



开发和探索二元性与我国光伏企业追赶的关系研究

柳卸林 刘雨田

(中国科学院大学 经济与管理学院, 北京 100190)

摘要:基于机会窗口与追赶理论以及组织学习理论,通过梳理我国光伏企业的技术战略,探究了在中国光伏企业微观层面上开发和探索活动对企业追赶的影响,并利用A股57家光伏上市企业的面板数据进行了验证。结果表明:光伏企业的开发性创新活动对企业追赶行为具有显著正向影响,技术追赶仍然是利用型而不是探索型的;开发活动和探索活动的二元性平衡对企业追赶具有负向影响;同时也发现,需求下降加强企业开发创新活动对企业追赶的影响。

关键词:开发活动;探索活动;企业追赶;需求冲击;中国光伏行业

中图分类号:F273.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-0241(2019)08-0033-24

0 引言

近年来中国光伏产业快速发展,根据国际能源署光伏电力系统项目(IEA PVPS)、欧洲光伏产业协会(Solarpower Europe)和中国产业信息网等公开数据,2009年到2017年主要光伏市场国家德国、美国、中国和日本各年的新增装机量如图1所示。2010年全球新增装机量的构成中占据主导地位的还是欧洲(占比为80%),中国、美国和日本等新兴市场仅占到18%;而在2013年的全球新增装机量构成中,中国新增光伏装机量达到全球第一(中国新增光伏装机量11.3GW,欧洲10.25GW)。国家或企业在追赶阶段中,衡量追赶主要关注其市场份额和行业领导地位的变化(Landini et al, 2017; Lee et al, 2001),从资料来看中国光伏产业装机量实现了追赶,并且直到2017年中国光伏装机量的排名保持这一名次。企业追赶是近几年学术界比较关注的研究问题,即行业内企业地位的变化可以描述为追赶的过程,追赶定义为后发企业和领先企业占据行业市场份额的差距缩小的过程

(Lee et al, 2017)。有研究提出中国光伏企业的成功基本是靠政策驱动实现在特定领域的追赶,而通过技术创新实现绩效上的提高较少(Grauet al, 2012),但制造设备引进和人才引进(如高管创始人的留学经验)具有重要作用。光伏产业这一新能源行业同样为新兴市场提供了发展机会,并且市场竞争激烈,企业成功进入每个细分的市场需要获得最先进的生产技术,市场竞争力主要源于能够以可负担的成本生产满足标准质量水平的产品(Tour et al, 2011)。

在我国光伏企业追赶的过程中,不同的机会窗口以及企业对这些机会的响应影响追赶的实现。企业能够利用机会窗口兴起新技术经济模式,超越现有模式(Perez et al, 1988)。在产业系统的基础上, Lee等(2017)学者总结产品生命周期的基础上提出了行业追赶周期框架,并提出这一框架同样适用于机会窗口和企业响应行为对企业追赶的影响,总结归为三种类型的机会窗口,即技术、需求和制度或公共政策。技术机会窗口通常是突破

收稿日期:2018-12-16

基金项目:中国区域创新能力评价报告2018(NTS201804)

第一作者简介:柳卸林(1957—),男,浙江衢州人,中国科学院大学经济与管理学院,教授,博士生导师,研究方向:创新管理。

通信作者:刘雨田, liuyutian16@mailsucas.ac.cn

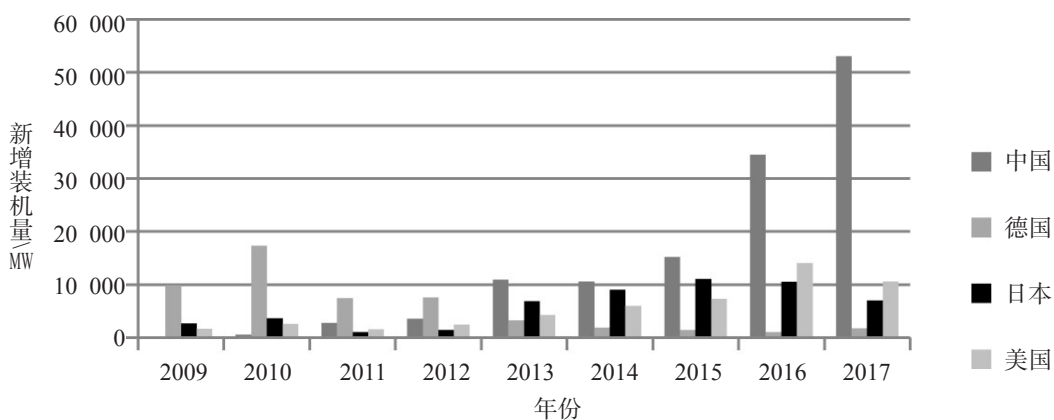


图1 2009—2017年光伏主要生产国每年新增装机量

性技术的产生,如电子产品方面日本在模拟时代处于领先地位,而韩国生产商在数字时代抓住技术窗口实现赶超(Lee et al, 2005)。需求机会窗口是指一种新的需求类型、当地需求的重大变化或一个商业周期(Mathews, 2005)。制度机会窗口可以通过行业的公共干预或通过制度条件的剧烈变化而打开(Landini et al, 2017; Lee et al, 2014; Mathews, 2002)。新能源光伏产业受材料成本、市场需求和产业政策的影响较大,政策部署(如政府出台一系列支持政策,政府投入太阳能技术研发,补贴光伏发电项目、光伏电站和分布式发电等)鼓励企业进入这一行业,对新兴产业起到了关键作用(Mowery et al, 2010; Taylor, 2008)。随着企业追赶的不断推进,企业成功进入每个细分的市场需要获得最先进的生产技术,市场竞争力主要源于能够以可负担的成本生产满足标准质量水平的产品,技术追赶已经成为企业行业地位竞争重要的方式(Tour et al, 2011)。

前人研究表明突破式技术创新等机会窗口对企业地位变化的重要性(Landini et al, 2017),但没有说明技术追赶的具体方式。企业技术追赶模式主要归为两种,即开发和探索(张钢等, 2017)。开发活动强调后发企业在原有的知识和技术基础上进行过程创新、工艺改进,注重效率提升,寻求在特定的技术或过程中保持竞争优势,最终降低

产品成本。探索活动注重探寻替代方案、新的技术和需求机会,通过风险管理追求其他生产链环节或规模和范围经济寻求优势,在新兴技术模式下实现跳跃发展(Danneels, 2008; March, 1991)。并且,企业关注资源分配和技术项目支持的决策过程,为提高资源利用率进行过程创新,可以同时进行开发和探索活动,追求二元性平衡(Kuo et al, 2018; Berchicci, 2013)。因此企业的技术战略对其行业竞争力具有重要影响,中国光伏产业发展经历从开始进入行业到实现追赶的过程,通常认为更多依赖探索性创新,但中国在实现追赶的过程中,以什么技术战略实现了追赶?是一直在产业链中通过关注某一个环节的不断开发,还是不断通过新的技术探索,向新的产业链环节迈进?目前在企业微观层面的追赶实证研究还较少。因此,本文的研究具有重要的理论意义和现实价值。

本研究结合追赶理论与组织学习理论,在企业微观层面通过实证分析探讨企业持续进行开发和探索活动的战略选择对企业追赶的影响。不仅追寻技术机会窗口影响企业追赶行为,市场需求也是一个机会窗口。由于2011—2013年的需求冲击,带来企业意识变化、产业结构调整以及政府的补贴政策调整,随着2013年光伏市场开始“回暖”以来,国内光伏行业的市场竞争逐渐激烈,光伏企

业每年的产值排名变化较大,表现出企业地位和能力的变化(Lall, 2001)。国际市场剧烈变化很大程度上影响到国内光伏产业的发展,光伏企业的出口业务对企业的生存和成功具有重要作用,2011年开始的欧洲债务危机和国际贸易保护主义造成名义产能过剩,行业竞争加剧,2012年德国等主要光伏市场国家纷纷下调补贴,美国和欧盟均对中国提出了“双反”立案调查,加剧对中国光伏企业的需求冲击,中国光伏产业的出口出现35%的大幅下滑(姬海臣, 2014),直到2013年之后中国光伏市场逐渐开始回暖。这一市场冲击对企业开发和探索活动、以及企业追赶造成影响(Lisboa et al, 2013)。因此本文引入了需求冲击变量,探讨在需求锐减情境下,企业开发活动和探索活动对于企业追赶的影响有何不同。

本研究的创新点在于,目前对于企业追赶的研究仍处于较新的阶段,通过相关文献的整合与梳理发现,现有研究对行业追赶的考察多以宏观或个体企业角度,缺乏对企业之间追赶的研究,多以案例为主。二元性研究关注企业探索和开发对经济绩效的作用,而对微观的企业追赶行为的实证研究还较少。本文选择公司作为分析单元,并提供系统的实证数据,分析了开发和探索如何影响企业间追赶地位。本文基于产业系统视角,将开发和探索二元性理论与企业追赶理论联系起来,表明开发和探索有利于企业获得技术机会窗口,对企业追赶产生影响。在新兴产业背景下分析二者的关系,拓宽了追赶研究的视角和方向。本文对于企业追赶的考察基于市场和技术两方面的机会窗口,在这些机会窗口基础上细分为开发性创新和探索性创新两个维度,并引入需求变化调节变量,探究在特定的情境下,开发和探索二元性对企业追赶的影响机制。在实践上为企业考虑竞争激烈的环境与利用有限资源提供了可供参考的管理启示。

基于上述考虑,本文从产业系统视角,提出研

究假设及理论框架,通过对中国上市光伏企业的648个样本数据进行实证分析,验证研究假设得出研究结果,并对结果进行深入分析和探讨。

1 理论基础与研究假设

1.1 企业追赶与组织学习

Perez 和 Soete(1988)首次提出机会窗口的概念,表示新技术经济模式的兴起,后发者能够在追赶过程中利用机会窗口超越现有模式。Lee 和 Malerba(2017)将机会窗口与产业系统的基础联系起来,扩展了机会窗口的概念。产业追赶周期框架利用了“机会窗口”和企业和一个国家部门体系的其他组成部分对一个行业打开机会窗口的“反应”的概念。在新兴国家的公司可能会做出不同行为,响应这些窗口。这些反应取决于他们的学习过程、能力水平、组织和策略。Landini 等(2017)学者提出的概念框架非常笼统,也可以应用于一个发达国家特定行业的后来居上公司。

