



内向型开放式创新与突破性创新绩效 ——网络位置的调节效应

吕一博, 朱雨晴, 鲍丽宁

大连理工大学 经济管理学院, 辽宁 大连 116024

摘要: 内向型开放式创新对于企业创新过程和创新产出的积极作用已经得到理论界和企业界的广泛认同,但在内向型开放式创新对企业突破性创新绩效作用的理解上仍存在争议。一部分学者认为内向型开放式创新带来的多元化知识和创新资源能够更好地激发突破性创新,另一部分学者认为内向型开放式创新引发的成本增加和研发不聚焦等问题反而会抑制突破性创新。因而,需要进一步明晰内向型开放式创新与突破性创新绩效之间的关系。

基于网络嵌入性视角,探讨内向型开放式创新对突破性创新绩效的影响,并考察网络位置的调节效应。选取3D打印、增强现实和虚拟现实、混合动力汽车、无人机4个典型的新兴产业作为研究对象,以其在2005年至2017年主要企业专利权人之间的专利引用数据为研究样本,应用专利网络分析和层次回归分析方法,对研究假设进行检验。

研究表明,内向型开放式创新的开放广度和开放深度均正向影响突破性创新绩效;网络位置的中心性负向调节开放广度对突破性创新绩效的影响,网络位置的连通性正向调节内向型开放式创新对突破性创新绩效的影响;产业技术特征显著影响突破性创新绩效。此外,企业通过实施内向型开放式创新提升突破性创新绩效还应综合考虑产业技术发展水平和产业创新网络特征。

研究结果深化了内向型开放式创新对突破性创新绩效作用的理解,从网络嵌入性视角拓展了对内向型开放式创新的理论研究,为新兴产业中的企业实施定位于突破性创新的内向型开放式创新战略提供了理论指导和实践指南。

关键词: 内向型开放式创新;突破性创新;创新网络;网络位置;专利分析

中图分类号: F272 **文献标识码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1672-0334.2020.05.007

文章编号: 1672-0334(2020)05-0086-15

引言

自CHESBROUGH^[1]提出开放式创新概念以来,企业如何通过实施开放式创新提升技术竞争力和创新绩效^[2],已成为创新领域研究关注的新热点^[3]。统计结果表明,超过三分之一的创新企业通过与外部创新主体合作获取技术知识^[4-5]。大量研究证实内

向型开放式创新对企业创新产出具有积极作用^[6],内向型开放式创新战略也被越来越多的创新巨头认同并广泛应用于其创新全流程。例如,宝洁早在2007年就正式建立了全球性的C+D(联系与发展)网站平台,发布自身创新需求并寻求解决方案,而外部的研发人员或机构也可以获取宝洁的创新信息,最

收稿日期: 2018-04-12 **修返日期:** 2019-03-15

基金项目: 国家自然科学基金(71572026)

作者简介: 吕一博,管理学博士,大连理工大学经济管理学院副教授,研究方向为企业成长和创新管理等,代表性学术成果为“Structural embeddedness and innovation diffusion: the moderating role of industrial technology grouping”,发表在2017年第111卷《Scientometrics》,E-mail:luyibo@dlut.edu.cn

朱雨晴,大连理工大学经济管理学院硕士研究生,研究方向为创新管理和企业网络等,E-mail:zhuyuning0819@163.com

鲍丽宁,大连理工大学经济管理学院硕士研究生,研究方向为技术创新和技术竞争力等,E-mail:2841710127@qq.com

大限度地建立起内部创新与外部资源沟通的桥梁。海尔也于2013年10月正式上线其开放创新平台,整合全球一流资源、智慧和优秀创意,与全球研发机构或个人合作,使平台上所有资源提供方和技术需求方互利共享。

目前,产业跨技术边界的融合发展和颠覆性创新越来越普遍,突破性创新的产出和实现不仅能够帮助企业获取技术竞争优势,而且一定程度上能够影响整个产业发展趋势和未来走向。因此,在创新频繁、技术快速更迭的新兴产业中,企业如何实施和布局创新战略及手段以提升突破性创新产出并获取竞争优势是企业面临的关键问题。然而,已有研究对于内向型开放式创新对突破性创新的影响仍存在不同的理解。一部分学者认为,企业在实施内向型开放式创新的过程中会从外部获取更多元的创意和创新资源^[7],能够更好地激发突破性创新的产生^[8]。另一部分学者认为,内向型开放式创新过程中产生的成本增加、对异质性知识和资源的吸收困难,以及技术研发不聚焦等现象,会抑制突破性创新的产生^[9-10]。因而,深入理解内向型开放式创新对突破性创新的影响是指导企业有效实施内向型开放式创新战略、提升突破性创新绩效的前提和基础。

本研究认为,已有研究之所以未能形成一致结论,其原因在于内向型开放式创新的实施效果受企业自身资源能力和外部创新环境的共同影响,多数研究重点关注企业自身资源能力的影响,如企业技术吸收能力^[11]和知识积累能力^[12]等。相对于企业内部有限的资源和能力,外部创新环境能够为企业带来更多的创新机会和可能^[13]。而企业在创新网络中的位置特征综合反映了其获取新知识的机会和可能^[14-15],是影响内向型开放式创新实施效果的重要外部环境因素。因此,本研究基于网络嵌入性视角,探讨内向型开放式创新对突破性创新绩效的影响。

1 相关研究评述

1.1 内向型开放式创新和突破性创新

开放式创新是指企业通过对内外部知识的搜索、重组、处理和利用,整合内外部技术和创新资源的创新范式^[16]。根据技术知识相对于组织边界的流动方向,现有研究将开放式创新分为外向型开放式创新和内向型开放式创新两类^[17]。外向型开放式创新旨在强调企业内部技术知识等研发成果的外部商业化^[18],内向型开放式创新是指企业通过对外部技术知识和创新资源的探索和整合利用,突破现有组织边界,在不同创新主体之间实现技术共享、优势互补的创新过程^[19-20]。参考LAURSEN et al.^[9]对外部搜索行为的界定和测量,本研究采用创新开放度描述企业内向型开放式创新战略和行为的特征,具体包括开放广度和开放深度两个维度。其中,开放广度是指企业在创新活动中接触和利用的外部技术知识源或渠道的数量,开放深度是指企业在创新活动中对外部技术知识源或渠道的利用强度^[7]。

突破性创新是指打破原有技术轨迹,超越企业现有能力,形成全新产品或服务的创新^[21]。DAHLIN et al.^[22]认为突破性创新具有独特性、新颖性和被广泛采纳性3项特征。相对于关注改进和加强现有产品、工艺、技术、组织结构和方法的渐进性创新^[23],突破性创新强调突破原有知识领域,新颖且具有重大意义^[24]。突破性创新绩效是测量企业突破性创新产出的重要指标,本研究具体探讨内向型开放式创新与企业突破性创新绩效之间的关系。

已有研究在内向型开放式创新对突破性创新绩效影响的理解上仍存在分歧。一方面,部分研究认为内向型开放式创新作为企业定位于搜索外部技术知识和整合内外部创新资源而开展的战略和行为,能够为企业带来更为多元的创新资源和异质性技术知识^[19],为企业实现突破性创新带来更多的机会和可能。外部环境中广泛的信息获取渠道也能激发突破性创新的产生^[8]。内向型开放式创新已在不同企业的技术研发和创新产出实践中展现了优势,如英特尔通过创新过程中的内向型开放式创新,从外部环境中快速学习,获取大量新想法并扫描有潜力的研究领域,实现了技术专利的大幅增长。另一方面,一些研究认为内向型开放式创新引发的技术研发不聚焦、投入分散、成本增加等问题,使企业突破性创新的产生受到抑制^[10]。RITALA et al.^[25]通过对芬兰762家研发密集型企业的问卷调查发现,在实施内向型开放式创新时,由于接触到的技术知识和创新资源较为相似,企业更倾向于进行渐进性创新而非突破性创新。为深入探究内向型开放式创新对突破性创新绩效的作用机理,本研究从理论层面探讨内向型开放式创新对企业突破性创新绩效的影响。

1.2 网络位置和突破性创新

从资源基础观和企业社会资本视角看^[26],创新网络反映了创新进程中不同技术主体间的相互联系^[11],它被认为是企业实施内向型开放式创新最主要的外部技术环境和现实载体^[13]。而企业在创新网络中的位置被认为是影响其创新绩效和创新能力的重要因素^[27],占据创新网络中的不同位置,意味着获取新技术知识和创新资源的机会和条件存在差异性^[28]。

已有研究主要采用网络中心性、网络连通性、结构洞位置、中介位置等指标描述企业在网络中的位置特征^[29-30]。从内向型开放式创新的内涵看,影响企业对外部技术知识搜索、重组、吸收和利用过程的网络位置特征主要是网络中心性和网络连通性^[31]。网络中心性反映了企业在网络中接近中心位置的程度,中心性越高意味着企业在网络中的影响力越强;网络连通性描述了企业在网络中能够被其他主体接触并达到的水平^[32],连通性越高说明企业获取外部技术知识越便捷^[33]。

基于网络嵌入性视角,网络位置对企业创新过程和创新产出的影响受到学者们广泛关注。LI et al.^[34]的研究表明,网络位置能够反映各创新主体之间的竞争与合作关系;徐建中等^[35]认为,占据不同

