

基于技术来源和初始目标市场视角的颠覆性技术创新演化模式分析

刘柳^{1,2}, 吴新年^{1,2*}

1. 中国科学院西北生态环境资源研究院文献情报中心, 兰州 730000

2. 中国科学院大学经济与管理学院图书情报与档案系, 北京 100049

摘要 颠覆性技术创新过程同时伴随着技术的演进与市场的扩散。当前,学术界对颠覆性技术创新演化模式的探讨主要是基于技术、市场、体制机制和创新生态系统视角,缺乏对技术来源的深入分析。由于颠覆性技术来源的多样性、初始目标市场的差异性,因而不遵循统一的演化路径。从技术创新的来源出发,将颠覆性技术分为创新突破型、集成重组型和跨界应用型3种类型,通过3类颠覆性技术和初始目标市场的不同组合,总结了多种颠覆性技术演化模式,以期对颠覆性技术的分类识别、颠覆性技术培育和发展提供新的理论视角。

关键词 颠覆性技术; 颠覆性创新; 演化模式; 技术创新

新一轮科技革命和产业变革正在加速演进,颠覆性技术作为一种另辟蹊径,会对已有传统或主流技术途径产生替代效果的技术,将改变其技术路径、产品形态、产业模式,创造出新产品、新需求、新业态并催生新经济增长点。颠覆性技术容易造成技术突袭、改变游戏规则,为实现弯道或换道超车带来机遇,因而备受世界各国和企业界的关注,被看作是提升未来经济社会发展和国家竞争力的重要“利器”。因此,探索颠覆性技术创新的典型演化模式,对于识别、培育和发展颠覆性技术,提升科技

创新力、产业竞争力和综合国力具有重要现实意义。颠覆性创新理论来源于对现实案例的观察,研究人员发现各行各业的龙头企业似乎都未能在各自的市场始终保持主导地位。一些学者通过相关行业的典型案例探究技术变革或市场结构发生变化时领先企业遭遇失败的原因,研究发现正是因为一些颠覆性技术的出现最终导致原先占居行业优势的老牌企业最终被推入困局。例如,1995年,Bower等^[1]通过对计算机等行业的案例分析首次提出“颠覆性技术”概念,认为颠覆性技术是导致IBM

收稿日期:2021-10-25;修回日期:2022-04-13

基金项目:国家社会科学基金项目(20BTQ094)

作者简介:刘柳,博士研究生,研究方向为颠覆性技术,电子信箱:liuliu@llas.ac.cn;吴新年(通信作者),研究员,研究方向为情报理论与方法、知识管理与知识服务、产业竞争情报分析、区域创新战略,电子信箱:wuxn@lzb.ac.cn

引用格式:刘柳,吴新年. 基于技术来源和初始目标市场视角的颠覆性技术创新演化模式分析[J]. 科技导报, 2023, 41(4): 104-113; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2023.04.012

等老牌公司逐渐丧失竞争优势的主因。颠覆性技术又称为破坏性技术,从技术角度上来看具有2个重要的特征:第一,通常表现出不同的性能属性组合,刚开始不受现有客户重视;第二,现有客户重视的性能属性提升速度较快,过度满足主流客户的需求,以至于颠覆性技术可以随后入侵那些已建立的市场。1997年在研究颠覆性技术创新规律的基础上,Christensen^[2]还引入市场颠覆的概念,强调新兴企业首先要从市场的角度而非技术的角度着手构建竞争优势,即颠覆性技术遵循“非主流市场-技术积累-主流市场”的演化过程,而这一过程需要经历信号辨别、价值网络重构、整合开拓营销和分销渠道、构造适合颠覆性创新的内部程序和价值观等步骤。之后,许多学者提出的见解基本延续了Christensen的思想,认为颠覆性创新是指后发企业利用已有成熟技术的集成、简化向非主流市场推出新产品和新服务,然后借助市场优势和成本优势逐渐向主流市场侵蚀,并最终颠覆主流市场的一类创新。颠覆性技术的演化过程相当复杂,不仅仅是由于技术上的突破或单纯依靠差异化的市场战略,更多的是技术因素、市场因素以及其他相关因素综合作用的结果。颠覆性技术形成路径存在差异性,普遍认为它可能是科学原理重大突破产生的全新技术、新技术与现有技术的跨界融合和已有技术的跨学科、跨领域的应用,这也使得颠覆性技术的演化规律会有所不同。探究不同类型的颠覆性技术的演化规律是科学认识颠覆性技术,进而实现颠覆性技术的分类识别和个性化培育的基础。