特定产业系统的演变可能会打开几个机会窗口,后发企业可能抓住机会,对这些机会窗口及时响应,其响应程度取决于企业的学习过程、能力水平以及组织和策略(Lee 和 Ki, 2017)。同时,由于网络、教育水平和公共政策的情况不同,一个特定产业系统的其他组成部分的反应在赶超方面可能发挥重要作用。企业可能从对产业系统变化的响应中获益也不同,进而导致企业不同的行业地位。在位企业可能因为缺乏有效的应对措施而发展落后(Lee et al, 2014)。机会窗口的不同组合以及在位企业和后发企业的响应会影响一个行业中可能出现的连续追赶模式(Lee et al, 2017)。技术机会窗口的获得是由于行业领导者可能会对他们目前的资源根深蒂固,而不关注新技术、颠覆性创新、新型需求或新兴市场(Landini et al, 2017; Lee et al, 2017)。此外,当前的领导企业所嵌入的系统可能无法改变或适应新的机会窗口,这可能对在位企业产生阻碍等负面影响。需求机

会窗口基于新需求创建为后发企业提供了机会。领导者不应对这种新需求,因为他们在现有市场和客户中取得了成功。如果新的需求快速增长,这种效应可能会为后期进入者提供充足的机会(Lee et al, 2014)。如果商业周期或市场需求的突然变化,尽管商业周期长期以来一直是经济学研究的主题,但它们与企业(尤其是后来者)做出的战略选择之间的联系还没有得到充分的探索(Kang et al, 2017)。前人研究指出,商业周期在为具有大型投资(如半导体)特征的行业的后来者提供机会方面的作用(Jung et al, 2010)。通常在商业周期中,投资和生产的动力与市场需求的动力一方面是不匹配的。这些情况要求在任者和后来者在时间和能力上做出战略选择(Kang et al, 2017; Klineciewicz et al, 2011; Jung et al, 2010)。制度机会窗口基于政府可以通过建立影响国内企业学习过程和能力积累的研发项目或通过提供补贴、减税、出口支持、法规和公共标准进行干预(Lee et al, 2017)。追赶视角表明,政府创造了一个不对称的环境,至少在一个国家的国内市场。不对称可能会给迟到者带来好处,后者可以抵消与进入相关的初始成本劣势。Malerba 和 Nelson (2011)讨论了积极的政府政策在多个部门赶超国家(如韩国和中国)方面的重要性。

在同一个行业中,机会窗口可以同时打开,也可以按顺序开启,不同机会窗口可以产生交互影响。根据窗口和响应,可以跨行业创建不同的轨迹,因此,可以产生不同的追赶周期(Lee et al, 2017)。一些追赶的国家和企业(即成功的国家和企业)可能会进入工业领导层变革的阶段,而被赶超的国家和企业(即已成为领导层但后来未能做出适当反应国家和企业)则会进入衰退的阶段。而在技术追赶过程中,过程管理需要明确关注创新和组织活动的变化,因此可能促进创新(Berchicci, 2013),现有研究将创新分为两个维度:(1) 接近

当前的技术轨迹和现有客户或市场细分;(2) 与当前的技术轨迹和现有客户或市场细分距离较远。企业在不同的模式下进行开发和探索活动,研究主要包括在三种不同的模式下,即企业通过组织内部、联盟或者并购进行开发和探索活动,不同模式中的开发和探索对企业追赶行为具有不同作用(Stettner et al, 2014)。

1.2 我国光伏产业技术梳理

光伏技术的市场大致可划分为三类:晶硅技术、薄膜技术和新兴技术,晶硅技术将硅锭切割成晶片,加工成太阳能电池,最后组装成组件,相比之下,薄膜和新兴的有机敏化技术使用高度自动化的生产工艺生产的,在此过程中,薄层半导体材料沉积在载体材料上如玻璃(Wu et al, 2012)。虽然晶硅组件通常具有比薄膜、有机和染料敏化组件更高的光电转换效率,但是晶硅具有(高材料强度和)相应的成本。每项技术都具有明显的优势和劣势,处于不同的技术生命周期阶段,并具有进一步改进的巨大潜力,对企业来说,在特定技术轨道中获得规模经济或探索替代技术轨道可能都是有效的选择(Hoppmann et al, 2013)。

根据 Wu 和 Mathews (2012)对光伏行业内知识流动(包括晶硅、薄膜和新兴技术)的研究,提出代表性的光伏生产链中不同环节(如单晶/多晶材料、晶硅电池片/组件、薄膜组件、有机化合物组件、发电电站)对应的专利六位 IPC 代码(Wu et al, 2012),汇总国家知识产权局(SIPO)数据库中 1998 年 1 月 1 日到 2018 年 1 月 1 日美国、中国、德国和日本 4 个国家分别在晶硅技术和薄膜技术的专利申请量如图 2 所示,中国晶硅技术和薄膜技术的专利申请量逐年增加,晶硅技术专利申请数增长更快,2017 年逐步赶上美国。

1990 年到 2000 年初提出的电池设计,如量子威尔斯和量子点增强吸收的研究、杂质水平应用、载流子动力学能量和染料敏化电池,可以降低成

本或提高效率,但这些概念在实践中较为困难(Bagnall et al, 2008),但大约2010年之后,从中国光伏企业的公开信息来看,其染料敏化电池逐渐被实践应用于提高电池效率。在组件级别薄膜技术每瓦发电的成本比晶硅更低,但其效率也降低了。2008年单晶硅和多晶硅的电池片在全球光伏产品市场中占近90%。研发中单晶电池片的转换效率为16%~19%,多晶电池片14%~15%,而碲化镉薄膜电池仅为8%~11%、硒化镓7%~11%(Zheng et al, 2014)。晶硅电池具有高转换效率和丰富材料的优势,但是提纯硅需要较高成本。基于晶硅的光伏产品各环节的成本分布如下:铸锭和硅片占37%,电池片占22%,组件占41%(Hoppmann et al, 2013)。单晶电池比多晶效率更高,但提纯单晶硅料的成本也更高,中国企业更多致力于多晶硅技术。但2009年之前由于难以获得必要的高端、复杂技术,中国硅、硅片和铸锭的产量很低,多晶硅的供应不能满足需求,在政策驱动下经过几年的研发和投入,中国研发机构逐步掌握这一技术。硅容量从2008年到2009年间迅速增长,2009年多晶硅高于其他组分。但是这些生产线仍在校准和测试中,2009年硅产量相对较小,中国仍然依靠进口硅(Grau et al, 2012; Tour et al, 2011)。一些大型硅片制造商(如,英利)开始整合多晶硅

生产,保证物料供应。与进口生产多晶硅的设备相比,晶片设备的进口更可行。

2009年之后,中国的设备制造商逐步具备了自主生产晶片能力。由于晶片制造不如多晶硅制造困难,电池和多晶硅制造商开始整合晶片生产,集成了电池片与组件的制造商与其他没有集成组件的制造商相比能够以更低的价格出口。层叠技术在2010年左右被认为是效率最高的电池技术,在卫星供电上已经商业化(Grau et al, 2012)。市场需求经历2011年下降冲击开始到2013年好转,之后企业在研发方面不断突破单晶硅、多晶硅、薄膜电池和组件的效率,在下游阶段快速实现追赶,乃至在生产链上游的晶片方面也逐步推出高效新规格产品。2015年之后主要基于PERC和黑硅技术,单晶电池崛起,效率更高。

1.3 开发和探索活动对追赶行为的影响

企业在不同的模式下进行开发和探索活动,研究主要分为三种不同的模式下,即企业通过组织内部、联盟或者并购进行开发和探索活动,不同模式中的开发和探索对企业追赶行为具有不同作用(Stettner et al, 2014)。一方面,开发促进的成本降低可能引导公司固定从事于已有的路线和领域(Lisboa et al, 2013),企业越依赖其核心能力,则在运营中形成路径依赖的可能性就越大(Dan-

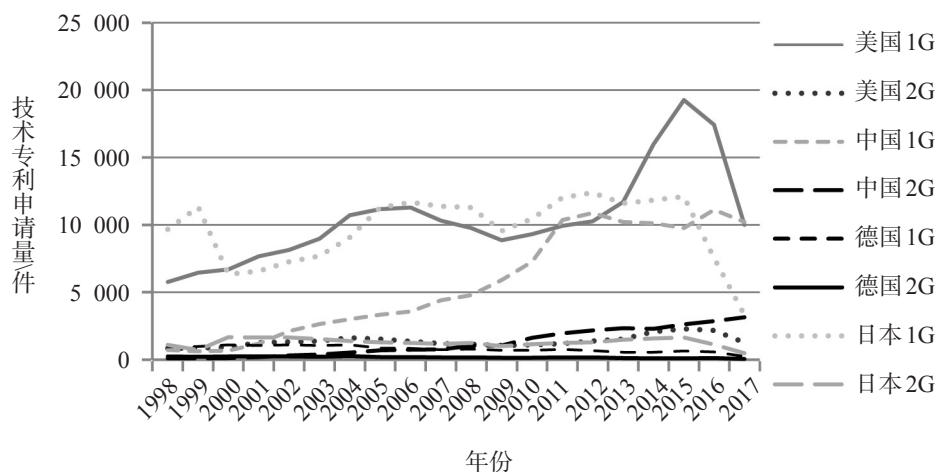


图2 1998—2017年光伏晶硅(1G)和薄膜(2G)技术专利申请量

neels et al, 2008),这反过来又促进了局部搜索,从而限制了新解决方案的可及性(Lavie et al, 2011),因此企业可能会倾向于僵化,错失现有产品之外的机会,延迟适应客户需求的变化(Atuahene-Gima, 2005),可能产生锁定效应:一旦公司在一种类型的市场或客户中积累了足够的经验,它就可能很容易被困在这一市场中,并且对其他机会视而不见(Lee et al, 2017; Lee et al, 2003),错失追赶的机会。然而,企业进行如横向收购或营销联盟的开发活动,由于对行业熟悉,利用已经建立的行业知识,能够积极主动集成资源,改进和应用核心能力,从而可以获得改进的更高的效率和更可靠的产品(Puranam et al, 2009; Yalcinkaya et al, 2007),随着企业越来越专业化,后发企业经常对改进产品性能的技术进行积极投资,以夺取现任领导企业的地位,这可以被称为“动态追赶”(Shin, 2017)。因此,开发现有知识对于提高效率并确保公司的市场地位至关重要。具体到光伏产业,企业在技术和市场的进一步的开发包括提高产品效率、追求更高的附加值、收购以及市场开发,产品良品率提升幅度较大,生产效率的稳步提升,有效摊薄了产品成本,企业产能规模国内排名上升。实施工艺改进,开发差异化的产品,具有较强的自主研发能力,能够在竞争中处于优势地位。充分利用既有市场的优势条件,通过规模经济和技术进步扩展市场份额。因此,本文提出如下假设:

假设1:开发活动对企业追赶具有正向影响。

虽然企业的知识存量随着时间逐渐积累,知识基础可以发生改变,探索活动能够提供更直接的手段来获取新的知识和技能,使企业避免过时并保持竞争力(March, 1991)。企业为寻找新的市场分配资源和努力,期望利用未开发的机会可能对企业造成不利影响(He et al, 2004),在企业不熟悉的领域进行试验,需要很高的短期成本,对于先

前没有经验优势的企业来说可能会产生很大程度的低效率或无效率(Rothaermel et al, 2009)。公司可能花费了太多的时间去寻找和实验,没有时间利用已经学到的东西,这可能导致市场供应不发达、不精细或不符合客户需求(Atuahene-Gima, 2005),企业可能在多个不同的项目和信息的协调方面存在困难(Ahuja et al, 2001)。然而另一方面,企业通过外部引入模式(如联盟和并购),企业建立研发联盟进行探索,可以获得不同的业务,试验新技术,通过并购追寻原来没有建立的新知识,开拓新市场,创造新的市场投资组合,能够确保企业的长期生存(Lee et al, 2005; Lee et al, 2003; Garcia et al, 2003)。探索活动带给企业新市场的信息和打开新的商业机会(Vorhies et al, 2011),企业能够抓住新兴的需求机会窗口(Lee和Malerba, 2017),从而确定扩张机会。具体到光伏产业,企业在技术和市场上进行的探索主要包括制定的战略计划,新技术探索方面的合资企业与研发合作以及国际扩张,企业通过新技术的合资与研发合作能够扩大占据的市场份额。因此,本文提出以下假设:

假设2:探索活动对企业追赶具有正向影响。

很多文献探讨了市场、技术的开发和探索二元性对企业持续的能力提高与绩效增加的重要作用(Ramaswami et al, 2009; Cao et al, 2009; He et al, 2004)。Stettne和Lavie(2014)提出企业在不同模式下,如在组织内部追求开发活动,通过其他模式如联盟和并购进行探索活动,通过组织和契约界限将新知识探索与现有知识的开发分开,维持模式内一致的组织惯例,不同模式中人员、资产和设施等资源的分配几乎没有冲突,避免内部集成的需要,从而减轻了管理负担,保留了平衡和专业化的好处,这种对开发和探索的平衡可带来收益。企业在探索新的外需市场并获得新的知识元素时,它就增加了现有知识的异质性并获得了新的

解决方案(Wu et al, 2009),知识的组合可能会扩展企业产品的协同促进效应(Raisch et al, 2008),企业进行开发活动可能同时更了解了市场状况和客户对其产品的反应从而其探索活动将更加集中和具有目的性(Kyriakopoulos et al, 2004)。因此,本文提出如下假设:

假设 3a: 同时进行开发和探索活动对企业追赶具有正向影响。

但在同一种模式中(同一组织、联盟、并购内)平衡开发和探索依赖于两种类型的例程给资源配置、组织协调带来挑战,可能损害产品发展(Stettner et al, 2014)。在平衡开发和探索时,企业可能存在管理疏忽,缺乏相关专业知识领域,信息不对称,可能造成企业已有的专业知识和探索发现新知识实践相冲突,造成知识或实践的误用,导致学习负迁移(Wang et al, 2008)。企业放弃了一些在单一战略下开发专门资源和培养核心竞争力的能力(Rothaermel et al, 2009)。尤其企业并购关联性较弱的企业时,专业化能力有限,削弱了它的发展能力。企业需要持久的行为才能更有效地利用开发或探索活动(Wang et al, 2008)。此外,在特定模式下平衡探索和开发的企业可能无法获得规模经济或范围经济,而关注一种活动可能更有助于企业进行追赶。因此,本文提出如下假设:

假设 3b: 同时进行开发和探索活动对企业追赶具有负向影响。

1.4 需求变化的调节作用

对于政策导向的行业,市场需求的锐减导致很多企业面临破产,再次向企业重申了调整和探索新机遇和市场的重要性。Lee 和 Malerba(2017)总结了三种机会窗口,提出当发生需求的重大变化即需求突然大量增加或大量减少时,企业对这一机会窗口的响应不同,产生的影响也可能不同。需求冲击体现了环境动态变化,即市场需求不可预测性、产品需求或材料供应发生波动。Lisboa 等

(2013)指出国际市场环境动荡、需求和偏好发生变化,在迅速变化的市场环境中,客户需求转移迅速,企业很难预测这种变化。当前产品、服务可能已经过时,而企业依赖开发现有产品、服务和市场就可能造成落后(Jansen et al, 2006)。因此,需求冲击负向调节企业开发活动对企业追赶的影响。因此,本文提出如下假设:

假设 4a: 需求下降冲击减小开发活动对企业追赶的作用。

但当需求下降冲击造成市场环境激烈竞争时,企业通过改变或扩大现有的产品、服务和市场的开发活动对现有趋势和需求状况迅速做出反应,可能会提高企业在竞争环境中的绩效(Lisboa et al, 2013)。此时,企业追求开发性创新,以更好地满足现有客户,并建立客户忠诚度(Jansen et al, 2006),而没有花费进行探索创新相关的大量成本,而提高产品质量和性能的改进可以获得额外的市场份额,有利于企业追赶(Kim et al, 2008; Jansen et al, 2006)。因此,需求冲击正向调节企业开发活动对其追赶的影响。

自2012年我国光伏产业经历“双反”导致需求大幅下降后,我国政府出台了一系列的政策以助力困境中光伏企业,目标是培育国内市场发展,而不是简单的二头在外(市场和技术在外),企业越来越认识到技术、产品创新对竞争力的关键作用。因此,本文提出如下假设:

假设 4b: 需求下降冲击加强开发活动对企业追赶的作用。

反之,在动态的市场条件下,当客户需求未知或快速变化时,市场信号过于复杂和难以预测,企业如果有能力整合和利用市场知识,能够高质量、低成本和灵活有效的满足客户的要求和期望(Feng et al, 2010),积极适应不断变化的市场条件。企业离开现有的知识库,通过试验创造新的市场知识,并寻求未开发的市场机会,能够更有效

的识别不断变化的客户需求、进入新市场,这种快速反应使得企业将可能增加新的商业机会,从而实现追赶(Cadogan et al, 2009)。因此,市场探索活动在市场需求环境更动态时对企业追赶起到更大的作用。一些企业捕捉商业机会从而以创造价值为目的所设计的交易内容、交易结构和交易治理,进行商业模式创新,即将哪些合作者联系在一起进行商业机会的探索(吴晓波等, 2019)。基于此,本文提出如下假设:

假设 5a:需求冲击加强市场探索活动对企业追赶的作用。

但当这一冲击反映了环境竞争性(即环境竞争激烈的强度,竞争者的数量和存在竞争的地区数来测度),环境的竞争性与提高效率和降低价格的巨大压力相关(Jansen et al, 2006),当竞争变得更加激烈时主动寻求新颖性的探索创新需承担的风险极大,并且通常会减少探索创新可获得的资源(Lisboa et al, 2013),追求这种高风险和高成本的创新将极大损害企业的生存能力。因此,需求冲击负向调节企业探索活动对企业追赶的影响。基于此,本文提出如下假设:

假设 5b:需求冲击减小探索活动对企业追赶的作用。

综合以上假设,得到本文的模型如图3所示。

2 研究设计

2.1 样本筛选与数据来源

本文主要关注企业进行技术开发、探索创新是

否促进了个体企业的追赶,搜集相关的企业数据,受限于数据的获取,样本中没有包括美国、日本和德国等国外企业的数据,以中国的A股上市企业为研究对象,企业光伏相关的数据来源于企业的年报,根据证券交易委员会规定,年报包括的公司经营状况、资产负债和收入的报告信息更为详尽,不仅披露了上市公司的业绩,同时也会着重提及如下内容:(1)公司在建项目、未来规划;(2)公司的具体业务属性是什么;(3)过去一年的行业状况;(4)公司业绩的变动原因;(5)公司所在的行业风险。企业年报的上述内容提供了其专业领域的信息和数据,通过对年报的文本分析搜集到企业每年进行的开发活动、探索活动、投资光伏电站的相关信息,以及企业光伏相关的收入。在Wind数据库和天眼查数据库中查找A股上市的与“太阳能光伏发电”相关的企业共113家,均由不同的股票代码表示,查找这些企业公布的年报,剔除年报中不包含“太阳能光伏”字样的企业共26家。由于模型的被解释变量是企业追赶,本研究在现有数据的情况下,通过企业的光伏相关收入占比度量追赶行为,因此需要企业的“主营业务分行业、分产品、分地区情况”指标中光伏产业的相关收入,所以需要排除公司主营业务构成没有公布光伏相关收入的企业,例如福日电子年报中虽然提及了“承包建设了若干分布式光伏发电示范项目”,但没有公布相关收益多少,这些企业共25家。部分企业年报的信息难以分离出光伏相关收入(共5家),

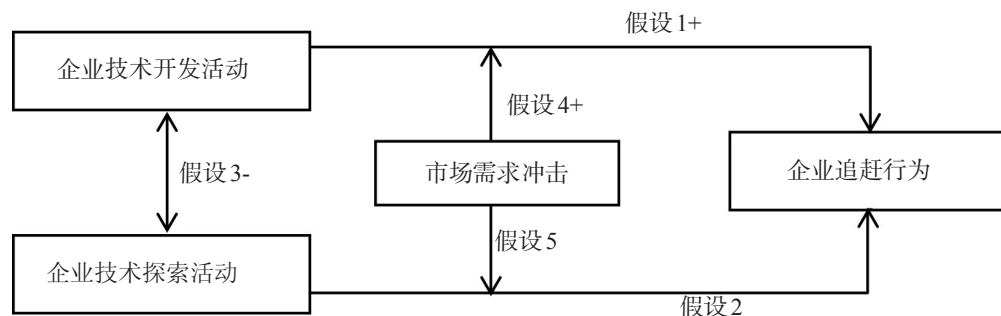


图3 研究模型

如“新能源投资运营业务”、“新能源发电”中包含风电场项目、风能发电,“电力产品”、“能源”中包含电线电缆、新能源汽车、充电桩等其他产品收入,“电力自动化系统”中包含风电场项目,“发电厂自动化系统”、“配网自动化系统”中包含火电等部分,例如比亚迪、中超控股等企业,难以准确剥离出光伏行业的相关收入。因此筛选样本企业57家(见表1),其中航天机电从2001年开始进入光伏行业,并且公布光伏相关数据,金晶科技、南玻A、有研新材从2002年开始公布光伏相关数据,其余53家企业从2007—2017年间具有数据,得到共648条记录。