网络位置意味着企业获取新技术知识的机会和难易水平不同; TSAI^[36]的研究发现居于优势的网络位置意味着企业在该创新网络中具有较强的资源配置和整合能力。借助创新主体之间频繁的技术知识和创新资源的共享与利用,能够帮助企业准确把握实现技术创新的时机^[28],并放大创新活动的实施效果^[37]。ESLAMI et al.^[38]的研究表明,占据网络中心位置对知识传播共享具有正向作用;张利飞等^[39]从网络的中心位置和中介位置两个维度证实,处于中心位置和中介位置的企业不仅能够储备丰富的非冗余资源,降低搜索和筛选成本,且能有效推动企业间的技术合作; MAZZOLA et al.^[40]研究开放式创新、网络嵌入性和创新绩效三者之间的关系,发现处于优势网络位置的企业能够更好地识别、吸收、转化和探索多元化信息,为创新产出提供基础。

已有研究大多探讨内向型开放式创新和网络位置对创新绩效的影响,而具体对突破性创新绩效影响的研究相对较少,其影响机理尚需进一步明晰。在目前产业融合发展的趋势下以及新兴产业频繁更替的背景下,突破性创新是企业获得未来技术竞争优势的重要基石,如何实现突破性创新的频发和高产是企业面临的重要问题。因此,本研究具体研究内向型开放式创新、网络位置和突破性创新绩效三者之间的关系。

2 研究假设

2.1 内向型开放式创新对突破性创新绩效的影响

内向型开放式创新的实施,使企业能够突破自身已有的技术和资源边界^[41],通过外部搜索行为获取技术知识和创新资源,为企业突破性创新的产生创造机会和可能^[42]。华为公司通过价值网络搭建与国内外企业的开放式创新平台,在短短20年间就与世界顶级电信巨头比肩角逐。内向型开放式创新主要能为企业带来两方面的优势,一方面,对外部多种渠道来源的异质性技术知识和创新资源的获取、吸收和利用,能够激发企业创造出更多技术知识的新组合^[43],提高了企业产生突破性创新的几率,进而提升企业的突破性创新绩效^[44]。另一方面,广泛的外部技术知识搜索行为能够使企业更好地理解产业技术发展现状和趋势,精准地把握产业技术发展轨迹和变动方向^[45],有助于企业开展技术的战略性储备和布局,定向进行突破性创新。

具有较大开放广度的企业在信息获取、预测技术发展趋势和降低试错风险等方面具有更大的优势。首先,开放广度较大的企业可以在更广泛的范围内搜索外部技术知识等创新资源^[45],有利于企业从多样化、异质程度高的知识中获取所需信息^[46],突破原有技术轨迹,更易获得高水平创新产出。其次,开放广度较大的企业拥有更为多元的信息渠道^[28],有助于企业把握产业技术轨迹和未来发展走势,掌握新技术的发展脉络。最后,开放广度较大的企业在创新资源搜索过程中试错时间相对较短,降低了技

术知识搜索中的风险^[47],有利于企业高效定向获取和利用优质创新资源。因此,本研究提出假设。

H₁ 开放广度对企业突破性创新绩效具有正向影响。

具有较高开放深度的企业能够实现更高质量的合作交流和更高效可靠的技术转移。首先,开放深度较高的企业与其他创新主体之间的联系更为深入和紧密,合作交流的机会和质量较高^[47],这保证了企业外部技术知识来源的可靠性和稳定性;其次,开放深度较高的企业与关键技术资源的来源企业形成良好的行为依赖关系^[48],一定程度上降低了合作中的机会主义行为,提高了技术知识的转移效率,使技术转移的过程更加高效可靠,有利于突破性创新的产出。因此,本研究提出假设。

H₂ 开放深度对企业突破性创新绩效具有正向影响。

2.2 网络位置的调节效应

(1) 网络中心性的调节效应

一方面,网络中心性可能正向调节开放广度对企业突破性创新绩效的影响。首先,处于网络相对中心位置的企业接触、获取和利用多样化、新颖度高的外部知识的机会和条件更好^[49-50],可获取的技术知识和创新资源的渠道和范围更广泛,能够放大开放广度的信息获取优势。其次,处于网络相对中心位置的企业一般具有较高的声望,其他技术知识主体与之开展合作创新的意愿更强^[51],频繁的合作创新使中心企业对相关外部技术知识和创新资源的定位和掌握更加精准^[52],提高了开放广度预测技术发展趋势的优势。最后,处于网络相对中心位置的企业在技术合作和创新资源的协调与控制上更具优势^[53],能够降低在合作中可能出现的风险和损失,也有助于降低试错风险。因此,网络中心性强化了开放广度对企业突破性创新绩效的提升效果。

另一方面,网络中心性可能正向调节开放深度对企业突破性创新绩效的影响。首先,处于网络相对中心位置的企业可获取的技术知识和创新资源的渠道和范围更广泛,藉此能够与其他主体实现更高效的研发合作,创新主体之间交流合作水平更高,能够增强高质量的合作交流^[49]。其次,处于网络相对中心位置的企业对于资源的协调整合能力高于创新网络中其他企业^[53],能够有效整合和处理众多创新环节中获取的创新资源,进一步提升了开放深度带来的可靠技术转移过程的优势。因此,网络中心性强化了开放深度对企业突破性创新绩效的提升效果。

综上所述,本研究提出假设。

H_{3a} 网络中心性正向调节开放广度对企业突破性创新绩效的影响。

H_{3b} 网络中心性正向调节开放深度对企业突破性创新绩效的影响。

(2) 网络连通性的调节效应

一方面,网络连通性可能正向调节开放广度对

企业突破性创新绩效的影响。首先,网络连通性较高的企业与其他企业的技术距离较短,使企业对外部技术知识和创新资源的获取更便捷,更容易获取超出企业自身技术知识范围的创新资源,有助于扩大开放广度的信息获取优势。其次,网络连通性较高的企业在外部搜索中对相关技术知识和创新资源的吸收和利用更加精准、完整和高效^[54],信息失真风险较低,信息不对称水平较高,使企业能够更加精准地把握产业技术发展轨迹和变动趋势,强化了开放广度预测技术发展趋势的优势。最后,网络连通性较高的企业对技术知识资源的利用和整合效率高^[55-56],降低了试错风险。因此,网络连通性强化了开放广度对企业突破性创新绩效的提升效果。

另一方面,网络连通性可能正向调节开放深度对企业突破性创新绩效的影响。首先,网络连通性较高的企业外部合作成本较低,信息不对称水平较高,与其他企业进行技术共享和合作互利的意愿更强^[57],企业之间合作深度和水平也更高^[58],有助于增强高质量的合作交流。其次,网络连通性较高的企业与其他创新主体之间的技术距离较近,企业之间技术知识转移的可能性、速度和完整性较高^[54],合作交流更便捷,也提升了开放深度带来的技术转移的效率和可靠性。因此,网络连通性强化了开放深度对企业突破性创新绩效的提升效果。

综上所述,本研究提出假设。

H_{3a} 网络连通性正向调节开放广度对企业突破性创新绩效的影响。

H_{3b} 网络连通性正向调节开放深度对企业突破性创新绩效的影响。

基于以上对内向型开放式创新、网络位置和突破性创新绩效之间关系的分析,本研究建立概念模型,见图1。

3 研究方法

3.1 研究样本

新兴产业技术创新频度高、复杂性强、跨边界合作频繁,适宜进行开放式创新和突破性创新的相关研究。根据产业技术和市场的发展特征,本研究选

取3D打印、增强现实(augmented reality, AR)和虚拟现实(virtual reality, VR)、混合动力汽车和无人机4个新兴产业作为研究样本。自2005年起,专利申请和授权量激增,专利权人之间互相引用频繁,逐渐形成联系紧密的产业创新网络。因此,本研究选取德温特专利数据库(DII)在2005年至2017年的专利数据,根据4个产业的专利申请情况、主要专利权人之间的专利引用情况,对各产业专利持有量排名前50的企业专利权人进行具体分析。由于新兴产业的专利技术应用和更迭速率远超其他成熟产业,根据HIGGINS et al.^[59]对新兴产业专利价值和活跃度的相关研究,本研究选取3年的时间跨度,分别对4个新兴产业在2005年至2007年、2008年至2010年、2011年至2013年、2014年至2016年之间的专利引用数据进行分段收集和测算。在剔除掉全部变量为0的数据后,研究样本量为783。

3.2 数据收集和处理

在专利数据收集的检索策略上,本研究综合采用德温特主题词和手工代码检索的方式。如对3D打印领域的专利检索策略主要采用德温特主题词检索,检索式为:TS = ("3D Print" OR "3-dimension printing" OR "three-dimension printing" OR "print in threedimensions" OR "Additive Manufacture" OR "Rapid Prototype" OR "Rapid Manufacture" OR "Rapid Prototype Manufacture" OR "3D manufacture" or "three dimension print" or "digital Manu fact" or "intelligent Manu fact" or "3 dimension print" OR "direct manufacture" OR "Material Increase Manufacturing")。对无人机领域的专利检索则采用德温特手工代码检索,检索式为:MAN = (W06-B01 A5 OR W06-B01 B1 OR W05-D07 D OR W05-D04 A1 OR W07-A 01 OR T06-B01 X OR T01-J10 B2 OR T06-B01 B OR T06-B01 A OR S02-B08 OR W07-X01 OR W06-B09 OR W05-D08 C OR W06-B15 B OR W04-X03 E1 A OR W06-B15 A OR W06-B15 U)。