鉴于此,本文在考察颠覆性技术创新模式的基础上,结合对一些典型颠覆性技术成功案例(如苹果手机、脑机接口、移动支付、固态硬盘等技术)的分析,提出了当前颠覆性技术演化发展的典型模式,以期对丰富颠覆性技术创新模式与演化路径研究有所助益。

1 颠覆性技术演化分析研究现状

1.1 基于技术轨道的颠覆性技术演化分析

技术演化视角下的颠覆性创新研究,强调通过

技术创新实现技术轨道的转换,从而满足不同细分市场的需求的技术演进过程。由于存在技术路径依赖,一般渐进性创新通常沿着既定技术轨道发展,而颠覆性技术打破了路径依赖,改变了原有的技术轨道,进入新的技术轨道。因此,运用技术轨道的方法可以展示颠覆性技术特殊的发展和演化形态。

特定技术在整个发展过程中一般会经历萌芽、成长、成熟和衰退的过程,整个过程形如一个“S”形曲线,因此,Foster^[3]于1986年提出了S曲线模型,用于表示技术生命周期所处发展阶段,后来发展成为识别技术生命周期的经典方法^[4],即考察传统的技术生命周期规律会发现,技术性能的发展往往遵循S形曲线。常规技术S形曲线表现为随着时间/工作量的延伸,产品的性能会不断提升、技术不断发展,在高速发展之后进入平缓期,平缓期之后新的技术就会逐渐产生并且替代它。付玉秀等^[5]通过对颠覆性创新与渐进性创新的比较分析发现,两者在技术轨道和过程轨迹方面存在显著差异。在技术轨道方面,渐进性创新的技术轨道是线性且连续,而颠覆性创新的技术轨道是发散的、不连续且跳跃的,因此,一般渐进性创新其轨迹表现为稳定上升的平滑线,颠覆性创新的过程轨迹则是剧烈波动。Christensen^[2]通过研究硬盘行业的发展,认为常规技术的发展遵循S形曲线的演化轨迹,常规技术始终沿着波浪式的S形曲线稳定前进,而颠覆性技术由于技术性能属性与成熟的价值网络不同,其首先在自己的价值网络内发展,当满足另一个价值网络的性能和特性需求时,开始对其进行入侵和淘汰,因此颠覆性技术的S形曲线与传统技术发展轨迹不同。当颠覆性技术出现时,S形曲线会出现突变点,进入新的技术轨道,形成新的S形曲线的起点^[6]。在技术生命周期的表现上,Coccia^[7]通过研究美国录音产业的技术发展,发现颠覆性技术与已有技术相比表现为不成比例的市场增长率,而且颠覆性技术生命周期表现为不对称性,技术周期上升波期明显长于下行波期。

1.2 基于市场侵蚀方式的颠覆性技术演化分析

市场格局演化视角下的颠覆性创新研究强调颠覆性技术从非主流市场向主流市场侵蚀的市场

扩散过程。按照产品的价格,一般行业都存在高端市场和低端市场,低端市场产品具有价格低、性能低的特点,而高端市场的产品表现为高性能和高价格。2003年,根据新产品对现有市场的侵蚀方式不同进行分类,Christensen等^[8]将颠覆性创新划分为低端颠覆性创新和新市场颠覆性创新2种类型。之后一些学者又在此基础上进行拓展和延伸。

Gilbert^[9]认为颠覆性创新的本质不是破坏,而是给被颠覆的行业带来市场总体规模的增长,无论是对在位企业还是新兴企业,新市场颠覆都是一个实现市场增长的有效途径,认为后发企业实施颠覆性创新需要首先创建一个新的、非竞争性的市场;新的市场快速成长使得主流市场的增长速率降低;随着时间的推移,旧的市场规模逐渐下降,后发企业逐渐取代原领先企业成为新的主导者。Schmidt等^[10]从新产品的扩散模式的角度分析,认为渐进性创新往往从高端市场入侵然后向低端市场扩散,而颠覆性创新往往首先侵占低端市场,然后再向高端市场扩散。新市场颠覆性创新和低端颠覆性创新本质上都属于低端侵蚀模式,他们进一步将新市场颠覆性创新细分为边缘市场低端侵蚀模式和分离市场低端侵蚀模式,将低端颠覆性创新定义为即时的低端侵蚀模式,形成了“4种侵蚀路径方案”(表1)。张枢盛等^[11]在分析颠覆性创新的概念和机理的基础上,总结了颠覆性创新的共性特征,并发现颠覆式创新的实施在顾客、产品和竞争策略方面均表现出从非主流市场或新市场逐渐向主流市场渗透的特点,其中在顾客方面表现为首先避开主流市