表1 样本描述

光伏发电技术	企业个数	占比/%
晶硅	50	87.7
薄膜	5	8.8
新兴技术(高聚、有机化合物)	2	3.5

2.2 变量定义与度量

(1) 被解释变量——企业追赶。企业间追赶通常关注市场份额差距,微观层面的企业追赶行为、绩效提升受到众多因素的影响,通常的测度是经济性质的销售、利润等(Vorhies et al, 2011),由于我国光伏行业内大多数企业的主营业务较为综合,光伏产业是其中的一部分,通过查阅上市光伏企业的年报,发现企业各年在光伏产业中获得的经营收入变化较大。领先企业(在位者)未能保持其在技术、生产和市场营销方面的优势,使得后发企业可以追赶上在位者,并且研究样本为上市企业,企业经营产品类型多样,例如,兆新股份2017年的主营收入构成中环保功能涂料和辅料占到39.27%,而光伏发电占31.42%,企业光伏收入增加反映出企业在产业内地位的变化,因此本文企业追赶行为关注企业与光伏产业相关的营业收入占总收入之比。

并且通过企业产值排名反映,近几年中国光伏上市企业的市值排名变化情况来源于OFweek太

阳能光伏网、北极星太阳能光伏网,有些企业产出下降,逐渐排在前十名之外,而有些企业产出上升,排名逐渐靠前,反映了国内光伏行业的企业追赶行为,如表2所示。

表2 中国光伏上市企业的市值排名变化

排名	2012	2016	2017
1	保利协鑫	汉能薄膜发电	隆基股份
2	天合光能	华能国际	阳光电源
3	英利绿色能源	中广核电力	易事特
4	晶澳太阳能	国电电力	科华恒盛
5	尚德电力	三一重工	中环股份
6	赛维LDK	金风科技	东方日升
7	昱辉阳光	川投能源	横店东磁
8	阿特斯太阳能	正泰电器	京运通
9	韩华新能源	特变电工	科士达
10	晶科能源	中天科技	科陆电子

鉴于市场对技术型公司的高溢价,收购方最希望在第一年产生业绩,以表明交易成功,特别是在外部关联性低和内部关联性高的收购的情况下(Stettner et al, 2014),任何影响都尽可能早实现而避免晚实现,因此本文被解释变量为当期企业营业收入中光伏产业收入的占比。

被解释变量企业追赶编码例如表3所示。

表3 中国光伏上市企业追赶

企业名称	三安光电	ST东数
年份	PV_Catch	PV_Catch
2007	0	0
2008	0	0
2009	0	0
2010	0	0
2011	1.69	2.3
2012	15.16	0
2013	4	8.39
2014	1.43	11.23
2015	0	0.62
2016	0	0.18
2017	0	0.27

(2) 解释变量——企业开发活动。基于Uotila等收集了以已发表的新闻文章和新闻专线形式发布的文本数据进行内容分析,在文件中出现的

以公司名称为标题的探索性和开发性词语的数量按公司年度计算(Uotila et al, 2009)。一个公司的探索性活动相对数量的变量通过将探索性词语的数量除以每个公司年度的探索性词语和开发性词语之和来计算。参考Uotila等(2009)的研究,在大规模统计分析中,个别项目分类中潜在不准确的影响很小,因此对有效性最重要的影响来自用于识别开发和开发的词汇的准确性,采用人工分类企业行为的方法,对探索和开发方向进行了识别。基于前人研究,Stettne和Lavie(2014)研究中对开发和探索活动进行0~1编码,如在联盟模式中探索上游价值链,开发已经具备的知识的市场和商品,在并购模式中企业生产距离近的产品。Lee和Lim(2001)将技术的频繁变化作为技术机会窗口。因此,本文企业开发活动和探索活动根据公开年报数据进行编码。

本文基于March对探索和开发概念定义的区别(March, 1991; Lavie et al, 2011; Stettner et al, 2014),分析的样本包括57家企业和648篇年报。根据Lavie等(2011)的研究,企业的知识获取更多来源于加入市场销售、生产、供应等价值链低端,则开发活动编码为1,基于企业并购的商业模式,企业获得与原有相似的产品、范式,则编码开发为1,否则为0。企业在原有产品的基础上进行产品改进(在光伏生产链中,如电池片和组件的效率增加)、生产新规格产品(在光伏生产链中,如硅片、硅锭产生新的规格,这种新规格产品通常是对原有产品的改良,如海润光伏2012年实现G5铸锭炉升级到G6铸锭全面量产,2013年实现G6铸锭升级到G7铸锭),则开发编码为1。

(3) 解释变量——企业探索活动。基于前人的研究,如果企业的联盟包括研发、生产价值链上游的知识获取,则探索活动编码为1。企业扩展除投资光伏之外的其他的生产链环节,则探索编码为1。Stettner和Lavie(2014)以一组连续变量而不

是两个单独的措施来操作探索和开发,由于企业可以引进多种产品并进行多次收购和联盟,因此在每种模式下,其活动在探索和开发之间不断变化,探索结合新知识,开发利用现有知识进行。具体地说,在组织内部企业利用其现有的知识来改进现有产品的版本代表开发,或者利用其新设计和最新开发的知识来探索全新的产品,利用了公司过去没有使用过的知识和能力就意味着探索(Cao et al, 2009; Uotila et al, 2009)。公司引入最初由被收购公司开发的新版本产品,是通过内部组织进行的开发。因此,对于公司的每个产品,如果公司以前没有使用类似知识发布该产品的先前版本,则探索指标值为1;如果存在该产品的先前版本,则探索指标值为0。此外,企业可以通过营销联盟参与下游价值链活动,或者通过研发联盟来探索上游活动。下游联盟依靠公司的现有知识和合作伙伴的分销渠道扩大公司现有产品的市场覆盖范围,因此被归类为开发,上游联盟一般与公司的知识库的距离较远,研发新产品,整合合作伙伴的知识,这类活动代表探索(Stettner et al, 2014)。基于Lavie等(2011)研究,联盟如联合研发,表示其涉及产生知识的上游活动,探索编码1;利用知识的下游活动,如联合营销、转售、生产或供应,探索编码0。收购模式下企业可以收购经营与其自身业务无关或相关的业务目标(Ahuja et al, 2001),被收购企业与公司当前业务的相似性越接近,知识的重叠就越大,则说明存在开发性活动,而收购一个与公司当前业务不太相关的业务,扩大了公司知识库和产品供应的范围,则意味着探索(Stettner et al, 2014)。本文根据被收购公司的业务描述和产品功能类型,对于企业的收购,如果收购公司先前提提供了类似的产品功能,则探索编码为0;如果没有提供该功能,则探索编码为1。

通常采用专利来度量技术开发和探索,本文采用年报公开信息主要原因是中国光伏企业可能更

加致力于过程创新,通常不在特定的研发部门进行,而是直接进行生产线创新,并由保密保护而不是专利权。专利不保护发明——关键发明通常是保密的,但要向政府发出信号,特别是国家公共补贴的分配显著受专利数量的影响。本研究团队经过对一些企业实地调研发现,企业在光伏产业申请的专利可能是防御性的,同时一些工艺改进较难申请专利,当一些工艺上的改进较容易被模仿时,企业也不去申请专利。本研究中,企业开发活动包括利用已建立的知识来改进原有的产品(组织内部模式),与联盟伙伴将产品商业化和市场化(联盟模式),并购密切关联的企业(收购模式),而探索活动包括引入与之前产品包含的技术或创新不同的产品(组织内部模式),联盟知识距离较远的合作伙伴(联盟模式),以及收购联系不密切的企业(收购模式)。

详细解释变量定义描述如表4所示。

(3) 调节变量——需求下降冲击。前人研究通过量表测度市场环境变化的剧烈程度(Danneels et al, 2011),如“当地市场的环境变化剧烈,产品和服务的数量变化迅速且频繁,市场的竞争

非常激烈,价格竞争是当地市场的一个标志”(Danneels et al, 2011; Cadogan, 2012)。正如上述对光伏产业的分析,2011年主要受欧盟影响,国外需求开始下降,2012年美国和欧盟均对中国“双反”加剧了需求下降,2013年随着终裁和政策支持光伏市场开始逐渐回暖,2011—2013年是国外政策造成较大影响的主要阶段,本研究关注中国光伏企业对这一下降冲击做出的反应,由此对时间段进行分组,通过哑变量测度需求冲击,这一阶段将时间在2011—2013年需求冲击变量编码为1,其余时间段内需求冲击编码为0。

(4) 控制变量。控制变量包括某些可能影响企业追赶的一些因素。本研究控制了企业是否投资光伏电站、研发投入、政府补贴,以及企业的基本信息,包括企业规模、企业属性和企业年龄。光伏电站是光伏产业链中的下游环节,技术含量相对较低,企业投资光伏电站能够得到政府的补贴或税收优惠,这可以增加企业光伏收入的占比。光伏产业的产出或盈利(崛起)主要依赖设备、人员(员工的制造经验),因此本文引入研发投入作为控制变量,通过企业投入的研发支出金额对数

表4 企业开发和探索编码

年份	横店东磁	Exploit	横店东磁	Explore
2007	—	0	—	0
2008	—	0	—	0
2009	—	0	截止目前 100MW 晶体硅太阳能电池片生产线项目的第一条生产线已顺利建成并投产	1
2010	电池片单片平均转换效率提高0.6%,电池片单线产量提升了20%,硅片拉晶成品率提升了17%,切片机单台产量提升了15%	1	—	0
2011	“太阳能单晶电池 DMTD125-165”、“太阳能单晶电池 DMTD125-200”、“太阳能多晶电池 DMTP156*156”	1	—	0
2012	—	0	—	0
2013	在技术上,单晶达到19.4%,多晶超过18%	1	—	0
2014	太阳能光伏常规工艺单晶电池产线转换效率已达19.8%	1	—	0
2015	PERC、黑硅、PERT、HIT、IBC、钙钛矿电池	-1	—	0
2016	从技术进步来看,技术上不断进步,如PERC、黑硅等技术实现规模化生产,单多晶效率已分别达到20.5%~20.8%和18.6%~19.2%,实验室效率已达到25%以上的水平	1	—	0
2017	单晶、多晶电池片转换率已提升至21.3%和19%,P-PERC最高转换效率不断突破,公司高效单晶电池片量产化转换率已突破21.7%	1	—	0