在数据处理上,本研究按照以下步骤对4个新兴产业技术领域内主要专利权人之间的专利引用数据进行处理和分析:①将检索形成的专利引用数据转换为邻接矩阵;②设置专利引用临界值,对邻接矩阵进行隶属度编码,将其转换为0-1矩阵;③应用Ucinet

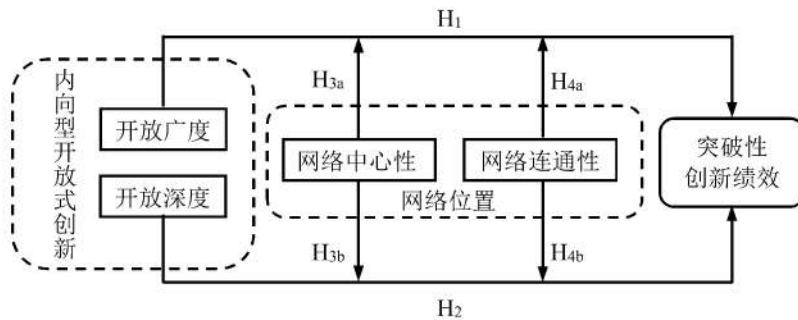


图1 概念模型

Figure 1 Conceptual Model

6.0软件,计算专利引用网络的相关参数并生成拓扑图;④应用Spss 22.0统计分析软件,对研究变量进行描述性统计分析、相关性分析和层次回归分析。

3.3 变量测量

(1) 内向型开放式创新

内向型开放式创新强调对外部技术知识资源的搜索和整合利用,创新开放度代表企业在开放式创新中开放的程度^[1]。本研究参考LAURSEN et al.^[9]对外部搜索行为的界定和测量,采用创新开放度的两个维度——开放广度和开放深度测量企业内向型开放式创新。在具体测量中,开放广度指企业在实施创新活动时外部搜索渠道或来源的数量,以该企业所有外部引用的企业总数测量。开放深度指企业与外部搜索渠道或来源的联系紧密程度,以企业所有外部引用专利数的加权值测量。计算式分别为

$$Bre_i = \sum_{j=1}^{n-1} InCit_{pat} \quad (1)$$

$$Dep_i = \frac{\sum_{j=1}^{n-1} InCit_{pate}}{\sum_{j=1}^{n-1} InCit_{pat}} \quad (2)$$

其中, i 为企业, j 为除 i 以外的其他企业, n 为企业总数, Bre_i 为开放广度, Dep_i 为开放深度, $InCit_{pat}$ 为 i 企业所有外部引用的企业总数, $InCit_{pate}$ 为 i 企业所有外部引用的专利总量。

(2) 突破性创新绩效

借鉴DUTTA et al.^[60]对于技术创新性的测量方法,用专利权人在给定时间跨度内专利总被引数除以产业内专利平均被引数测量突破性创新绩效。在具体测算中,考虑到新兴产业的技术发展特点,本研究采用滞后1年的专利引用数据作为突破性创新绩效的测量数据。计算式为

$$Rip_i = \frac{\sum_{j=1}^{n-1} InCite_{pate}}{Avg} \quad (3)$$

其中, Rip_i 为突破性创新绩效, $InCite_{pate}$ 为企业在给定时间跨度内的专利被引总数, Avg 为企业在给定时间跨度内所在产业的专利平均被引数。

(3) 网络位置

本研究主要从网络中心性和网络连通性两个维度测量企业在创新网络中的位置特征。将4个产业在各时间跨度内的专利引用网络0-1矩阵输入Ucinet 6.0,计算各节点的网络中心性和网络连通性。其中,采用节点的中间中心度测量网络中心性^[61],中间中心度能够更好地测量企业在网络中的信息获取量,反映企业在创新网络中的控制优势^[62]。采用到达率测量网络连通性,通过计算网络中所有其他节点到达该节点的距离倒数和,测量企业与创新网络中其他创新主体之间的连通性^[56]。计算式分别为

$$BC_i = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \frac{g_{j,k}(i)}{g_{j,k}} \quad (4)$$

其中, BC_i 为 i 企业所在节点的中间中心度, $g_{j,k}(i)$ 为

企业所在节点与 k 企业所在节点之间经过 i 企业所在节点的路径数, $g_{j,k}$ 为 j 企业所在节点与 k 企业所在节点之间存在的总路径数。

$$Rea_i = \sum_{j=1}^m \frac{1}{d_{i,j}} \quad (5)$$

其中, Rea_i 为 i 企业的到达率, $d_{i,j}$ 为 j 企业所在节点到 i 企业所在节点的距离, m 为 i 企业所在节点所能到达的节点总数。

(4) 控制变量

考虑到专利权人特征和产业技术特征对突破性创新绩效的可能影响,本研究选择企业性质、技术集中度 and 产业技术突破强度作为控制变量。①在企业性质的测量上,采用德温特专利数据库中的企业分类代码,标准企业(ABCD-C)赋值为0,非标准企业(ABCD-N)赋值为1。②参照PRYOR^[63]对产业集中度的相关研究,结合新兴技术产业的发展特点,本研究采用年度内产业前8位的专利权人所持有的专利总量与产业内专利总量之比测量技术集中度。③产业技术突破强度代表了该产业技术整体的突变程度,能够反映产业技术的特征和发展阶段,而关键技术突变度和产业技术整合度是划分新兴产业技术类别的两个维度^[64],因此采用关键技术突变度与产业技术整合度之比测量产业技术突破强度。首先,采用年度内企业申请专利的被引总数与申请专利总数之比的平均值测量关键技术突变度。其次,国际专利分类(IPC)是按技术领域对专利和实用新型进行分类的符号等级体系,产业技术的IPC集聚程度能够反映产业技术的整合水平。每个IPC类别对应的专利数量与产业专利总量的比值高于1%时,被认为是该产业中较为集聚的IPC类别。因此,本研究对产业技术整合度的测量,采用比值高于1%的IPC类别个数(含1%)与比值低于1%的IPC类别个数的比值测算^[65]。

4 实证结果和分析

4.1 专利引用网络拓扑分析

基于2005年至2017年德温特专利数据库(DII)的专利数据,将各产业专利持有量排名前50的企业专利权人之间的专利引用情况形成网络拓扑图,并进行具体分析。图2给出3D打印产业2005年至2007年、2008年至2010年、2011年至2013年、2014年至2016年4个时间跨度内的专利引用网络拓扑图,节点的大小反映专利权人的中间中心度水平,连线反映主要专利权人之间的专利引用情况。在3D打印领域,早期的专利技术集中在3D Systems公司(THDE-C),其在专利引用网络中具有极高的中心度水平,是产业内主要的技术创新和扩散源。随着产业技术和市场的发展,逐渐形成了以3D Systems公司和Stratasys公司(STTS-C)为双中心的稀疏的专利引用网络结构。最近几年,随着中国对3D打印领域的引导和发展,中国专利权人在该领域内申请的专利量激增,专利引用网络呈现出稠密的多元核心专利权人结构,专利

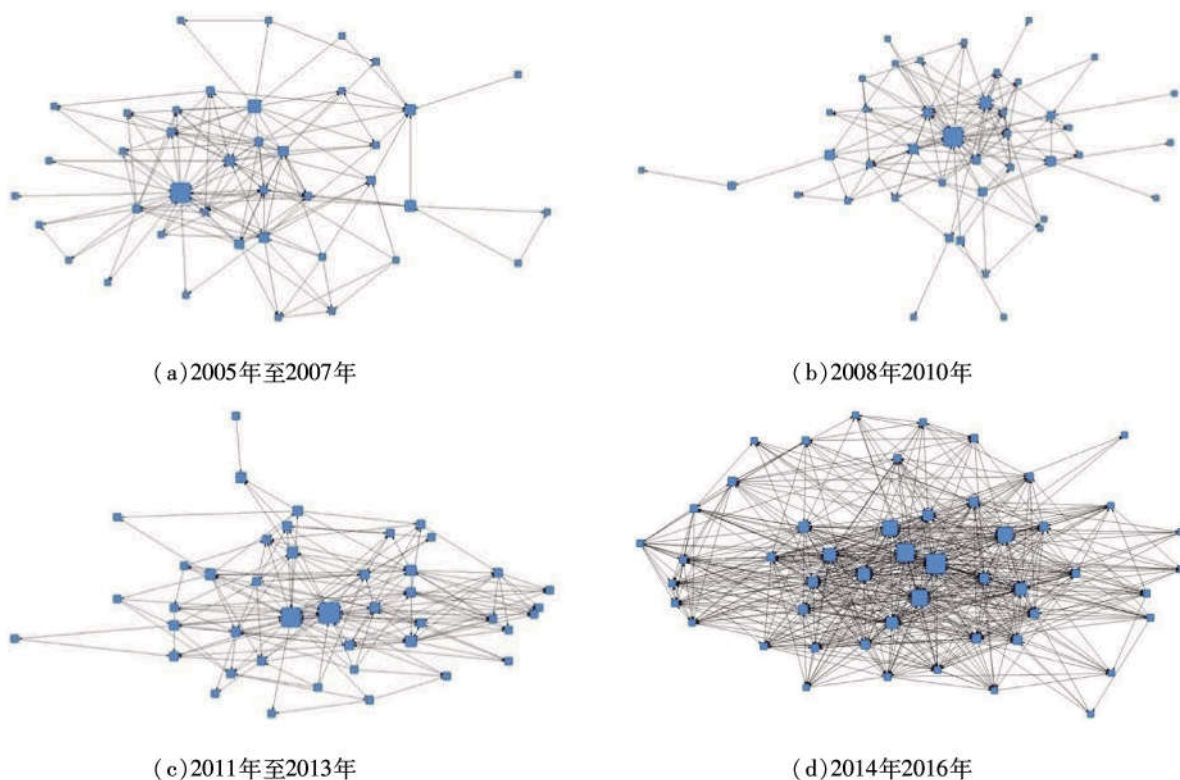


图2 3D打印领域专利引用网络拓扑图

Figure 2 Topology of Patent Citation Network in the Field of 3D Printing

引用活跃。

由2005年至2017年AR和VR产业的专利引用网络的变化情况可知,在AR和VR领域,早期的专利技术主要集中在索尼(SONY-C)、微软(MICT-C)、IBM(IBM-C)和三星(SMSU-C)等大型企业手中,他们作为产业内主要的技术创新源和标准制定方,占据专利引用网络的中心位置。随着中国企业的不断进入,来自中国的专利权人中心度水平不断提升,逐渐发展出新的专利技术群,形成两个界限分明的专利群。