场、寻求利基或新市场,然后再向主流市场渗透的特点。李平等^[12]通过理论分析和联发科公司的案例研究,也提出后发企业破坏性创新竞争优势的构建遵循“低端市场—技术积累—主流市场”的发展路径,优势构建的过程中分别经历了机会识别、价值网络重构、主流市场破坏等过程。张庆普等^[13]通过对手机行业和第三方支付行业的案例分析,提出了跨界整合式颠覆性创新的概念,对颠覆性创新的类型进行了重要补充。他认为跨界整合式颠覆性创新也遵循自下而上的低端侵蚀路径,但与传统的侵蚀单一市场不同,它可以侵入界内和界外多维市场,由于具有“一对多”的跨界性和整合性优势,可以带来比传统颠覆性创新更优越的整体价值涌现。尚甜甜等^[14]以浙江绿源电动自行车为案例进行研究,将颠覆性技术与商业模式共演过程划分为3个阶段,其中,颠覆性技术经历了“技术集成—技术调整—技术升级”3个阶段;商业模式经历“生存导向的商业模式—低盈利导向的商业模式—品牌导向的商业模式”3个阶段;颠覆性效果遵循“开辟新市场—侵蚀主流低端市场—侵蚀主流高端市场”的演化路径。其中颠覆性效果的演化路径与现有主流的“非主流市场—主流市场”的颠覆性创新演进过程一致。

随着颠覆性创新研究的不断深入,研究范围逐渐从最初的低端和新市场颠覆性创新扩展至高端颠覆性创新。2004年Danneel^[15]首先提出颠覆性创新的范围并不局限于低端颠覆性创新和新市场颠覆性创新,例如数码相机对胶片相机的颠覆、DVD

表1 创新的类型与不同市场侵入模式

创新类型	市场侵入模式	描述	实例
持续性创新	高端市场侵入	新产品先侵占现有市场的高端,然后低端扩散	Pentium 4 VS Pentium 3
颠覆性创新	低端市场侵入	新产品先侵占现有市场的低端,然后高端扩散	—
新市场颠覆性创新	边缘市场的低端侵入	在入侵开始之前,新产品打开了一个边缘市场(客户需求与当前低端客户的需求逐渐不同)	5.25英寸磁盘驱动器 VS 8英寸硬盘驱动器
	分离市场的低端侵入	在入侵开始之前,新产品打开了一个独立的市場(客户需求与现有的低端客户需求有很大的不同)	手机 VS 固定电话
低端颠覆性创新	立即的低端侵入	新产品推出后立即开始入侵低端市场	折扣店 VS 传统百货商店

注:颠覆性创新包含新市场颠覆性创新和低端颠覆性创新2种类型。

对录像机的替代等应当被视为高端颠覆性创新。Govindarajan 等^[16]也认为颠覆性创新可以是低端切入,并不一定是全新的技术,也可以是高端切入的、表现为全新的技术,例如磁盘驱动器、戴尔的直销模式、西南航空的低成本模式都不是全新的颠覆性创新的案例,而数码相机相对于胶片相机、移动电话相对于有线电话、iPod 相对于随身听,这些都是根本的颠覆性创新的案例。事实上,在现实生活中,许多颠覆具有混合性,是新市场颠覆和低端颠覆的结合,如格兰仕微波炉就是成功运用颠覆性战略的典型范例,不仅仅是低端市场的颠覆者,更重要的是新市场颠覆者^[17]。之后, Sandstrom 等^[18]、Sood 等^[19]、Yu 等^[20]和 Parry 等^[21]均将高端颠覆视为颠覆性创新的一个重要类型。周洋等^[22]以技术轨道、侵蚀模型和液晶电视对晶体管电视机的颠覆案例为基础,揭示了高端颠覆性创新的技术演进轨迹和市场扩散路径,研究显示高端颠覆性创新遵循“脱离主流技术轨道—高端颠覆性技术轨道”的技术演进轨迹,不仅大幅提升当前市场所重视的产品性能,还在主流市场所需要的新产品性能方面具有重大突破;初始目标市场定位为高端分离市场,遵循“高端边缘市场—高端市场—主流市场”的市场扩散路径。明星等^[23]基于固态硬盘对机械硬盘高端颠覆的案例研究,提出了具有高性能、高价格特征的跨界高端颠覆性创新模式,认为高端颠覆性技术一般来源于行业外部,表现为外部行业通过外部技术对原有行业的颠覆,可以同时从原有市场和分离市场入侵。而低端颠覆性创新的技术往往来自行业内部,只能从现有市场的低端入侵。

