管社会资本、企业网络位置和创新能力:“声望”和“权力”的中介. *科学学与科学技术管理*, 2017, 38(6):94-109.
ZHU Li, LIU Xielin, LIU Chao, et al. Top managerial social capital, firm network position and innovation capability: the mediating effect of prestige and power from firm network position. *Science of Science and Management of S.&T.*, 2017, 38(6):94-109.
- [47] 曾萍,邓腾智,宋铁波. 社会资本、动态能力与企业创新关系的实证研究. *科研管理*, 2013, 34(4):50-59.
ZENG Ping, DENG Tengzhi, SONG Tiebo. The relationship among social capital, dynamic capabilities, and enterprise innovation. *Science Research Management*, 2013, 34(4):50-59.
- [48] GAO Y, LI Y, CHENG M Y, et al. How does market learn-

- ing affect radical innovation? The moderation roles of horizontal ties and vertical ties. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 2017, 32(1): 57-75.
- [49] GARCÍA-VILLAVERDE P M, RODRIGO-ALARCÓN J, PARRA-REQUENA G, et al. Technological dynamism and entrepreneurial orientation; the heterogeneous effects of social capital. *Journal of Business Research*, 2018, 83: 51-64.
- [50] 陈家田. 国外上市公司高管社会资本对其薪酬的影响效应研究述评. *管理评论*, 2012, 24(10): 102-108.
CHEN Jiatian. A review on the researches about the effects of executives' social capital on their compensation. *Management Review*, 2012, 24(10): 102-108.
- [51] 戴俊, 朱小梅, 盛昭瀚. 知识转化的机理研究. *科研管理*, 2004, 25(6): 85-91.
DAI Jun, ZHU Xiaomei, SHENG Zhaohan. Studies on mechanism of knowledge transformation. *Science Research Management*, 2004, 25(6): 85-91.
- [52] 王国顺, 杨昆. 社会资本、吸收能力对创新绩效影响的实证研究. *管理科学*, 2011, 24(5): 23-36.
WANG Guoshun, YANG Kun. An empirical study of the influence of social capital and absorptive capacity on innovation performance. *Journal of Management Science*, 2011, 24(5): 23-36.
- [53] TORTORIELLO M, MCEVILY B, KRACKHARDT D. Being a catalyst of innovation; the role of knowledge diversity and network closure. *Organization Science*, 2015, 26(2): 423-438.
- [54] WANG H, CHEN W R. Is firm-specific innovation associated with greater value appropriation? The roles of environmental dynamism and technological diversity. *Research Policy*, 2010, 39(1): 141-154.
- [55] NADOLSKA A, BARKEMA H G. Good learners: how top management teams affect the success and frequency of acquisitions. *Strategic Management Journal*, 2014, 35(10): 1483-1507.
- [56] 于洪彦, 黄晓治, 曹鑫. 企业社会责任与企业绩效关系中企业社会资本的调节作用. *管理评论*, 2015, 27(1): 169-180.
YU Hongyan, HUANG Xiaozhi, CAO Xin. The relationship between corporate social responsibility and corporate performance, the moderating role of enterprises' social capital. *Management Review*, 2015, 27(1): 169-180.
- [57] 李梓涵昕, 朱桂龙, 吕凤雯, 等. 知识接收方视角下社会资本对知识转移的影响研究. *管理科学*, 2015, 28(3): 52-62.
LI Zihanxin, ZHU Guilong, LYU Fengwen, et al. Research on the impacts of social capital on knowledge transfer in view of knowledge recipient. *Journal of Management Science*, 2015, 28(3): 52-62.
- [58] CHEN Y S, CHANG K C. Using the entropy-based patent measure to explore the influences of related and unrelated technological diversification upon technological competences and firm performance. *Scientometrics*, 2012, 90(3): 825-841.
- [59] SONG M, THIEME J. The role of suppliers in market intelligence gathering for radical and incremental innovation. *The Journal of Product Innovation Management*, 2009, 26(1): 43-57.
- [60] KAPLAN S, VAKILI K. The double-edged sword of recombination in breakthrough innovation. *Strategic Management Journal*, 2015, 36(10): 1435-1457.
- [61] REID S E, BRENTANI U D. The fuzzy front end of new product development for discontinuous innovations: a theoretical model. *The Journal of Product Innovation Management*, 2004, 21(3): 170-184.
- [62] KHANNA R, GULER I, NERKAR A. Entangled decisions: knowledge interdependencies and terminations of patented inventions in the pharmaceutical industry. *Strategic Management Journal*, 2018, 39(9): 2439-2465.
- [63] SRIVASTAVA M K, GNYAWALI D R. When do relational resources matter? Leveraging portfolio technological resources for breakthrough innovation. *Academy of Management Journal*, 2011, 54(4): 797-810.
- [64] FENG Y J, LU H, BI K. An AHP/DEA method for measurement of the efficiency of R&D management activities in universities. *International Transactions in Operational Research*, 2004, 11(2): 181-191.
- [65] HUANG L Y, LAI G C, MCNAMARA M, et al. Corporate governance and efficiency: evidence from U. S. property-liability insurance industry. *The Journal of Risk and Insurance*, 2011, 78(3): 519-550.
- [66] ANG J B. Financial development, liberalization and technological deepening. *European Economic Review*, 2011, 55(5): 688-701.
- [67] 张静, 王宏伟. 我国知识资本生产特征及其对经济增长的影响. *科学学研究*, 2017, 35(8): 1156-1166.
ZHANG Jing, WANG Hongwei. The empirical analysis of promotion effect of Chinese intellectual capital on economic growth. *Studies in Science of Science*, 2017, 35(8): 1156-1166.
- [68] AIKEN L S, WEST S G. *Multiple regression: testing and interpreting interactions*. Thousand Oaks, California: Sage Publications, Inc., 1991: 12-16.
- [69] ZAMAN A, ROUSSEUW P J, ORHAN M. Econometric applications of high-breakdown robust regression techniques. *Economics Letters*, 2001, 71(1): 1-8.
- [70] 于飞, 蔡翔, 董亮. 研发模式对企业创新的影响: 知识基础的调节作用. *管理科学*, 2017, 30(3): 97-109.
YU Fei, CAI Xiang, DONG Liang. Impact of R&D mode on firm innovation: the moderating effect of knowledge base. *Journal of Management Science*, 2017, 30(3): 97-109.
- [71] 钱海燕, 李嘉, 杨忠. 横向关系、纵向关系与中小企业国际化: 一个跨案例研究. *科学学与科学技术管理*, 2010, 31(5): 187-192.
QIAN Haiyan, LI Jia, YANG Zhong. Horizontal ties, vertical ties, and the internationalization of SMEs: a cross-case study research. *Science of Science and Management of S.&T.*, 2010, 31(5): 187-192.