由2005年至2017年混合动力汽车产业的专利引用网络的变化情况可知,在混合动力汽车领域,专利引用网络呈现相对稳定的中心专利权主体和相对稠密的网络结构,尼桑(NSMO-C)、松下(MATU-C)和丰田(TOYT-C)等日系知名车企,以及日本电装(NPDE-C)和德国博世(BOSC-C)等汽车零部件供应企业长期占据专利引用网络的中心位置,产业内已经形成较为稳定的技术引用和合作关系。

由2005年至2017年无人机产业的专利引用网络的变化情况可知,在无人机领域,专利引用网络呈现核心专利权多元、网络稠密的特征。松下(MATU-C)和三菱(MITQ-C)等企业始终占据专利引用网络的中心位置,近年来随着大疆(DJI)等中国新兴技术企业的迅猛发展,来自中国的专利权人在专利引用网络的中心性不断提升。

在产业技术特征的判定上,主要通过关键技术突变度和产业技术整合度两个维度进行划分^[63]。

3D打印、AR和VR、混合动力汽车和无人机4个新兴产业技术领域在2005年至2007年、2008年至2010年、2011年至2013年、2014年至2016年4个年度区间内的关键技术突变度和产业技术整合度的测算结果见表1和表2,根据表1和表2的数据进行描点、绘图,图3给出新兴产业技术发展趋势。

结合专利引用拓扑图可以发现,新兴产业中的专利引用与产业技术特征的变化存在较为一致的对应关系。在专利引用网络较为稀疏的年度区间和产业中,关键技术较少而突变程度较高。随着时间的推移、技术的不断发展,专利引用网络逐渐由稀疏转为稠密,产业内出现大范围的技术整合现象,关键技

表1 新兴产业关键技术突变度测算结果

Table 1 Measurement Results for Emerging Industry's Key Technology Radicalness Degree

	2005年至 2007年	2008年至 2010年	2011年至 2013年	2014年至 2016年
3D 打印	1.850	1.755	1.204	0.373
AR & VR	1.321	0.697	0.659	0.367
混合动 力汽车	1.940	1.635	2.421	1.408
无人机	1.138	1.189	0.942	0.475

表2 新兴产业技术整合度测算结果
Table 2 Measurement Results for Emerging Industry's Technical Integration Degree

	2005年至 2007年	2008年至 2010年	2011年至 2013年	2014年至 2016年
3D 打印	24.133	40.500	66.333	306.318
AR & VR	12.821	31.643	49.979	77.089
混合动 力汽车	12.045	23.196	42.780	53.711
无人机	47.021	68.104	90.415	98.051

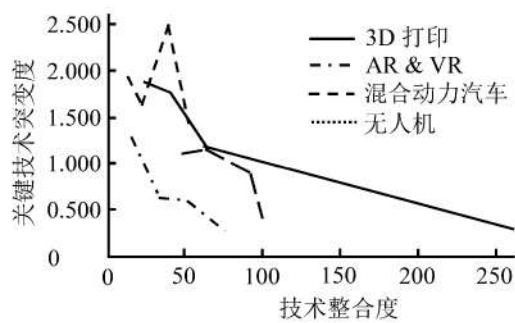


图3 新兴产业技术发展趋势
Figure 3 Development Trend of Emerging Industrial Technology

术的突变程度随之降低。当关键技术趋于稳定后,产业技术的整合度继续攀升,专利引用网络达到空

前的稠密水平。3D打印、AR和VR、混合动力汽车和无人机这4个新兴产业的技术发展都印证了这一对应关系,由此可见,新兴产业存在关键技术突变程度趋于降低、产业技术整合程度逐渐升高的发展特点。

4.2 相关性分析

变量的描述性统计和相关性分析结果见表3,开放广度与突破性创新绩效显著正相关,与 H_1 一致;开放深度与突破性创新绩效显著正相关,与 H_2 一致。

4.3 层次回归分析

本研究的层次回归分析结果见表4,所有模型中变量的方差膨胀因子(VIF)均小于10,说明模型不存在多重共线性问题。根据层次回归方法,模型1检验控制变量对突破性创新绩效的影响,模型2在模型1的基础上检验开放广度和开放深度对突破性创新绩效的影响,模型3在模型2的基础上检验网络中心性和网络连通性对突破性创新绩效的影响,模型4~模型7分别检验网络中心性和网络连通性的调节作用。

由模型1的结果可知,企业性质和产业技术突破强度对突破性创新绩效均呈现显著影响,而技术集中度未表现出对突破性创新绩效的显著影响。由模型2的结果可知,引入开放广度和开放深度以后,回归模型的调整后 R^2 提升至0.307。开放广度对突破性创新绩效有显著正向影响, $\beta = 0.386, p < 0.001$, H_1 得到验证;开放深度对突破性创新绩效有显著正向影响, $\beta = 0.182, p < 0.001$, H_2 得到验证。

由模型3的结果可知,引入网络中心性和网络连通性,回归模型调整的 R^2 为0.548。网络中心性对突破性创新绩效有显著正向影响, $\beta = 0.480, p < 0.001$;网络连通性对突破性创新绩效有显著正向影响, $\beta = 0.287, p < 0.001$ 。

表3 描述性统计和相关性检验结果

Table 3 Descriptive Statistics and Correlation Test Results

	企业 性质	技术 集中度	产业技术 突破强度	开放 广度	开放 深度	网络 中心性	网络 连通性	突破性 创新绩效
企业性质	1							
技术集中度	-0.079*	1						
产业技术突破强度	0.140***	0.525***	1					
开放广度	-0.148***	0.292***	-0.076*	1				
开放深度	-0.246***	0.316***	0.015	0.577***	1			
网络中心性	-0.203***	0.003	-0.014	0.504***	0.355***	1		
网络连通性	-0.328***	0.342***	-0.111**	0.554***	0.378***	0.397***	1	
突破性创新绩效	-0.303***	-0.012	0.007	0.415***	0.368***	0.671***	0.459***	1
均值	0.331	0.276	0.040	11.756	2.668	38.635	23.448	1.022
标准差	0.458	0.146	0.042	8.911	2.807	68.786	12.168	1.289

注:***为 $p < 0.001$,**为 $p < 0.010$,*为 $p < 0.050$,双侧检验,下同。

表4 层次回归分析结果
Table 4 Hierarchical Regression Analysis Results

	突破性创新绩效						
	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5	模型6	模型7
开放广度		0.386*** (10.231)	0.014 (0.401)	0.135** (3.483)	0.089* (2.455)	-0.009 (-0.117)	0.204*** (5.318)
开放深度		0.182*** (4.806)	0.134*** (4.369)	0.131*** (4.063)	0.193*** (4.011)	0.146*** (3.915)	-0.059 (-0.601)
网络中心性			0.480*** (15.932)	0.652*** (10.601)	0.597*** (14.257)		
网络连通性			0.287*** (8.743)			0.301*** (6.084)	0.341*** (7.773)
开放广度 × 网络中心性				-0.143* (-2.080)			
开放深度 × 网络中心性					-0.105 (-1.948)		
开放广度 × 网络连通性						0.328** (3.172)	
开放深度 × 网络连通性							0.291** (2.697)
企业性质	-0.324*** (-9.271)	-0.261*** (-8.361)	-0.127*** (-4.839)	-0.175*** (-6.506)	-0.173*** (-6.440)	-0.174*** (-5.805)	-0.171*** (-5.695)
技术集中度	-0.090 (-2.210)	-0.331*** (-8.514)	-0.278*** (-7.938)	-0.170*** (-4.991)	-0.168*** (-4.925)	-0.448*** (-11.755)	-0.447*** (-11.688)
产业技术突破强度	0.099* (2.423)	0.244*** (6.563)	0.208*** (6.557)	0.136** (4.252)	0.136*** (4.254)	0.327*** (9.261)	0.321*** (9.052)
R ²	0.100	0.312	0.552	0.511	0.511	0.413	0.411
调整的 R ²	0.096	0.307	0.548	0.506	0.506	0.408	0.406
F 值	28.761	70.358	136.601	115.656	115.502	78.004	77.335

注:括号内数据为t值。

由模型4的结果可知,引入开放广度与网络中心性的交互项后,回归模型的调整的R²为0.506,网络中心性对开放广度与突破性创新绩效之间的关系有显著的负向调节作用,β = -0.143, p < 0.050, H_{3a}未得到验证。由模型5的结果可知,引入开放深度与网络中心性的交互项后,回归模型的调整的R²为0.506,网络中心性对开放深度与突破性创新绩效之间的关系不存在显著的调节作用,β = -0.105, p > 0.050, H_{3b}未得到验证。