化来衡量。光伏产业是政策导向型的产业,政府的研发补贴影响企业经济绩效和创新绩效,前人研究说明政策部署(如政府出台一系列支持政策,政府投入太阳能技术研发,补贴光伏发电项目、光伏电站和分布式发电等)起到了关键作用,通过企业每年摊销政府补贴的自然对数来衡量。各变量的含义与测算如表5所示。

2.3 研究方法选择

本文采用全面FGLS模型进行回归,分析过程如下:

首先进行个体固定效应模型的估计,

$$PV_Catch_{it} = \beta_0 + \beta_1 \times Exploit + \beta_2 \times Explore + \beta_3 \times Demand + \beta_4 \times Exploit \times Explore + \beta_5 \times Demand \times Exploit + \beta_6 \times Demand \times Explore + Control'_{it} \delta + u_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

式中: PV_Catch_{it} 表示第 i 家光伏上市企业第 t 年的企业追赶变量, $Exploit$ 代表企业 i 在第 t 年的开发活动解释变量, $Explore$ 代表企业 i 在第 t 年的探索活动解释变量, $Demand$ 为需求冲击作为调节变量, $Control'_{it}$ 为企业 i 在第 t 年的控制变量,包括企业是否投资光伏电站、研发投入、政府补贴、企业规模、企业属性以及企业年龄, u_i 为代表个体异质性的随机变量, ε_{it} 为随个体与时间而改变的扰动项。

采用固定效应模型原因是虽然本研究加入一系列控制变量和解释变量,但实际情况中仍无法保证企业的个体异质性与所有解释变量均不相关,即通常存在控制不到的部分。进行对组间异方差的沃尔德检验(陈强, 2012),统计量为

$$W = \sum_{i=1}^n \frac{(\sigma_i^2 - \sigma^2)^2}{\text{Var}(\sigma_i^2)}, \text{ 结果为 } chi2(57) = 2431.60, \text{ 拒绝}$$

同方差的原假设,认为存在组间异方差。并且组内自相关检验(陈强, 2012; Wooldridge, 2002)的结果为 $F(1,56) = 164.993$,认为存在一阶组内自相关,组间同期相关的检验(陈强, 2012)结果非主对角线元素绝对值的平均值为 0.383,不能拒绝“不存在组间同期相关”的原假设。

综合考虑数据集特点和以上检验结果,将数据集的时间截取 2007—2017 年范围,成为平衡面板数据,从而可以采用全面FGLS(可行广义最小二乘)模型进行分析,并且参考前人对开发和探索战略、环境适应对组织绩效的影响研究(Yalcinkaya et al, 2007),这一方法在存在异方差和自相关时提供了有效的估计。

3 实证结果与分析

3.1 描述性统计分析

在进行具体模型构建之前,为了解不同光伏企业在研究所选择的被解释变量、解释变量以及控制变量上的数值特征,本文首先对样本进行了相

表5 研究变量含义及说明

变量类型	变量名称	度量编码
被解释变量	企业追赶	企业当期企业营业收入中光伏产业收入的占比
解释变量	开发活动	企业原有生产链环节是否效率提高、联盟或并购密切关联的企业
	探索活动	企业是否扩展技术或创新不同的产品、联盟或并购不关联的企业
调节变量	需求冲击	以 2011—2013 年和其余年份对时期分组
控制变量	电站投资	0-1 变量,企业是否投资光伏电站
	研发投入	企业自身研发投入的自然对数
	政府补贴	企业摊销政府补贴的自然对数
	企业规模	企业员工数的自然对数
	企业属性	企业是民营企业或者国有企业
	企业年龄	企业进入光伏行业时间的自然对数

应的描述统计分析,使用的统计分析工具为 stata15.0。具体计算了变量的样本均值、标准差、最大值和最小值以及变异系数。为减小潜在异常值的影响,研究变量均进行了1%至99%的 winsorize 处理,表6给出了研究涉及到变量的详细统计特征。

均值代表变量的平均水平,标准差为方差的算术平方根,变异系数具体为标准差与样本均值的比值,反应了变量的离散程度。光伏企业追赶的均值为35.21,标准差为41.13,变异系数1.17,代表

表6 样本企业数据描述性统计结果

变量	均值	标准差	最小值	最大值	变异系数
企业追赶	35.21	41.13	0	100	1.17
探索活动	0.103	0.305	0	1	2.96
需求冲击	0.529	0.500	0	1	0.95
电站投资	0.245	0.430	0	1	1.76
研发投入	12.29	8.283	0	21.34	0.67
政府补贴	14.88	4.545	0	20.55	0.31
企业规模	6.293	3.130	0	10.65	0.50
企业属性	0.237	0.426	0	1	1.80
企业年龄	7.665	3.206	2	17	0.42

上市光伏企业与光伏产业相关的营业收入占总收入比例平均为35%,最少的占比0,而最多则占比100%,说明我国光伏企业追赶行为差异较大。从企业开发和探索性活动的描述性统计来看,不同企业的战略选择有显著差异。

3.2 相关性分析

在描述统计的基础上,本文进一步利用皮尔逊

相关分析(在1%显著水平)对被解释变量、解释变量以及控制变量之间的相关关系进行了考察分析,表7给出了具体的相关分析结果,可以看出:在未控制其他因素的前提下,企业追赶的比例与开发性创新相关系数的估计值为0.2896,与探索性之间并未显示出显著的线性相关关系,这里没有线性相关关系不代表回归中自变量不会对企业追赶行为产生影响,因为这里的相关分析只是变量间关系的初步探查,它未能全面的考虑在其他因素同时存在情况下的影响。

除此之外,解释变量之间以及解释变量与控制变量之间也存在一定程度的相关关系,其相关系数通过了1%水平的显著性检验。从变量间的相关系数来看,除研发投入和企业规模的相关系数为0.5681以外,其他变量的相关系数绝对值均较小,这从某种程度上表明变量之间不存在高度相关关系,从而也不会在回归模型中引起严重的共线性问题。

3.3 回归结果分析

通过全面FGLS估计企业开发活动和探索活动以及二者的交互作用对其追赶行为的影响,结果如表8所示。模型1~模型4验证了企业开发活动和探索活动对企业追赶的影响。其中模型1作为基础模型,只放入控制变量,分析全部控制变量对企业追赶行为的影响,结果显示控制变量企业

表7 样本的相关系数

变量	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.企业追赶	1									
2.开发活动	0.2896*	1								
3.探索活动	0.0338	0.1550*	1							
4.需求冲击	0.2274*	0.2076*	-0.0156	1						
5.电站投资	0.1994*	0.2833*	0.0540	0.4830*	1					
6.研发投入	0.2927*	0.2547*	0.1082*	0.5601*	0.3653*	1				
7.政府补贴	0.1399*	0.2033*	0.0738	0.2838*	0.1988*	0.4280*	1			
8.企业规模	0.1960*	0.2034*	0.1482*	0.3779*	0.2657*	0.5681*	0.3887*	1		
9.企业属性	0.00710	-0.0374	0.0250	-0.0209	-0.0904	-0.0565	0.0281	0.2135*	1	
10.企业年龄	0.2549*	0.0448	0.0497	-0.0578	-0.0244	-0.0132	-0.0369	0.1770*	0.3968*	1

注:*表示P<0.01,下同

研发投入、获得政府补贴和企业规模对追赶行为具有显著正向影响。模型2在基础模型上只加入企业的开发活动变量,可以看出:企业开发活动在5%的显著性水平下对企业追赶有着显著的正向影响关系,其系数估计值为8.290($p<0.05$),假设1得到验证,表明在其他因素不变的前提下,企业在现有生产环节提高产品的效率促进企业的追赶。开发性创新大多为现有产品或生产流程的改进,通过提升产品良品率和生产效率,企业能够扩大产能规模。企业通过进一步加强学习能力,实施工艺改进,开发差异化的产品,逐步具有较强的产品生产能力和领先的技术,能够在国内竞争对手中处于优势地位。

模型3在基础模型上只加入企业探索活动变量,结果中企业探索活动回归系数为正,不显著,没有验证假设2。探索活动包括企业首次制定的战略计划,新技术的引入或开展项目,进行新技术探索的合资企业与研发合作,但如果企业上一年已有的技术在之后年份中再出现,本文不将其视为探索活动。总体来看企业的探索性创新比较少。虽然一些企业在产业链的部分环节(如切割液产品)进行了技术的探索创新,能够继续保持和扩大公司的既有市场份额,也有一些企业通过市场探索形成了完整的光伏产业链,在产量、技术上处于行业领先优势,但可能受限于样本量,探索活动变量的回归系数统计上不显著。

表8 开发和探索及二元性对企业追赶的影响结果

变量	企业追赶				
	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5
开发活动		8.290** (3.479)		8.788** (3.597)	12.26*** (4.113)
探索活动			1.606 (4.837)	-2.674 (4.232)	1.057 (4.832)
开发活动×探索活动					-8.747* (5.157)
光伏电站投资	-0.495 (5.819)	1.585 (5.726)	-1.258 (5.524)	1.961 (5.761)	4.526 (5.977)
研发投入	1.065*** (0.386)	1.110*** (0.429)	1.246*** (0.442)	1.134*** (0.430)	1.022** (0.437)
政府补贴	1.041* (0.610)	1.092* (0.603)	1.024* (0.594)	1.117* (0.604)	1.192* (0.608)
企业规模	3.489*** (1.098)	2.205* (1.289)	2.452* (1.306)	2.056 (1.303)	1.870 (1.316)
企业属性	-19.46 (24.10)	-5.189 (14.63)	-8.442 (17.17)	-4.657 (14.71)	-5.673 (14.66)
企业年龄	-0.826 (4.010)	-0.892 (3.616)	-1.225 (3.997)	-0.839 (3.590)	-1.113 (3.570)
常数项	10.50 (31.78)	9.613 (29.14)	15.14 (31.83)	8.631 (29.00)	9.467 (28.91)
Wald chi2 (6)	63.23	128.26	65.59	129.50	122.62
Prob > chi2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
个体效应	控制	控制	控制	控制	控制
样本观测	627	627	627	627	627

注:①系数估计值下方括号内数值为系数标准误;②Wald chi2(6)值、Prob > chi2值分别为检验整个方程显著性的Wald统计量和p值;③**以及***分别代表回归系数在5%和1%的水平下显著;下同