Impact of Technological Variety of Knowledge Base on Radical Technological Innovation Behavior

WU Weiwei¹, ZHANG Qi¹, LIANG Zhou¹, LIU Yexin², YU Bo¹, GAO Qitong¹

1 School of Management, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China

2 School of Economics and Management, Harbin Institute of Technology at Weihai, Weihai 264209, China

Abstract: Stimulating radical technological innovation behavior is of great significance for firms to acquire international competitiveness. Prior studies paid less attention on radical technological innovation behavior and its influencing factors, and especially lacked the investigation of the influencing mechanism of technological variety of knowledge base on radical technological innovation behavior.

Based on the knowledge-based view, this paper explored the effect of technological variety of knowledge base on radical technological innovation behavior, analyzed the moderating effect of technology management capability on the relationship between technological variety of knowledge base on radical technological innovation behavior under different situations of top management team (TMT) social capital. We constructed a theoretical model of the relationship between technological variety of knowledge base and radical technological innovation behavior. Data were collected based on listed firms in Shanghai and Shenzhen stock exchange from 2013 to 2017 and were empirical tested by using multiple regression analysis.

The results show that technological variety of knowledge base has a significantly positive impact on radical technological innovation behavior, technology management capability plays a positive moderating role in the relationship between technological variety of knowledge base and radical technological innovation behavior, and TMT social capital increases the positive moderating effect of technology management capability. The impact of horizontal social capital of TMT on the moderating effect of technological management capabilities is greater than that of vertical social capital of TMT.

This study enrich the radical technological innovation research from the perspective of behavior and provided a fresh insight for research on technological innovation theory. It also expanded the application field of technological knowledge base by finding out the positive impact of technological variety of knowledge base on radical technological innovation behavior. It revealed the moderating effect of technology management capability, which deepened the understanding of the role of technology management capability. It explicated context-dependent conditions for the effectiveness of technology management capability and thus extended the application of TMT social capital in the area of technology management.

Keywords: technological variety of knowledge base; radical technological innovation; radical technological innovation behavior; technology management capability; TMT social capital

Received Date: October 9th, 2018 **Accepted Date:** July 5th, 2019

Funded Project: Supported by the National Natural Science Foundation of China (71472055), the National Social Science Foundation of China (16AZD0006), the Heilongjiang Philosophy and Social Science Research Project (19GLB087), the Fundamental Research Funds for the Central Universities (HIT.NSRIF.2019033), and the Humanities and Social Sciences Project of Ministry of Education in China (20YJC630090)

Biography: WU Weiwei, doctor in management, is a professor in the School of Management at Harbin Institute of Technology. His research interests include technology management and innovation management. His representative paper titled "Effects of corporate environmental responsibility strength and concern on innovation performance; the moderating role of firm visibility" was published in the *Corporate Social Responsibility and Environmental Management* (Issue 3, 2020). E-mail: wuweiwei@hit.edu.cn

ZHANG Qi is a Ph. D candidate in the School of Management at Harbin Institute of Technology. Her research interest focuses on technology management. E-mail: hit_zq910057@163.com

LIANG Zhou is a Ph. D candidate in the School of Management at Harbin Institute of Technology. Her research interest focuses on technological innovation. E-mail: liangzhou0805@163.com

LIU Yexin, doctor in management, is a lecturer in the School of Economics and Management at Harbin Institute of Technology at Weihai. His research interest focuses on technological innovation management. His representative paper titled "The impact of technology management capability on radical technological innovation behavior" was published in the *Studies in Science of Science* (Issue 5, 2020). E-mail: lyx_hit90@163.com

YU Bo, doctor in management, is a professor in the School of Management at Harbin Institute of Technology. His research interests include innovation management and industrial technology economics analysis. His representative paper titled "Entrepreneurial firms' network competence, technological capability, and new product development performance" was published in the *Asia Pacific Journal of Management* (Issue 3, 2014). E-mail: yub@hit.edu.cn

GAO Qitong is a master degree candidate in the School of Management at Harbin Institute of Technology. Her research interest focuses on technology management. E-mail: 2314127472@qq.com

□