由模型6的结果可知,引入开放广度与网络连通性的交互项后,回归模型的调整的R²为0.408,网络连通性对开放广度与突破性创新绩效之间的关系有显著的正向调节作用,β = 0.328, p < 0.010。H_{4a}得到验证。由模型7的结果可知,引入开放深度与网络连通性的交互项后,回归模型的调整的R²为0.406,网络连通性对开放深度与突破性创新绩效之间的关系有显著的

正向调节作用,β = 0.291, p < 0.010, H_{4b}得到验证。

网络位置的调节作用见图4~图6。综合层次回归分析结果,由图4可知,低网络中心性的斜率大于高网络中心性的斜率,表明网络中心性对开放广度与突破性创新绩效之间关系有负向调节效应;由图5可知,高网络连通性的斜率大于低网络连通性的斜率,开放广度对突破性创新绩效的负向影响被削弱,表明网络连通性对开放广度与突破性创新绩效之间关系有正向调节效应;由图6可知,高网络连通性的斜率大于低网络连通性的斜率,开放深度对突破性创新绩效的负向影响被削弱,表明网络连通性对开放深度与突破性创新绩效之间关系有正向调节效应。

5 讨论

5.1 内向型开放式创新对突破性创新绩效的影响

由表4模型2的结果可知,开放广度和开放深度

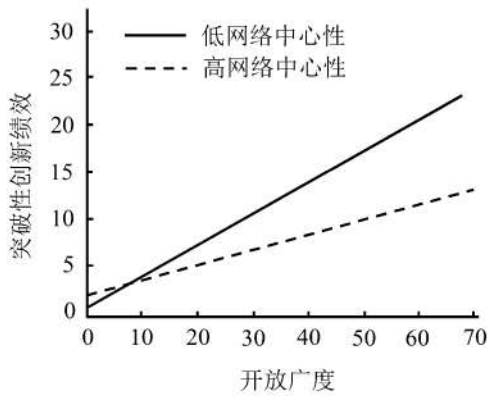


图4 网络中心性在开放广度与突破性创新绩效之间的调节作用

Figure 4 Moderating Effect of Network Centrality between the Breadth of Openness and Radical Innovation Performance

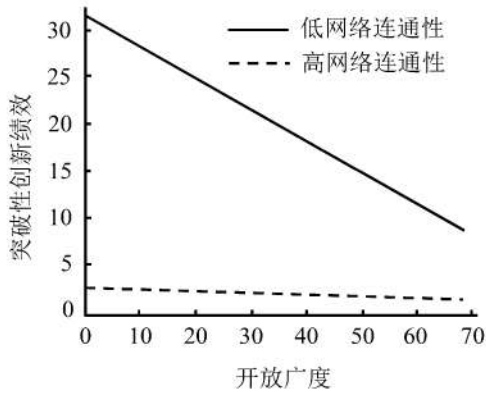


图5 网络连通性在开放广度与突破性创新绩效之间的调节作用

Figure 5 Moderating Effect of Network Reach between the Breadth of Openness and Radical Innovation Performance

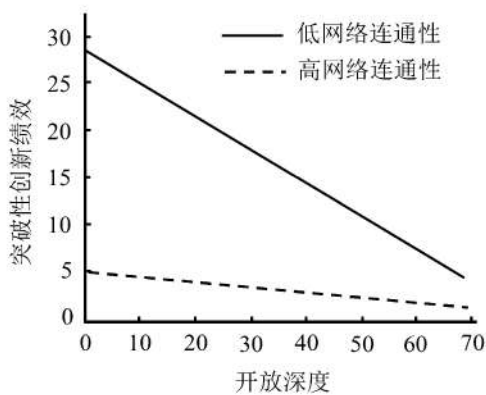


图6 网络连通性在开放深度与突破性创新绩效之间的调节作用

Figure 6 Moderating Effect of Network Reach between the Depth of Openness and Radical Innovation Performance

均正向影响企业突破性创新绩效。这一结果进一步拓展了CHEN et al.^[66]关于知识搜索广度和创新开放深度对企业创新绩效影响的研究,同时也与张振刚等^[67]基于华南地区317家企业的问卷调查结果得出的内向型开放式创新对于根本性创新绩效有显著影响的结论一致。从开放广度看,具有较高水平开放广度的企业能够在更广泛的范围内获取异质性的技术知识和信息资源,并通过多元化的外部渠道有效降低研发费用、分散研发风险,提升了企业的突破性创新绩效。同时,广泛来源的信息和技术知识等创新资源能够保障企业对产业技术发展趋势的精准把握,实现定向的突破性创新。从开放深度看,具有较高水平开放深度的企业已经与相对稳定的合作伙伴建立起较为紧密的技术交流和合作关系,其外部技术知识资源获取的质量、便利性和稳定性更高,合作成本更低,从而提升了企业的突破性创新绩效。此外,深入的外部技术交流和合作能够促使企业更好地理解外部技术并将其应用于企业的突破性创新实践,活跃企业的突破性创新活动并增加产出。

5.2 网络位置的调节效应

(1) 网络中心性的调节效应

由表4模型4的结果可知,网络中心性负向调节开放广度对突破性创新绩效的影响,这一结果与钱锡红等^[68]提出的高中心度的网络位置通过提供学习、知识转移和信息交换的机会而显著提升企业创新绩效的研究结论存在明显差别。通过对网络中心性相关研究的回顾,本研究提出以下两点可能的原因。①较高网络中心性的企业获取异质性技术知识的难度较大。高中心性带来的外部技术知识获取、创新资源协调整合的优势只能带来较为局限的同质性技术知识资源^[69],随着中心企业开放广度的扩大,仅提升了同质性技术知识的获取水平,并未提升对高质量异质性技术知识的获取水平。同质性的技术知识能为中心企业提供产生渐进性创新的可能^[70],而不能增加打破现有知识边界、进入新领域的突破性创新成果的产出。②较高网络中心性的企业网络嵌入性较高。从网络嵌入性视角看,越接近创新网络中心的企业对于现有产业链和产业技术结构的嵌入性水平越高,为了维持现有的产业地位并获得稳定的技术投入回报,中心企业倾向于通过渐进性创新实现这一目标,因此其渐进性创新成果产出更频繁^[71],而这会削弱中心企业对突破性创新的投入和努力。处于创新网络边缘的企业,对于现有产业链和产业技术结构的嵌入性水平相对较低,其具有打破现有产业格局、获取超额创新回报的强烈意愿^[72],这会增强企业广泛获取外部技术知识和信息的交流合作,激发突破性创新。

由表4模型5的结果可知,网络中心性对开放深度与突破性创新绩效关系没有调节作用。通过对内向型开放式创新中开放深度对突破性创新绩效的影响机理的分析可知,开放深度对企业突破性创新绩效的正向作用主要通过稳定高质的外部交流合作和

可靠的技术转移等优势实现^[73],而网络中心性并未表现出对这一关系的显著调节作用。推测可能的原因是,新兴产业目前正处于快速发展阶段,技术动荡且不稳定,在这种外部环境下,中心位置企业可获取到的技术知识的渠道和范围虽然更加广泛,但也出现信息同质化、冗余和分散的情况,对于创新资源的协调整合能力也由于技术环境的动荡而产生波动,网络中心性可能无法为企业获取更稳定高质的外部交流合作和更可靠的技术转移。

(2)网络连通性的调节效应

由表4模型6和模型7的结果可知,网络连通性正向调节开放广度和开放深度对突破性创新绩效的作用。这一结果证实了赵炎等^[32]关于高连通性、高到达率水平可以提升企业创新产出的研究结论。一方面,具有较高程度网络连通性的创新主体能够快速判别来自不同外部创新主体的技术知识和信息的价值和有效性,对外部技术知识和信息等创新资源的搜索效率更高,信息扭曲的风险更小,能够更好地把握产业发展趋势,扩大开放广度的信息获取、预测技术发展脉络和降低试错风险等优势,从而提升开放广度对突破性创新绩效的正向作用。另一方面,具有较高程度网络连通性的创新主体与其他外部创新主体之间的技术距离较短,其与外部创新主体之间的技术传递和整合效率随之提升,合作成本随之降低,协同内外部创新资源实现突破性创新的几率更大,扩大了开放深度的高质量的合作交流和高效可靠技术转移的优势,从而增强了开放深度对突破性创新绩效的正向作用。

5.3 企业和产业技术特征对突破性创新绩效的影响

由表4模型1的结果可知,企业性质和产业技术突破强度显著影响突破性创新绩效,产业技术集中度未显现出对突破性创新绩效的显著影响。

从企业性质看,定期申报专利的标准企业对技术研发和利用有完备的流程管理,也具有较为丰富的商业化经验,其突破性创新产出的机会和可能更高;而对技术商业化经验和意愿较低的非标准企业,其突破性创新绩效则处于较低水平。

从产业技术特征看,一方面,产业技术突破强度显著影响企业突破性创新绩效。产业技术突破强度较高时,产业关键技术突变程度较高而整合程度较低,多发生于产业主导技术的形成期和变革期,对产业技术主导地位的追求和巨大未来市场收益的预期,激发了企业在突破性创新上的投入和绩效产出。而产业技术突破强度较低时,产业关键技术突变程度较低而整合程度较高,意味着产业进入稳定发展期,供应链上技术结构的稳定性和超额收益预期的降低,使企业更倾向于进行渐进性创新的研发,降低了对突破性创新的投入。另一方面,技术集中度并不会影响企业的突破性创新绩效。突破性创新作为产业关键技术上的突破,能够在引发整个产业链变革的同时带来巨大的未来市场收益,产业当前的技术发展格局并不会阻碍企业对于突破性创新的投入