1.3 基于技术创新和市场侵蚀二维视角的颠覆性技术演化分析

颠覆性创新同时伴随技术演进和市场扩散,有学者基于技术创新和市场侵蚀双视角分析颠覆性创新的演化路径。基于技术创新和市场侵蚀视角的颠覆性技术创新一般经历技术变革和市场选择两个阶段,依据技术创新程度和市场切入的不同组合可以演绎出多种颠覆性创新路径。例如鲍萌萌等^[24]认为新兴产业的颠覆性创新经历技术变革和市场颠覆 2 个阶段,依据不同的技术变革和市场颠

覆的特点,将颠覆性创新过程分为技术突破—高端市场渗透过程、技术改进—低端市场导入过程、利基市场开发导入过程 3 个基本类型。刘文勇等^[25]认为颠覆式创新的产生是偶然性和必然性的结合,其实现路径遵循一定的规律,基于技术轨道和目标市场视角,依据技术满足市场需求的程度,可以总结出低端颠覆、新市场颠覆、高端颠覆和全面颠覆 4 种颠覆式创新路径。薛捷^[26]通过分析技术探索/利用和市场探索/利用与颠覆性创新的关系,总结出 6 种二元性组合策略,并分析不同的组合策略对低端颠覆性创新和新市场颠覆性创新的影响。由于技术突破程度存在差异,颠覆性技术在进入市场之后受制于市场需求、成本和价格的影响,会形成不同的演化路径。

1.4 基于新型举国体制驱动机制的颠覆性技术演化分析

基于举国体制驱动机制的颠覆性技术演化分析,认为体制机制创新是技术创新的关键,通过集中优势资源和力量,以重大任务和计划为导向,开展重大科技的联合攻关,通过有目的的培育或协同攻关,短期内实现颠覆性技术的重大突破。技术创新的背后是制度创新,尤其是国家治理制度的创新。发达国家的技术创新之所以能够走在前列,离不开其体制机制的创新。举国体制是指国家集中配置有限的资源,最大限度调动社会各方面力量,以实现特定目标的工作体系和运行机制。中国的举国体制体现了我们社会主义国家集中力量办大事的政治优势,通过统筹协调有限的资源,促进某些尖端技术或重大项目在短时间内实现超越国家总体实力的跨越式发展^[27]。传统举国体制在国内外被广泛应用于科技领域的大科学工程和大科学计划当中,但举国体制也具有特殊性、适应性和局限性^[28]。当前,与西方发达国家相比,中国的原始创新能力还存在一定差距,尚未摆脱关键核心技术受制于人的局面。党的十九届四中全会明确提出,要“构建社会主义市场经济条件下关键核心技术攻关新型举国体制”^[29]。新型举国体制是社会主义市场经济条件下,以国家发展和国家安全为目标,通过科学统筹、集中力量、优化机制、协同攻关,以现

代化重大创新工程聚焦国家战略制高点,着力提升中国综合竞争力、保障实现国家安全的创新发展体制安排^[30]。

刘云等^[31]从实施主体、主导要素和关键节点角度分析中国高铁的发展历程和发展过程中各要素间的作用机理,总结出国家重大工程的颠覆性创新模式。结果显示,中国高铁颠覆性创新过程遵循“原始技术自主创新—引进消化吸收再创新—集成创新—创新引领”的演化道路。廉思秋等^[32]提出突破性创新的触发需要经历技术识别、技术攻关和产业化3个重要阶段,依托创新国家意志论,围绕4类创新主体和3类高新技术构建了新型举国体制下触发突破性创新的“扇形”模式,明确了不同类型技术的创新路径。罗军等^[33]提出举国体制并非是中国特有,历史上欧美国家通过开展关键核心技术联合攻关的模式取得了良好的效果,代表性的案例有比利时微电子中心、德国的弗劳恩霍夫协会和法国卡诺研究所计划。路风等^[34]通过分析中美两国历史上成立的特殊机构和执行重大任务的经验,提出举国体制与经济体制无关,是一种任务体制,其目的是取得重大突破、实现重大发展。美国太空探索技术公司(SpaceX)是其发挥举国体制的另一种典型例子。在10多年的时间内,SpaceX公司从一家新兴企业发展到能与主流的传统航天发射服务商相抗衡的位置,除了自身在技术应用方案、发展理念和管理方式上的创新之外,美国政府在政策、技术、人才和资金等方面给予的支持也不容忽视^[35-36]。尤其是政策制度方面,美国政府已经在顶层政策、法律法规和实施细则层面形成完备的规章制度体系,这些都是促进SpaceX公司快速发展的关键性因素。