模型4同时加入开发活动、探索活动及控制变量做回归,可以看出,企业提高产品效率的开发活动对其追赶具有显著正向影响,其系数估计值为8.788($p<0.05$),探索活动对企业追赶仍无显著影响。综合来看,企业改进有关现有产品,降低生产成本,扩展现有市场,有利于提高企业市场份额。

二元性结果分析:为验证企业的开发活动和探索活动的二元性平衡对企业持续的能力提高与绩效增加是否有重要作用,模型5加入企业开发活动和探索活动的交互项,即企业同时进行开发和探索活动,结果显示,交互项回归系数在10%的显著性水平下对企业追赶有着显著的负向影响关系,其系数估计值为-8.747($p<0.1$),假设3b得到验证表明在其他因素不变的前提下,反映了企业平衡开发和探索二元性不利于其追赶。结果显示,光伏企业一边加深已有技术的学习,同时增加其他技术的研发强度,或投资、并购其他技术公司,增加了企业成本投入,而光伏产业一度产能过剩,市场竞争激烈,企业由于产能限制,其市场份额有所下降,部分企业的子公司破产,从而降低企业的行业地位。

在模型中加入需求冲击变量及其交互项,旨在验证光伏市场需求下降的调节作用,分析需求下降的冲击是否加强或减弱了企业开发和探索活动对其追赶行为的影响,结果如表9所示。表9给出了企业面临市场需求锐减的调节作用的估计结果,与未加入调节变量的模型相比,加入调节变量及交互项后的模型Wald检验统计量值更大,解释力度更强,模型表示如下:

$$PV_Catch_{it} = \beta^1 \times Demand + \beta^2 \times Demand \times Exploit + \beta^3 \times Demand \times Explore + X'_{it} \beta + Control'_{it} \delta + u_i + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

式中:模型中需求冲击(*Demand*)变量代表需求变化,表示与上年相比光伏产品需求增长率的变化,

“双反”之前2007—2010年需求同比增长率逐渐增加且为正,2011—2013年“双反”年间需求同比增长率逐渐下降且为负,2014—2017年市场回暖,需求变化逐渐增加,模型中这一变量代表需求的大幅度下降,模型6和模型8均表明需求下降对企业追赶具有显著负向影响,模型6中需求冲击变量的回归系数分别为-7.762($p<0.1$),结果表明在遭受下降冲击影响的主要阶段相对于其他的时间而言,被解释变量即企业追赶下降约7.7%。

结果可以看出,对于企业开发活动,企业面临市场需求下降冲击显著的调节了其与企业追赶行为之间的关系,在模型6中,企业受需求下降冲击与开发性创新活动的交互项系数估计值为18.08,在1%的水平上显著为正,即在2011—2013年需求锐减阶段相对于其他的时间而言,被解释变量即企业追赶增加约18.08%,假设4b得到支持。表明企业面临市场需求的大幅缩减增强了企业开发性创新活动对企业追赶的正向影响。但由模型7可以看出,估计了需求冲击对探索活动与企业追赶之间关系的调节作用,结果显示需求下降冲击与探索性创新活动的交互项系数估计值不显著,假设5没有得到验证。表明企业收需求减少对探索性创新活动与企业追赶之间的关系没有显著的调节作用。研究结果表明,针对2011—2013年这一阶段光伏行业不容乐观的现状和发展空间,根据行业技术发展趋势和市场下一步的需求,企业能够提高设备、产品的工艺技术水平,不断提高学习和自主研发能力,有利于企业维持市场份额和行业竞争力。模型8中包含了开发和探索活动变量以及调节变量,开发活动和需求冲击的交乘项回归系数为17.10,在5%的水平上显著为正,表明需求下降冲击对开发活动与企业追赶之间关系的正向调节作用一定程度上是稳健的。

为了进一步加深对调节机制的理解,形象地体现调节变量对主效应的影响,本研究进行了调节

表9 需求冲击调节作用回归结果

变量	模型6	模型7	模型8
开发活动	12.91*** (4.238)		11.02** (4.379)
探索活动		10.49 (6.750)	7.914 (7.149)
需求冲击	-7.762* (4.540)	-2.545 (3.998)	-7.778* (4.362)
开发活动×需求冲击	18.08*** (6.547)		17.10** (6.730)
探索活动×需求冲击		11.23 (7.521)	3.659 (8.626)
光伏电站投资	8.756 (5.937)	4.548 (5.095)	7.232 (5.860)
研发投入	0.810** (0.382)	0.814 (0.533)	0.711* (0.413)
政府补贴	0.899* (0.469)	0.847** (0.431)	0.996** (0.447)
企业规模	3.747*** (1.164)	4.241** (1.834)	3.994*** (1.208)
企业属性	23.53 (33.19)	-3.322 (21.85)	26.78 (37.63)
企业年龄	-0.0739 (2.916)	0.414 (3.495)	-0.686 (2.808)
常数项	-13.80 (22.98)	-11.17 (29.33)	-9.927 (22.80)
Wald chi2 (6)	81.49	79.14	95.34
Prob > chi2	0.0000	0.0000	0.0000
Observations	627	627	627
Number of firms1	57	57	57

效应图的绘制。以年份分组作为市场需求不同水平的调节变量的衡量,画出调节效应示意图。调节效应示意图的绘制基于等式: $Y = (b_1 + b_2M) \times X$, 其中 Y 为被解释变量, X 为解释变量, M 为调节变量。

在图4中,虚线表示需求下降冲击阶段,实线表示其他时间阶段需求没有大幅下降。相较于其他时间段,在2011—2013年需求下降冲击期间,开发性创新活动致使企业追赶处于较高的水平,说明需求下降冲击增强了企业开发活动对其追赶行为的影响,进一步验证了需求下降冲击对开发性创新活动与企业追赶之间的关系具有调节作用的假设。



图4 需求下降冲击对开发活动与企业追赶关系的调节作用

3.4 稳健性检验

本研究首先采用Bootstrap法进行稳健性检验,Efron提出了一种对原始样本进行“再抽样”的方法(Efron, 1979),通过在原样本基础上随机抽取获得多个自助样本,利用这些自助样本对总体进行多次估计,从而得到更加渐近有效的估计量,参考前人研究(Cameron et al, 2010),本文采用自助样本为400的Bootstrap法进行稳健性检验,结果如表10所示。模型9结果显示企业开发活动仍然显著,一定程度上反应出前文研究结论的稳健性。

采用了替换被解释变量进行回归分析,粗略估计样本企业的光伏收入占市场的比例,即将样本企业看作行业整体进行计算,替换解释变量为市场份额,表11给出了稳健性检验结果,结果依然显示出开发活动对企业追赶的正向影响关系,这间接反应出前文研究结论的稳健性。

替换估计方法为“固定效应+聚类稳健标准误”来估计模型的回归结果,表12给出了稳健性检验结果,结果依然显示出开发活动对企业追赶的正向影响关系,这间接反应出前文研究结论的稳健性。

4 结论与启示

4.1 研究结果

当前,国家或企业在一个产业创新生态系统中的追赶引起学术界广泛的兴趣,资料表明中国光伏产业装机量实现了追赶,并且中国光伏装机量

表10 稳健性检验回归结果(1)

变量	模型9	模型10	模型11	模型12
开发活动	5.470** (2.588)	7.178** (3.115)		7.421** (3.127)
探索活动	2.486 (3.131)		2.803 (4.067)	3.299 (4.164)
需求冲击		1.486 (3.214)	0.779 (2.784)	1.829 (3.112)
开发活动×需求冲击		-5.338 (4.707)		-5.368 (4.686)
探索活动×需求冲击			-2.145 (5.192)	-2.115 (5.360)
光伏电站投资	9.125** (4.531)	9.344* (4.794)	9.791** (4.863)	9.185* (4.828)
研发投入	0.632** (0.319)	0.637* (0.331)	0.658** (0.332)	0.627* (0.327)
政府补贴	0.575 (0.460)	0.561 (0.482)	0.593 (0.476)	0.545 (0.473)
企业规模	3.423*** (1.085)	3.431*** (1.070)	3.510*** (1.098)	3.360*** (1.089)
常数项	-6.299 (8.348)	-6.232 (8.752)	-6.703 (8.551)	-5.911 (8.526)
Observations	648	648	648	648
R-squared	0.357	0.357	0.353	0.358
Number of firms ¹	57	57	57	57

的排名保持全球第一。行业追赶周期框架适用于机会窗口和企业响应行为对企业追赶的影响,由于市场竞争逐渐激烈,企业成功进入每个细分的市场需要获得最先进的生产技术,或者开发或探索已有的和新的市场,光伏企业通过哪类技术和市场战略能够快速追赶这一问题成为本文关注的重点。本文基于企业追赶和二元性理论,利用光伏企业的实证数据,在企业微观层面,验证了企业开发和探索性活动对其追赶行为的影响,并加入了企业外部影响因素——需求下降冲击为调节变量,检验了需求下降冲击对企业开发和探索创新活动对企业追赶行为的调节作用。基于627个上市光伏企业的有效样本,本文的假设H1、假设H3b和假高H4b得到了验证,从而扩展了本文对充分利用企业资源提高企业行业地位的认识和理解,对我国光伏企业的市场地位和创新提供实践启发。

通过实证检验,本文得到如下结论:

(1) 光伏企业的开发性创新活动对其追赶行为具有显著正向影响。

(2) 企业的开发活动和探索活动的二元性平衡对企业追赶具有负向影响。

(3) 需求下降加强企业开发活动对企业追赶的正向影响。

通过研究发现,中国光伏企业追求现有的产品改进和效率提高有助于它的追赶行为,扩展光伏生产链其他环节对企业的追赶没有显著影响,而追求平衡两种战略的行为对企业间追赶产生阻碍作用,究其具体原因,光伏企业在特定技术轨道中获得规模经济的能力更强,相比薄膜技术来说,企业在晶硅技术的专利申请数量上增长更快、数量更多,也就是说企业进入单晶硅和多晶硅路线,抓住了这一技术机会窗口,并且通过企业调研也发

表 11 稳健性检验回归结果(2)