和努力。

5.4 企业内向型开放式创新战略指导

基于实证研究结果,根据企业在创新网络中的网络中心性和网络连通性特征,本研究提出不同网络位置企业内向型开放式创新实施战略指导图,见图7。

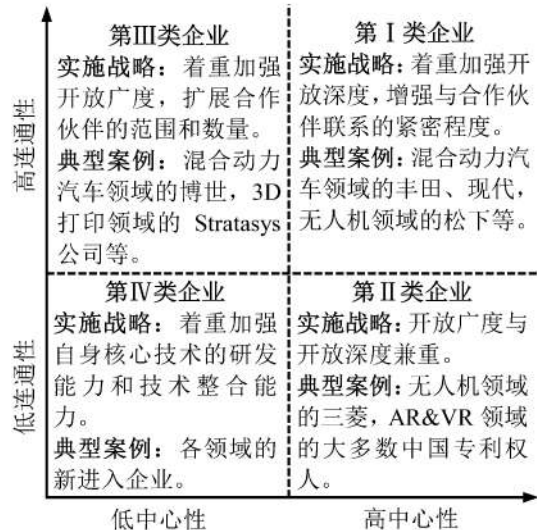


图7 不同网络位置企业内向型开放式创新实施战略指导图
Figure 7 Guidance Chart of Inbound Open Innovation Implementation Strategy for Firms in Different Network Positions

根据在创新网络中的位置特征,企业应选取不同的内向型开放式创新战略实现突破性创新绩效的提升。第Ⅰ类企业的网络位置特征为:在网络中处于中心位置且与合作伙伴关系紧密,多为行业内领军企业。这类企业在创新网络中的嵌入度较高,拥有广泛的合作伙伴和搜索渠道,应主要通过增强与现有合作伙伴合作强度的内向型开放式创新战略提升企业突破性创新绩效。第Ⅱ类企业的网络位置特征为:在网络中处于中心位置但与合作伙伴关系稀疏,多为垄断行业内的巨头企业或个人专利权人。这类企业居于创新网络的相对中心位置,但也存在着外部联系有限的劣势,其采取的开放式创新战略应一方面侧重拓展新的合作渠道,另一方面继续增强与现有合作伙伴的合作强度。第Ⅲ类企业的网络位置特征为:在网络中处于边缘位置但与合作伙伴关系紧密,多为行业内颇具潜力的企业或过去的优势企业。这类企业位于创新网络的相对边缘位置,通过扩大合作范围和渠道的开放式创新战略能够显著提升其突破性创新绩效。第Ⅳ类企业的网络位置特征为:在网络中处于边缘位置且合作网络较为稀疏,多为行业内初创企业。作为产业的新进入者,其技术知识的合作交流水平较低,企业的声望和技术水准欠缺,此时应着力于提升自身的研发和技术能力,专注于核心技术的开发和整合。

6 结论

6.1 研究结果

本研究探讨内向型开放式创新对突破性创新绩效的影响,选择4个典型的新兴产业为研究样本,对其在2005年至2017年主要专利权人的专利引用数据进行实证研究。研究结果表明,内向型开放式创新的开放广度和开放深度均正向影响突破性创新绩效;网络位置的网络中心性在开放广度对突破性创新绩效的影响中起负向调节作用,对开放深度与突破性创新绩效之间的关系没有显著调节作用;网络位置的网络连通性在内向型开放式创新的开放广度和开放深度对突破性创新绩效的影响中起正向调节作用。

6.2 理论贡献

本研究对于理解内向型开放式创新与突破性创新绩效之间的关系、揭示网络位置在这一关系中的调节效应具有重要的理论贡献。①发现了内向型开放式创新能够从开放广度和开放深度两个维度正向提升企业突破性创新绩效。已有研究主要关注内向型开放式创新对企业创新产出和绩效的影响,高照军^[74]的研究结果表明高新技术企业的内向型开放式创新模式能有效提高创新绩效,孙轻宇^[75]从创新绩效、市场绩效和财务绩效3个角度论证了内向型开放式创新与绩效之间的关系。然而针对突破性创新的产出和绩效的研究尚未达成一致结论,本研究发现在新兴产业中内向型开放式创新是企业提升突破性创新绩效的重要手段。②从网络嵌入性视角证实了企业在创新网络中的位置特征在内向型开放式创新与突破性创新绩效关系中的调节效应。胡保亮^[76]认为网络中心性为企业带来更优质的信息资源,在合作竞争中更具优势。本研究从网络嵌入性的角度证明,网络中心性水平代表企业对现有产业链和产业技术结构的嵌入性程度,较高的嵌入性会锁定企业通过渐进性创新维持现有的产业地位并获取稳定的技术投入回报,降低其突破性创新绩效,而较低的嵌入性促使企业打破现有产业格局,获取超额创新回报,提升企业突破性创新的产出,进一步深化了已有研究对于网络中心性特征的理解。另外,已证实网络连通性水平意味着企业在创新网络中的技术知识和信息等创新资源的搜索效率,SCHILLING^[77]认为较高的创新搜索效率能够提升获取外部价值性创新资源的可能,降低获取成本。本研究进一步证实了网络连通性对内向型开放式创新与企业突破性创新绩效之间具有正向调节作用,拓展了已有研究对网络连通性特征的理解。③本研究证实产业技术特征影响企业实施开放式创新的效果。新兴产业的技术发展一般呈现技术整合程度逐渐提升而关键技术突变程度逐渐降低的趋势,企业在实施内向型开放式创新战略和行为时,应正确认知当前产业技术发展的技术整合程度和关键技术突变程度。当关键技术突变程度较高而技术整合程度较低时,企业应着重投入资源在突破性创新的活动中,最大程度提升内向

型开放式创新的实施效果,推动突破性创新绩效的提升。本研究为企业实施高效准确的内向型开放式创新战略提供了理论指导。

6.3 实践启示

企业在实施内向型开放式创新战略时,首先,应准确识别产业技术的发展特征和发展阶段,定位重点创新类型;其次,应正确认知企业在产业创新网络中的地位,通过合理的技术布局,占据创新网络中的优势位置,提升内向型开放式创新的实施效果。总而言之,如何根据自身的创新网络位置特征,实施有效的内向型开放式创新战略和行为,实现突破性创新绩效的提升,是企业在实施内向型开放式创新战略时关注的重点。

6.4 研究不足和未来展望

本研究仅选取3D打印、AR和VR、混合动力汽车和无人机4个新兴产业为代表,对各产业专利持有量前50名的企业类型专利权人数据进行研究,对发展更为成熟和完善的产业以及涵盖更多创新主体的研究仍待未来进一步开展。另外,本研究对于企业突破性创新绩效的测量是基于专利权人之间的引用情况,未来可以通过不同的测量方式,如问卷调查等,对突破性创新绩效进行测量。

参考文献:

- [1] CHESBROUGH H W. *Open innovation: the new imperative for creating and profiting from technology*. Cambridge: Harvard Business School Press, 2003:43.
- [2] MARTINEZ M G, LAZZAROTTI V, MANZINI R, et al. Open innovation strategies in the food and drink industry: determinants and impact on innovation performance. *International Journal of Technology Management*, 2014, 66 (2/3):212-242.
- [3] RASS M, DUMBACH M, DANZINGER F, et al. Open innovation and firm performance: the mediating role of social capital. *Creativity and Innovation Management*, 2013, 22 (2): 177-194.
- [4] EUROSTAT. *Science and technology in Europe*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2011:31-33.
- [5] BIANCHI M, CROCE A, DELL'ERA C, et al. Organizing for inbound open innovation: how external consultants and a dedicated R&D unit influence product innovation performance. *Journal of Product Innovation Management*, 2016, 33 (4): 492-510.
- [6] 张振刚,陈志明,李云健. 开放式创新、吸收能力与创新绩效关系研究. *科研管理*, 2015, 36 (3): 49-56. ZHANG Zhengang, CHEN Zhiming, LI Yunjian. A study on the relationship between open innovation, absorptive capacity and firm's innovation performance. *Science Research Management*, 2015, 36 (3): 49-56.
- [7] CHANG Y-C, CHANG H-T, CHI H-R, et al. How do established firms improve radical innovation performance? The organizational capabilities view. *Technovation*, 2012, 32 (7/8):441-451.