1.5 基于创新生态系统驱动机制的颠覆性技术演化分析

全球化背景下,构建有利于各要素高效协同的创新生态系统是实现颠覆性创新的关键。研究创新生态系统视角下的颠覆性技术演化过程,目的是探究创新生态系统对颠覆性技术的孕育、发展以及最终产生颠覆效果的影响。美国在1994年发布的《科学与国家利益》^[37]报告中首次提出创新生态系

统的概念,后来受到发达国家的普遍重视和采纳。创新生态系统是将生态学思想融入技术创新系统,从生态仿生学的角度变革创新范式,创新主体通过协同创新形成相互依赖和共生演进的网络关系。创新生态系统是一个开放的、复杂的、动态的、自适应的、非线性的系统,其中的反馈和干扰会改变创新的环境、可能性和进展。王俊娜等^[38]认为产业生态系统是颠覆性创新分析框架的重要组成部分和价值创造的载体,以LED照明行业对传统照明的颠覆为例分析了产业生态系统经历了标准颠覆、渠道颠覆和供应链颠覆的过程。Schuelke-Leech^[39]从社会技术创新生态系统的整体角度出发,提出了颠覆性技术的2种模式。第一种颠覆是指对市场或行业内造成的局部的影响,其影响因素包含本地化的机会、创造力、解决问题能力以及金融投资;第二种颠覆的影响要大得多,影响了许多行业,并极大地改变了社会规范和制度,涉及的关键因素包含专业知识网络、大量的应用机会、财政资源以及配套的基础设施和机构。Nthubu等^[40]认为生态系统是促进颠覆性创新的新型战略,从跨学科的角度定义了一种新型颠覆性创新生态系统(disruptive innovation ecosystem, DIE),并明确了创建和培育DIE的关键步骤。李桢等^[41]立足创新生态系统视角,充分挖掘以创新链和产业链耦合为内核的产业创新生态系统对高技术企业颠覆性技术创新能力的可能影响因素,通过分析影响颠覆性技术创新的7个影响因素,发现企业知识整合能力对其影响最大,其次是平台服务能力。王海军等^[42]分析硅谷不断产生颠覆性创新的原因,发现构建创新生态系统是企业实现从后发者向颠覆者转变的重要载体。束超慧等^[43]认为创新生态系统是实现颠覆性创新的关键路径,有助于实现价值共创,并以科大讯飞颠覆性创新的路径为例强调构建创新生态系统有利于打破传统创新模式,释放更多颠覆性创新活力。

创新生态系统是颠覆性技术创新的重要载体,通过构建不同层次的创新生态系统,有利于打破传统低效的封闭式创新模式,实现对技术创新生态系统的重构,构建起更加有利于颠覆性技术形成和演化发展的环境。

2 基于技术来源-初始目标市场二维组合视角的颠覆性技术演化模式

演化模式可以理解为具有一定代表性的规律性发展过程,是从微观角度分析技术形成的机制和发展变化的规律性特征。颠覆性技术的演化模式关注颠覆性技术的形成与发展的过程,以及如何对主流技术进行颠覆。已有研究基于技术创新和市场侵蚀或者二者组合的视角对颠覆性技术创新的演化模式进行了探讨,但对于颠覆性技术创新的起点或来源的认识不够全面。国内外学者和研究机构基于不同领域和视角对颠覆性技术进行定义,普遍认同颠覆性技术创新是一个动态的过程,至今仍未有公认、统一的说法。一般情况下,人们对颠覆性技术进行定义基于技术来源、技术属性、技术轨道、市场侵入路径、技术的影响(效果)和全过程单

个视角或者几种视角的组合。综观前人的研究可以发现,颠覆性技术在来源上,可以是基于科学技术原始创新产生的全新技术,可以源自现有的系统和技术体系中技术的组合、融合和打包,也可以是对现有技术的跨学科、跨领域应用;在市场侵入路径上(市场切入点上),颠覆性技术可以从低端市场、新市场切入,也可以从高端市场切入。因此,可以考虑基于“颠覆性技术来源+初始目标市场”的视角对颠覆性技术创新演化模式进行分析。