变量	模型 13	模型 14	模型 15	模型 16
开发活动	1.245*** (0.282)	0.538* (0.290)		0.784*** (0.293)
探索活动	0.543** (0.239)		-0.621** (0.312)	-0.823*** (0.319)
需求冲击		-0.490** (0.236)	-1.509*** (0.221)	-1.179*** (0.259)
开发活动×需求冲击		-2.641*** (0.571)		-1.217** (0.610)
探索活动×需求冲击			3.313*** (0.434)	2.789*** (0.452)
光伏电站投资	-0.992** (0.392)	-1.044*** (0.382)	-0.880** (0.405)	-0.518 (0.402)
研发投入	-0.189*** (0.0158)	-0.163*** (0.0160)	-0.201*** (0.0160)	-0.193*** (0.0167)
政府补贴	0.178*** (0.0317)	0.174*** (0.0318)	0.224*** (0.0322)	0.188*** (0.0330)
企业规模	0.215*** (0.0547)	0.129** (0.0566)	0.0758 (0.0542)	0.127** (0.0582)
企业属性	-1.523 (1.335)	-1.606 (1.324)	-0.292 (1.341)	-1.272 (1.340)
企业年龄	0.812*** (0.100)	0.784*** (0.102)	0.756*** (0.0984)	0.788*** (0.0993)
常数项	-3.860*** (0.932)	-3.032*** (0.963)	-3.142*** (0.926)	-2.974*** (0.940)
<i>Wald chi² (8)</i>	367.65	364.16	482.09	429.47
<i>Prob > chi²</i>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<i>Observations</i>	627	627	627	627
<i>Number of firms</i> ¹	57	57	57	57

现,中国光伏企业进入晶硅这一主流技术之后,在过程创新、工艺改进方面逐渐占据优势,加强开发性创新,虽然在2007年前后中国的制造设备更多是靠德国供应,但中国光伏企业的显著特点或优势是光伏生产能力更高,一些光伏企业致力于工艺技术和设备的过程创新,企业目前虽然没有突破式的创新,但是企业能够强化一个技术轨道。在企业开始引入新产业链环节时自身技术能力和研发能力还较低,而新知识需要学习和积累经验,同时也得到政府资助,企业探寻改进机会和替代方案,从而快速吸收转化,改进技术和降低成本。与此同时,光伏产业的市场竞争激烈,企业在组织

内或联盟中同时使用两种路线难以配置资源,可能损害产品发展。通过并购模式进行探索的企业可能对知识不了解,从而造成开发和探索活动的冲突。

2011年欧洲主要光伏市场国家的政策支持有所调整,国际光伏市场规模增长放缓,同时企业数量的发展及产能规模的增长较快于市场增长,造成名义产能过剩,加剧了行业竞争,2012年美国 and 欧盟对中国提出了“双反”立案调查,加剧了对中国光伏企业的需求市场的冲击,导致光伏产品需求严重下降,对企业追赶行为造成不利影响。2013年终裁结束,加上政府对企业的扶持,中国光伏市

表12 稳健性检验回归结果(3)

变量	模型 17	模型 18	模型 19	模型 20
开发活动	15.51*** (4.462)	20.89*** (5.355)		21.02*** (5.151)
探索活动	7.704** (3.167)		11.62*** (4.462)	11.95*** (4.174)
需求冲击		7.244* (4.123)	6.145* (3.668)	9.196** (4.165)
开发活动×需求冲击		-16.65* (9.163)		-16.43* (9.041)
探索活动×需求冲击			-12.54** (6.115)	-12.57** (5.974)
光伏电站投资	6.746** (2.704)	7.978*** (2.591)	9.701*** (2.751)	7.344*** (2.665)
研发投入	1.081*** (0.198)	1.065*** (0.194)	1.110*** (0.184)	1.039*** (0.193)
政府补贴	0.0676 (0.453)	-0.0205 (0.467)	0.0823 (0.472)	-0.0254 (0.452)
企业规模	-0.226 (1.062)	-0.223 (1.100)	-0.143 (1.085)	-0.389 (1.076)
企业属性	-9.016*** (2.291)	-9.039*** (2.321)	-10.88*** (2.028)	-8.716*** (2.309)
企业年龄	3.933*** (0.501)	4.054*** (0.545)	4.242*** (0.478)	4.033*** (0.531)
常数项	-11.10 (8.936)	-11.47 (9.378)	-13.42 (9.049)	-11.50 (9.064)
Observations	627	627	627	627
R-squared	0.211	0.213	0.195	0.220
Number of firms1	57	57	57	57

场开始逐渐回暖,在受到需求下降冲击时,企业面临提高效率和降低成本的巨大压力,更加注重工艺改进和过程创新,不断降低光伏产品的成本,即加强开发活动,这也与前人的研究结论一致。

但模型中企业投资光伏电站的回归系数显示为正,但并没有显著作用。而通过对一些企业的实地调研,发现有些企业经历“双反”之后积极进行战略调整,对光伏发电和其他光伏应用加大投资,这一捕捉商业机会从而以创造价值为目的所设计的交易内容、交易结构和交易治理可能是企业商业模式的创新,这可能是由于样本选取的问题,和样本量也有关系。

4.2 研究启示与展望

关于二元性的文献研究了探索性活动和开发性活动对技术追赶模式的影响,但较少考虑到企业追赶行为。本文的分析基于企业微观层面的行为以及特定行业的特点。探讨企业究竟如何抓住技术机会窗口,开发和探索究竟如何使得企业形成技术机会窗口。本文将开发和探索二元性理论与企业追赶理论联系起来分析问题,后发企业发对于资源的利用和战略的选择使得企业获得不同的技术机会窗口,与企业自身的学习和能力也密切相关,而需求、政策机会窗口对企业追赶均具有影响。本文探讨开发和探索在新兴产业背景下与

企业追赶的关系,拓宽了追赶研究的视角和方向。

目前对于企业追赶的研究仍处于较新的阶段,大多数研究仍是对追赶案例的探讨,并且对于微观层面企业追赶行为的实证研究还较少。组织学习的文献大多研究了企业探索和开发及其交互作用的绩效作用,与之前的研究相比,本文选择公司作为分析单元,并提供系统的实证数据,描述开发和探索如何影响企业间追赶、企业行业地位,丰富了开发和探索二元性研究领域。

本文的研究主要的提供了以下实践启示:尽管企业内部生产实践的组织、管理和制度方面彼此不尽相同,这些因素可能影响其市场份额,但实际上,光伏企业的技术越来越重要作用。本文对企业更有效地利用有限的资源提供了借鉴。中国光伏企业开发创新活动有利于企业追赶行为,企业更加注重过程创新。由于需求下降的冲击给光伏企业施加了更大提高效率并降低成本的压力,企业不断进行过程创新,从而增加了相关收入,因此这一冲击加强了企业开发创新活动和企业追赶行为的影响。

本文对于企业追赶的考察基于技术和市场两方面的机会窗口,并分为开发性创新和探索性创新两个维度,加入需求变化调节变量,探究在特定的条件下,开发和探索二元性对企业追赶的影响机制。本研究在光伏这一特定的行业内,结果发现企业新技术的研发和对新市场的扩展,对企业的追赶行为在统计上没有显著影响,而传统研究认为的探索性的创新向价值链的高端发展更有利于企业行业地位的提高,占据更大的市场份额,而本研究得出结论认为企业在面临光伏产品需求严重下降,经营亏损持续扩大的行业内破产风险环境下,企业能够改进已有的产品技术,加强过程创新和工艺改进方面的创新,维护原有的市场,有利于增加市场份额。由于企业需要学习和积累经验,从而对于新知识吸收和转化的能力是一个逐

渐加快的过程,企业应考虑竞争激烈的环境等重要因素,选择高效利用有限资源的战略,本研究在实践上为企业提供了可供参考的管理启示。

本研究仍有很多不足之处,由于必要数据和信息获取原因,如:电池和组件效率、光伏相关营业收入在年报中没有公布,本文数据没有包括全部股票类型如中概股、美股等光伏上市企业,因此本文数据源是一个光伏企业样本,基于此数据处理可以分析微观层面个体企业的追赶行为,但前人文献中对后发企业领先在位企业获得行业领导地位一般利用市场份额度量,需要包括行业中所有相关企业,则样本企业数是不足的。由于研究的复杂性和本研究团队的研究能力有限,本研究仍存在一定的局限性,有待未来进一步研究和扩展:

(1) 数据收集的局限性。本研究所用数据为我国上市光伏企业数据,没有包括在境内的跨国光伏公司的数据,我国光伏企业多为中小型后发企业,且数据披露并不完整,因此本研究结论可能并不适用于其他行业,这在一定程度上影响了本研究结论的普适性。在未来的研究中,可以考虑收集更广泛的样本数据,验证本研究是否依然有效。

(2) 变量测度的局限性。本研究所选取的变量均来源于已有文献的研究,但有些变量的测度仍存在一些局限性,例如本研究所用需求下降冲击的测度,虽然是需求等环境变化是一个常用衡量指标,但前人文献大多通过表示需求环境变化的参数进行模拟,或者通过问卷量表收集这一数据,因而本文时间分组变量可能无法准确地考量环境的变化。今后的研究应进一步完善指标,选取更有代表性的变量数据进行实证分析。

(3) 控制变量讨论不足。与企业追赶相关的影响因素众多,很难全面考虑影响因素,因此后续研究需要补充文献阅读,同时进行更加具体的调研,以获得充分的验证。

(4) 在模型方法选择的局限性。本研究通过组间异方差的沃尔德检验、组内自相关检验以及

组间同期相关的检验,结合数据集特点,采用平衡面板数据的全面FGLS(可行广义最小二乘)模型,但是模型针对国内光伏行业的数据集,扩展数据量或者其他行业应用时,该方法的稳健性没有验证。后续研究需要通过更普适性的数据集进行检验。(5) 研究主体的局限性。本研究只重点考察了技术机会窗口对企业追赶行为的影响,但在一个产业创新生态系统中,其他机会窗口如政策制度机会窗口、市场需求机会窗口,以及其他行动者如政府、风险投资机构、竞争对手等的响应均对企业的追赶有重要影响。在未来的研究中,应考量多个机会窗口的交互作用的影响,以进一步探究对企业追赶的不同影响机制,建立更为系统和全面的研究模型。