- [8] 陈志明. 企业外向型开放式创新对突破性创新绩效的影响:组织协作机制的调节效应. *科技管理研究*, 2016,36(13):16-22.
CHEN Zhiming. The influence of firm's outbound open innovation on radical innovation performance: effects of organizational coordination mechanisms moderators. *Science and Technology Management Research*, 2016,36(13):16-22.
- [9] LAURSEN K, SALTER A. Open for innovation: the role of openness in explaining innovation performance among U. K. manufacturing firms. *Strategic Management Journal*, 2006, 27(2):131-150.
- [10] CHOU C, YANG K-P, CHIU Y-J. Coupled open innovation and innovation performance outcomes: roles of absorptive capacity. *交大管理学报*, 2016,36(1):37-68.
CHOU C, YANG K-P, CHIU Y-J. Coupled open innovation and innovation performance outcomes: roles of absorptive capacity. *Chiao Da Management Review*, 2016,36(1):37-68.
- [11] RITALA P, SAINIO L M. Coopetition for radical innovation: technology, market and business-model perspectives. *Technology Analysis & Strategic Management*, 2014,26(2):155-169.
- [12] 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.
- [13] WESTERGREN U H, HOLMSTRÖM J. Exploring preconditions for open innovation: value networks in industrial firms. *Information and Organization*, 2012,22(4):209-226.
- [14] 朱丽,柳卸林,刘超,等. 高管社会资本、企业网络位置 and 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.
- [15] KATZY B, TURGUT E, HOLZMANN T, et al. Innovation intermediaries: a process view on open innovation coordination. *Technology Analysis & Strategic Management*, 2013, 25(3):295-309.
- [16] WEST J, SALTER A, VANHAVERBEKE W, et al. Open innovation: the next decade. *Research Policy*, 2014, 43(5):805-811.
- [17] CHESBROUGH H, CROWTHER A K. Beyond high tech: early adopters of open innovation in other industries. *R&D Management*, 2006,36(3):229-236.
- [18] KIM B, KIM E, FOSS N J. Balancing absorptive capacity and inbound open innovation for sustained innovative performance: an attention-based view. *European Management Journal*, 2016,34(1):80-90.
- [19] CHENG C C J, YANG C L, SHEU C. Effects of open innovation and knowledge-based dynamic capabilities on radical innovation: an empirical study. *Journal of Engineering and Technology Management*, 2016,41:79-91.
- [20] SPITHOVEN A, CLARYSSE B, KNOCKAERT M. Building absorptive capacity to organise inbound open innovation in traditional industries. *Technovation*, 2011,31(1):10-21.
- [21] 王睿智,冯永春,许晖. 声誉资源和关系资源对突破性创新影响关系. *管理科学*, 2017,30(5):87-101.
WANG Ruizhi, FENG Yongchun, XU Hui. The influence of reputation resources and relational resources on radical innovation. *Journal of Management Science*, 2017,30(5):87-101.
- [22] DAHLIN K B, BEHRENS D M. When is an invention really radical? Defining and measuring technological radicalness. *Research Policy*, 2005,34(5):717-737.
- [23] 杨菲,安立仁,史贝贝,等. 知识积累与二元创新能力动态反馈关系研究. *管理学报*, 2017,14(11):1639-1649.
YANG Fei, AN Liren, SHI Beibei, et al. Research on dynamic relationship between knowledge accumulation and dual innovation. *Chinese Journal of Management*, 2017, 14(11):1639-1649.
- [24] NORMAN D A, VERGANTI R. Incremental and radical innovation: design research vs. technology and meaning change. *Design Issues*, 2014,30(1):78-96.
- [25] RITALA P, SAINIO L-M. Coopetition for radical innovation: technology, market and business-model perspectives. *Technology Analysis & Strategic Management*, 2014,26(2):155-169.
- [26] 尉建文,赵延东. 权力还是声望? 社会资本测量的争论与验证. *社会学研究*, 2011,26(3):64-83.
WEI Jianwen, ZHAO Yandong. Power or prestige? The debates and verifications in measurement of social capital. *Sociological Studies*, 2011,26(3):64-83.
- [27] 李娜,李随成,王玮. 供应商供应网络位置与企业绩效:网络认知能力的作用. *管理科学*, 2015,28(2):49-59.
LI Na, LI Suicheng, WANG Wei. Supplier supply network position and manufacturer performance: the effects of network awareness capability. *Journal of Management Science*, 2015,28(2):49-59.
- [28] CUI T R, YE H, TEO H H, et al. Information technology and open innovation: a strategic alignment perspective. *Information & Management*, 2015,52(3):348-358.
- [29] ZAHEER A, BELL G G. Benefiting from network position: firm capabilities, structural holes, and performance. *Strategic Management Journal*, 2005,26(9):809-825.
- [30] AHUJA G. Collaboration networks, structural holes, and innovation: a longitudinal study. *Administrative Science Quarterly*, 2000,45(3):425-455.
- [31] GALASKIEWICZ J, ZAHEER A. Networks of competitive advantage. *Research in the Sociology of Organizations*, 1999, 16(1):237-261.
- [32] 赵炎,郑向杰. 网络聚集性、连通性与企业知识创新:基于中国10个高科技产业的联盟关系网络分析. *科学学与科学技术管理*, 2013,34(3):23-32.
ZHAO Yan, ZHENG Xiangjie. Network-based clustering, connectivity and firm knowledge innovation: an empirical research on alliance relation network in 10 high-tech industries in China. *Science of Science and Management of S.&T.*, 2013,34(3):23-32.

- [33] ZAHEER A, GEORGE V P. Reach out or reach within? Performance implications of alliances and location in biotechnology. *Managerial and Decision Economics*, 2004, 25 (6/7):437-452.
- [34] LI W, VELIYATH R, TAN J. Network characteristics and firm performance: an examination of the relationships in the context of a cluster. *Journal of Small Business Management*, 2013, 51(1):1-22.
- [35] 徐建中, 徐莹莹. 企业协同能力、网络位置与技术创新绩效: 基于环渤海地区制造业企业的实证分析. *管理评论*, 2015, 27(1):114-125.
XU Jianzhong, XU Yingying. Enterprise's collaborative competence, network location and technology innovation performance: empirical analysis of manufacturing enterprises in the Bohai coastal region. *Management Review*, 2015, 27(1):114-125.
- [36] TSAI W. Knowledge transfer in intraorganizational networks: effects of network position and absorptive capacity on business unit innovation and performance. *Academy of Management Journal*, 2001, 44(5):996-1004.
- [37] 李敏, 刘晨韵, 程杨, 等. 网络位置与高新技术企业创新绩效: 以江西省为例. *华东经济管理*, 2017, 31(8):25-33.
LI Min, LIU Chenyun, CHENG Yang, et al. Network position and high-tech enterprises innovation performance: a case study of Jiangxi Province. *East China Economic Management*, 2017, 31(8):25-33.
- [38] ESLAMI H, EBADI A, SCHIFFAUEROVA A. Effect of collaboration network structure on knowledge creation and technological performance: the case of biotechnology in Canada. *Scientometrics*, 2013, 97(1):99-119.
- [39] 张利飞, 王杰. 企业技术多元化及网络位置对专利池形成的影响. *科学学研究*, 2017, 35(11):1700-1706, 1749.
ZHANG Lifei, WANG Jie. The effect of enterprises diversified technology and network positions on the formation of patent pool. *Studies in Science of Science*, 2017, 35(11):1700-1706, 1749.
- [40] MAZZOLA E, PERRONE G, KAMURIWO D S. Network embeddedness and new product development in the biopharmaceutical industry: the moderating role of open innovation flow. *International Journal of Production Economics*, 2015, 160:106-119.
- [41] NELSON R R, WINTER S G. The schumpeterian tradeoff revisited. *American Economic Review*, 1982, 72(1):114-132.
- [42] 同春, 蔡宁. 创新开放度对开放式创新绩效的作用机理. *科研管理*, 2014, 35(3):18-24.
YAN Chun, CAI Ning. Mechanism of impact of innovation openness on open innovation performance. *Science Research Management*, 2014, 35(3):18-24.
- [43] 李显君, 钟领, 王京伦, 等. 开放式创新与吸收能力对创新绩效影响: 基于我国汽车企业的实证. *科研管理*, 2018, 39(1):45-52.
LI Xianjun, ZHONG Ling, WANG Jinglun, et al. Impact of open innovation and absorptive capacity on innovation performance: an empirical analysis of China's auto firms. *Science Research Management*, 2018, 39(1):45-52.
- [44] FERRERAS-MÉNDEZ J L, NEWELL S, FERNÁNDEZ-MESA A, et al. Depth and breadth of external knowledge search and performance: the mediating role of absorptive capacity. *Industrial Marketing Management*, 2015, 47:86-97.
- [45] WANG C-H, CHANG C-H, SHEN G C. The effect of inbound open innovation on firm performance: evidence from high-tech industry. *Technological Forecasting & Social Change*, 2015, 99:222-230.
- [46] DAHLANDER L, O'MAHONY S, GANN D M. One foot in, one foot out: how does individuals' external search breadth affect innovation outcomes?. *Strategic Management Journal*, 2016, 37(2):280-302.
- [47] 孙华, 王楠楠, 丁荣贵, 等. 依托组织核心能力的开放式创新模式选择. *科研管理*, 2016, 37(11):35-42.
SUN Hua, WANG Nannan, DING Ronggui, et al. Open innovation model selection from the perspective of organization capability. *Science Research Management*, 2016, 37(11):35-42.
- [48] MARTINEZ M G. *Open innovation in the food and beverage industry*. Cambridgeshire: Woodhead Publishing, 2013:326-329.
- [49] 吕一博, 施萧萧, 冀若楠. 开放式创新对企业渐进性创新能力的影响研究. *科学学研究*, 2017, 35(2):289-301.
LYU Yibo, SHI Xiaoxiao, JI Ruonan. The impact of open innovation on incremental innovation capability. *Studies in Science of Science*, 2017, 35(2):289-301.
- [50] 陈伟, 杨早立, 张永超. 网络结构与企业核心能力关系实证研究: 基于知识共享与知识整合中介效应视角. *管理评论*, 2014, 26(6):74-82.
CHEN Wei, YANG Zaoli, ZHANG Yongchao. The empirical research on the relationship among network structure and core capability: the mediating role of knowledge sharing and knowledge integration. *Management Review*, 2014, 26(6):74-82.
- [51] 党兴华, 常红锦. 网络位置、地理临近性与企业创新绩效: 一个交互效应模型. *科研管理*, 2013, 34(3):7-13, 30.
DANG Xinghua, CHANG Hongjin. Network position, geographical proximity, and innovation performance: an interactive effect model. *Science Research Management*, 2013, 34(3):7-13, 30.
- [52] POWELL W W, KOPUT K W, SMITH-DOERR L. Interorganizational collaboration and the locus of innovation: networks of learning in biotechnology. *Administrative Science Quarterly*, 1996, 41(1):116-145.
- [53] 孙国强, 吉迎东, 张宝建, 等. 网络结构、网络权力与合作行为: 基于世界旅游小姐大赛支持网络的微观证据. *南开管理评论*, 2016, 19(1):43-53.
SUN Guoqiang, JI Yingdong, ZHANG Baojian, et al. Research on network structure, network power and cooperation behavior: based on the micro-evidences from support network of Miss Tourism World Contest. *Nankai Business Review*, 2016, 19(1):43-53.

- [54] WATTS D J. Networks, dynamics, and the small-world phenomenon. *American Journal of Sociology*, 1999, 105(2): 493-527.
- [55] AALBERS R, DOLFSMA W, KOPPIUS O. Individual connectedness in innovation networks; on the role of individual motivation. *Research Policy*, 2013, 42(3): 624-634.
- [56] SCHILLING M A, PHELPS C C. Interfirm collaboration networks; the impact of large-scale network structure on firm innovation. *Management Science*, 2007, 53(7): 1113-1126.
- [57] STEFAN I, BENGTSSON L. Unravelling appropriability mechanisms and openness depth effects on firm performance across stages in the innovation process. *Technological Forecasting and Social Change*, 2017, 120: 252-260.
- [58] NAMBISAN S. Industry technical committees, technological distance, and innovation performance. *Research Policy*, 2013, 42(4): 928-940.
- [59] HIGGINS M J, STEPHAN P E, THURSBY J G. Conveying quality and value in emerging industries; star scientists and the role of signals in biotechnology. *Research Policy*, 2011, 40(4): 605-617.
- [60] DUTTA S, WEISS A M. The relationship between a firm's level of technological innovativeness and its pattern of partnership agreements. *Management Science*, 1997, 43(3): 343-356.
- [61] FREEMAN L C. Centrality in social networks conceptual clarification. *Social Networks*, 1978/1979, 1(3): 215-239.
- [62] SONG Z T, SUN Y M, YI J R, et al. Methods of importance evaluation for information subsystems in manufacturing enterprises based on centrality. *Open Journal of Business and Management*, 2015, 3(2): 125-134.
- [63] PRYOR F L. New trends in U. S. industrial concentration. *Review of Industrial Organization*, 2001, 18(3): 301-326.
- [64] 卢文光, 常金平, 黄鲁成. 新兴技术产业化潜力成长性的动态评价研究. *科学学与科学技术管理*, 2009, 30(9): 5-9.
LU Wenguang, CHANG Jinping, HUANG Lucheng. Studies on emerging technology industrialization potential growth dynamic evaluation. *Science of Science and Management of S.&T.*, 2009, 30(9): 5-9.
- [65] AHUJA G, LAMPERT C M. Entrepreneurship in the large corporation; a longitudinal study of how established firms create breakthrough inventions. *Strategic Management Journal*, 2001, 22(6/7): 521-543.
- [66] CHEN J, CHEN Y F, VANHAVERBEKE W. The influence of scope, depth, and orientation of external technology sources on the innovative performance of Chinese firms. *Technovation*, 2011, 31(8): 362-373.
- [67] 张振刚, 王华岭, 陈志明, 等. 企业内向型开放式创新对根本性创新绩效的影响. *管理学报*, 2017, 14(10): 1465-1474.
ZHANG Zhengang, WANG Hualing, CHEN Zhiming, et al. The impact of enterprise's inbound open innovation on radical innovation performance. *Chinese Journal of Management*, 2017, 14(10): 1465-1474.
- [68] 钱锡红, 杨永福, 徐万里. 企业网络位置、吸收能力与创新绩效: 一个交互效应模型. *管理世界*, 2010(5): 118-129.
QIAN Xihong, YANG Yongfu, XU Wanli. The position of firms' network, the absorptive capacity, and the performance in innovation. *Management World*, 2010(5): 118-129.
- [69] KOKA B R, PRESCOTT J E. Designing alliance networks: the influence of network position, environmental change, and strategy on firm performance. *Strategic Management Journal*, 2008, 29(6): 639-661.
- [70] LAI H-C, WENG C S. Do technology alliances benefit technological diversification? The effects of technological knowledge distance, network centrality and complementary assets. *Asian Journal of Technology Innovation*, 2013, 21(1): 136-152.
- [71] BAUM J A C, COWAN R, JONARD N. Network-independent partner selection and the evolution of innovation networks. *Management Science*, 2010, 56(11): 2094-2110.
- [72] FERRIANI S, CATTANI G, BADEN-FULLER C. The relational antecedents of project-entrepreneurship: network centrality, team composition and project performance. *Research Policy*, 2009, 38(10): 1545-1558.
- [73] UDUMA I A, WALI A F. Depth of open innovation: the role of incremental versus radical types of innovation on product performance. *Asia-Pacific Journal of Management Research and Innovation*, 2016, 12(3/4): 185-193.
- [74] 高照军. 内向型开放式创新、国际化、投机性学习与创新绩效的关系. *科技进步与对策*, 2016, 33(19): 8-13.
GAO Zhaojun. A study on relationships between inbound open innovation, internationalization, opportunistic learning and innovation performance. *Science & Technology Progress and Policy*, 2016, 33(19): 8-13.
- [75] 孙轻宇. 内向型开放式创新研究进展: 战略构成、前置因素和绩效评价. *科技进步与对策*, 2014, 31(19): 126-131.
SUN Qingyu. A review on inbound open innovation: strategic dimension, antecedent and performance. *Science & Technology Progress and Policy*, 2014, 31(19): 126-131.
- [76] 胡保亮. 关系嵌入与创新绩效关系: 网络位置的调节作用. *科技管理研究*, 2012, 32(23): 104-107.
HU Baoliang. Relational embeddedness and innovation performance: the moderating role of network position. *Science and Technology Management Research*, 2012, 32(23): 104-107.
- [77] SCHILLING M A. Technology shocks, technological collaboration, and innovation outcomes. *Organization Science*, 2015, 26(3): 668-686.

Inbound Open Innovation and Radical Innovation Performance ——Moderating Effect of Network Position

LYU Yibo, ZHU Yuqing, BAO Lining

School of Economics and Management, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China

Abstract: Currently, most researchers have reached a consensus that the positive influence of open innovation on firms' innovation outcomes and results. However, there are still different understandings of the relationship between inbound open innovation and radical innovation performance. Some scholars insist that inbound open innovation provides firms with more diversified knowledge and innovation resources, thus facilitating the occurrence of radical innovation. Other researchers emphasize how the downsides of inbound open innovation, such as cost increases, difficulties in absorbing heterogeneous knowledge and technologies, and the disadvantages of R&D decentralization, inhibit firms' radical innovation. Therefore, it is necessary to further tease investigate the relationship between inbound open innovation and radical innovation performance.

Based on the network embeddedness, this study explored the impact of inbound open innovation on firms' radical innovation performance and the moderating role of network position. We conducted patent network analysis and hierarchical regression analysis with patent data of main enterprises in the field of four emerging industries, including 3D-printing, Augmented Reality& Virtual Reality, Hybrid Electric Vehicle and Unmanned Aerial Vehicle, during 2005-2017.

We found that: The results are shown as follows Breadth and depth of openness directly affects firms' radical innovation performance; Two dimensions of network position, network centrality and network reach, indirectly affect firms' radical innovation performance through moderating the relationship between openness and their radical innovation performance; Technical characteristics of industries directly affect firms' radical innovation performance. It is necessary for firms to take industrial technology development level and industrial innovation network characteristics into consideration when implementing inbound open innovation.

The results reveal the important influence of inbound open innovation on radical innovation performance and deepen the understanding of inbound open innovation; It also identifies the moderating effect of network position on the relationship between inbound open innovation and radical innovation performance, and expands the theoretical research on inbound open innovation from the perspective of network embeddedness. Meanwhile, it provides theoretical guidance for firms in emerging industries to implement efficient inbound open innovation strategy.

Keywords: inbound open innovation; radical innovation; innovation network; network position; patent analysis

Received Date: April 12th, 2018 **Accepted Date:** March 15th, 2019

Funded Project: Supported by the National Natural Science Foundation of China(71572026)

Biography: LYU Yibo, doctor in management, is an associate professor in the School of Economics and Management at Dalian University of Technology. His research interests include firm growth and innovation management. His representative paper titled "Structural embeddedness and innovation diffusion: the moderating role of industrial technology grouping" was published in the *Scientometrics* (Volume 111, 2017). E-mail: luyibo@dlut.edu.cn

ZHU Yuqing, is a master degree candidate in the School of Economics and Management at Dalian University of Technology. Her research interests include innovation management and firm network. E-mail: zhuyuqing0819@163.com

BAO Lining, is a master degree candidate in the School of Economics and Management at Dalian University of Technology. Her research interests include technology innovation and technological competitiveness. E-mail: 2841710127@qq.com □