参考文献

- 陈强. 2014. 高级计量经济学及Stata应用[M]. 第二版. 北京:高等教育出版社.
- 姬海臣. 2014. 欧美对我国光伏“双反”的研究[D]. 厦门:厦门大学.
- 吴晓波,付亚男,吴东,等. 2019. 后发企业如何从追赶超越?基于机会窗口视角的双案例纵向对比分析[J]. 管理世界,35(2):151-167.
- 张钢,沈丞. 2017. 技术追赶的迂回模式:基于探索与利用的拓展分析框架[J]. 技术经济,36(1):49-56.
- Ahuja G, Katila R. 2001. Technological acquisitions and the innovation performance of acquiring firms a longitudinal study[J]. Strategic Management Journal,22(3):197-220.
- Atuahene-Gima K. 2005. Resolving the capability-rigidity paradox in new product innovation[J]. Journal of Marketing,69(4): 61-83.
- Bagnall D M, Boreland M. 2008. Photovoltaic technologies[J]. Energy Policy,36(12):4390-4396.
- Berchicci L. 2013. Towards an open R&D system: Internal R&D investment, external knowledge acquisition and innovative performance[J]. Research Policy,42(1):117-127.
- Cadogan J W, Kuivalainen O, Sundqvist S. 2009. Export market-oriented behavior and export performance: Quadratic and moderating effects under differing degrees of market dynamism and internationalization[J]. Journal of International Marketing, 17(4):71-89.
- Cadogan J W. 2012. International marketing, strategic orientations and business success: Reflections on the road ahead[J]. International Marketing Review,29(4):340-348.
- Cameron A C, Trivedi P K. 2010. Microeconometrics using Stata[M]. Texas: Stata Press.
- Cao Q, Gedajlovic E, Zhang H. 2009. Unpacking organizational ambidexterity: Dimensions, contingencies, and synergistic effects[J]. Organization Science,20(4):781-796.
- Danneels E, Sethi R. 2011. New product exploration under environmental turbulence[J]. Organization Science,22(4):1026-1039.
- Danneels E. 2008. Organizational antecedents of second-order competences[J]. Strategic Management Journal,29(5):519-543.
- Efron B. 1979. The efficiency of cox's likelihood function for censored data[J]. Journal of the American Statistical Association,72(359):557-565.
- Feng T, Sun L, Zhang Y. 2010. The effects of customer and supplier involvement on competitive advantage: An empirical study in China[J]. Industrial Marketing Management,39(8):1384-1394.
- Garcia R, Calantone R, Levine R. 2003. The role of knowledge in resource allocation to exploration versus exploitation in technologically oriented organizations[J]. Decision Sciences,34(2):323-349.
- Grau T, Huo M, Neuhooff K. 2012. Survey of photovoltaic industry and policy in Germany and China[J]. Energy Policy,51(4): 20-37.

- He Z L, Wong P K. 2004. Exploration vs exploitation: An empirical test of the ambidexterity hypothesis[J]. *Organization Science*, 15(4):481-494.
- Hoppmann J, Peters M, Schneider M, et al. 2013. The two faces of market support: How deployment policies affect technological exploration and exploitation in the solar photovoltaic industry[J]. *Research Policy*, 42(4):989-1003.
- Jansen J J P, Van Der Bosch F A J, Volberda H W. 2006. Exploratory innovation, exploitative innovation, and performance: Effects of organizational antecedents and environmental moderators[J]. *Management Science*, 52(11):1661-1674.
- Jung M, Lee K. 2010. Sectoral systems of innovation and productivity catch-up: Determinants of the productivity gap between Korean and Japanese firms[J]. *Industrial and Corporate Change*, 19(4):1037-1069.
- Kang H, Song J. 2017. Innovation and recurring shifts in industrial leadership: Three phases of change and persistence in the camera industry[J]. *Research Policy*, 46(2):376-387.
- Kim Y Z, Lee K. 2008. Sectoral innovation system and a technological catch-up: The case of the capital goods industry in Korea[J]. *Global Economic Review*, 37(2):135-155.
- Klincewicz K, Miyazaki K. 2011. Sectoral systems of innovation in Asia: The case of software research activities[J]. *International Journal of Technology Management*, 53(2):161-189.
- Kuo T K, Lim S S, Sonko L K. 2018. Catch-up strategy of latecomer firms in Asia: A case study of innovation ambidexterity in PC industry[J]. *Technology Analysis & Strategic Management*, 30(12):1483-1497.
- Kyriakopoulos K, Moorman C. 2004. Tradeoffs in marketing exploitation and exploration strategies: The overlooked role of market orientation[J]. *International Journal of Research in Marketing*, 21(3):219-240.
- Lall S. 2001. Competitiveness indices and developing countries: An economic evaluation of the global competitiveness report[J]. *World Development*, 29(9):1501-1525.
- Landini F, Lee K, Malerba F. 2017. A history-friendly model of the successive changes in industrial leadership and the catch-up by latecomers[J]. *Research Policy*, 46(2):431-446.
- Lavie D, Kang J, Rosenkopf L. 2011. Balance Within and Across Domains: The Performance Implications of Exploration and Exploitation in Alliances[J]. *Organization Science*, 22(6):1517-1538.
- Lee J, Lee J, Lee H. 2003. Exploration and Exploitation in the Presence of Network Externalities[J]. *Management Science*, 49(4):553-570.
- Lee K, Ki J H. 2017. Rise of latecomers and catch-up cycles in the world steel industry[J]. *Research Policy*, 46(2):365-375.
- Lee K, Lim C, Song W. 2005. Emerging digital technology as a window of opportunity and technological leapfrogging: Catch-up in digital TV by the Korean firms[J]. *International Journal of Technology Management*, 29(1/2):40-63.
- Lee K, Lim C. 2001. Technological regimes, catching-up and leapfrogging: Findings from the Korean industries[J]. *Research Policy*, 30(3):459-483.
- Lee K, Malerba F. 2017. Catch-up cycles and changes in industrial leadership: Windows of opportunity and responses of firms and countries in the evolution of sectoral systems[J]. *Research Policy*, 46(2):338-351.
- Lee K, Park T Y, Krishnan R T. 2014. Catching-up or leapfrogging in the Indian IT Service Sector: Windows of opportunity, path-creating, and moving up the value chain[J]. *Development Policy Review*, 32(4):495-518.
- Lisboa A, Skarmeas D, Lages C. 2013. Export market exploitation and exploration and performance[J]. *International Marketing Review*, 30(3):211-230.
- Malerba F, Nelson R R. 2011. Learning and catching up in different sectoral systems: Evidence from six industries[J]. *Indus-*

- trial and Corporate Change,20(6):1645-1675.
- March J G. 1991. Exploration and exploitation in organizational learning[J]. *Organization Science*,2(1):71-87.
- Mathews J A. 2002. Competitive advantages of the latecomer firm: A resource-based account of industrial catch-up strategies[J]. *Asia Pacific Journal of Management*,19(4):467-488.
- Mathews J A. 2005. Strategy and the crystal cycle[J]. *Manage Review*, (47):6-32.
- Mowery D C, Nelson R R, Martin B. 2010. Technology policy and global warming: Why new policy models are needed[J]. *Research Policy*,39(8):1011-1023.
- Perez C, Soete L. 1988. Catching-up in technology: Entry barriers and windows of opportunity // Dosi G, Freeman C, Nelson R, et al. *Technical Change and Economic Theory*[M]. London: Pinter Publishers.
- Puranam P, Singh H, Chaudhuri S. 2009. Integrating acquired capabilities: When structural integration is unnecessary[J]. *Organization Science*,20(2):313-328.
- Raisch S, Birkinshaw J. 2008. Organizational ambidexterity: Antecedents, outcomes, and moderators[J]. *Journal of Management*,34(3):375-409.
- Ramaswami S N, Srivastava R K, Bhargava M. 2009. Market-based capabilities and financial performance of firms: Insights into marketing's contribution to firm value[J]. *Journal of the Academy of Marketing Science*,37(2):97-116.
- Rothaermel F T, Alexandre M T. 2009. Ambidexterity in technology sourcing: The moderating role of absorptive capacity[J]. *Organization Science*,20(4):759-780.
- Shin J S. 2017. Dynamic catch-up strategy, capability expansion and changing windows of opportunity in the memory industry[J]. *Research Policy*,46(2):404-416.
- Stettner U, Lavie D. 2014. Ambidexterity under scrutiny: Exploration and exploitation via internal organization, alliances and acquisitions[J]. *Strategic Management Journal*,35(13):1903-1929.
- Taylor M. 2008. Beyond technology-push and demand-pull: Lessons from California's solar policy[J]. *Energy Economics*,30(6): 2829-2854.
- Tour A D L, Glachant M, YannMénier. 2011. Innovation and international technology transfer: The case of the Chinese photovoltaic industry[J]. *Energy Policy*,39(2):761-770.
- Uotila J, Maula M, Keil T, et al. 2009. Exploration, exploitation, and financial performance: analysis of S&P 500 corporations[J]. *Strategic Management Journal*,30(2):221-231.
- Vorhies D W, Orr L, Bush V. 2011. Improving customer-focused marketing capabilities and firm financial performance via marketing exploration and exploitation[J]. *Journal of the Academy of Marketing Science*,39(5):736-756.
- Wang H, Li J. 2008. Untangling the effects of over exploration and over exploitation on organizational performance: The moderating role of environmental dynamism[J]. *Journal of Management*,34(5):925-951.
- Wooldridge J. 2002. *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*[M]. Cambridge: MIT Press.
- Wu C Y, Mathews J A. 2012. Knowledge flows in the solar photovoltaic industry: Insights from patenting by Taiwan, Korea, and China[J]. *Research Policy*,41(3):524-540.
- Wu J, Shanley M T. 2009. Knowledge stock, exploration, and innovation: Research on the United States electromedical device industry[J]. *Journal of Business Research*,62(4):474-483.
- Yalcinkaya G, Calantone R J, Griffith D A. 2007. An examination of exploration and exploitation capabilities: Implications for product innovation and market performance[J]. *Journal of International Marketing*,15(4):63-93.

Zheng C, Kammen D M. 2014. An innovation-focused roadmap for a sustainable global photovoltaic industry[J]. *Energy Policy*, 67(C):159-169.

Research on Relationship among Exploitation and Exploration Duality and Catching-up of Photovoltaic Enterprises in China

LIU Xielin, LIU Yutian

(School of Economics and Management, University of Chinese Academy of Science, Beijing 100190, China)

Abstract: Based on the opportunity window and catch-up theory and organizational learning theory, this paper combs the technological strategy of photovoltaic enterprises in China, explores the impact of exploitation and exploration activities on enterprise catch-up at the micro level of photovoltaic enterprises in China, and validates it with panel data of 57 listed photovoltaic enterprises in A shares. The results show that the exploitation innovation activities of photovoltaic enterprises have a significant positive impact on the catching-up behavior of enterprises, and technology catching-up is still utilization-oriented rather than exploratory-oriented; the duality balance of exploitation activities and exploration activities has a negative impact on the catching-up behavior of enterprises; at the same time, it is found that the decline of demand strengthens the impact of enterprise exploitation innovation activities on the catching-up behavior of enterprises.

Key words: exploitation; exploration; enterprise catch-up; demand impact; China's photovoltaic industry