本文基于颠覆性技术产生的来源,将基于重大原理、方法、技术的突破产生的颠覆性技术定义为创新突破型,将基于原有系统的技术组合、融合产生的集成创新定义为集成重组型,将已有技术的跨学科、跨领域的应用定义为跨界应用型。根据3类颠覆性技术与初始目标市场的不同组合,形成不同的颠覆性技术创新演化模式(表2)。

表2 基于“技术来源+初始目标市场”的颠覆性技术创新演化模式

演化模式	创新类型	技术来源	初始目标市场	案例
创新突破—高端市场	创新突破型	重大原理、方法、技术的突破,从0到1的原始创新突破	高端市场	智能手机对传统手机
集成重组—高端市场	集成重组型	已有技术或多项技术的综合交叉、集成融合创新	高端市场	人工智能、脑机接口
跨界应用—低端市场	跨界应用型	现有成熟技术在新领域的跨界应用创新	低端市场	第三方支付对传统支付
跨界应用—高端市场	跨界应用型	现有成熟技术在新领域的跨界应用创新	高端市场	固态硬盘对机械硬盘、数码相机对胶片相机、互联网+

2.1 创新突破—高端市场演化模式

创新突破型的技术来源于原始性创新,包括新发现、新原理、新方法、新规律、新技术。原始性创新是“从0到1”的突破,是最根本的创新,最能体现智慧的创新。创新突破—高端市场演化模式表现为通过重大科学和技术突破产生的颠覆性技术,显著提升产品的性能,首先满足高端客户的需求,逐渐吸引主流客户对产品性能的重视,从而实现对传统的主流技术、工艺流程的根本替代。创新突破型颠覆性技术由于大都来自于源头创新,具有前沿引领性,引领着未来技术和产业的发展方向,其研发投入成本高、研发周期长、初始定价相对较高,具有

高性能和高价格的特点,因此初始目标市场往往定位为高端、小众市场。例如,苹果手机对诺基亚手机的颠覆属于比较典型的创新突破—高端市场型颠覆。为推动智能手机的创造性破坏,强大的多点触控技术提供了全新的人机交互体验在智能手机的发展过程中起着至关重要的作用。在触摸屏技术发展的早期,移动设备被严格限制在单点触控功能上。苹果手机基于多点触控的用户界面使苹果公司能够对以键盘为中心的设计需求造成颠覆。多点触控技术的发展始于1982年, Lee等^[44]开发了第一款基于感应手指压力的多点触控系统。1998年,特拉华大学的Wayne等^[45]发明了多点触控技术

并申请专利。2007年,苹果公司首次将多点触控应用在手持设备上^[46]。多点触控核心技术从开发到充分发挥潜力经历了25年。在目标市场的选择上,2007年苹果手机最初的营销集中在美国本土市场,本土市场苹果品牌 iPod 和 iTunes 的渗透率最强,国内智能手机市场竞争最弱^[47]。从智能手机的早期采用者来看,苹果手机在21世纪之初仍然是相对小众的产品,该产品面向的是高端用户,而不是主流客户,经历了价格下调以后,市场份额才明显上升。

2.2 集成重组—高端市场演化模式

现代科技发展过程中各种学科知识和技术互动融合、交叉渗透,不断开拓出新的研究领域,孕育出颠覆性技术新的生长点。集成重组—高端市场演化模式表现为通过已有技术的集成和综合交叉,或者新技术与现有多种技术的融合,导致技术应用功能取得重大突破和技术性能的显著提升,通过挖掘潜在市场需求,创造杀手级应用场景,进而实现在不同领域颠覆主流技术的过程。集成重组型颠覆性技术一般在学科交叉和技术融合性方面表现突出,其技术突破需要多个学科或技术领域协同,研发成本高,一般从高端市场切入。例如,脑机接口是大脑与外部设备之间的直接通信技术,它既可以从大脑中收集信息,也可以将信息输入大脑,使其能够与环境交互。该技术能够在人(或其他动物)脑与外部环境之间建立沟通以达到控制设备的目的,进而起到监测、替代、改善/恢复、增强和补充的作用^[48]。脑机接口技术作为新兴科技前沿领域,涉及神经科学、认知科学、心理学、影像医学、生物医学工程、材料科学、电子工程、信号处理与模式识别、人工智能等多个学科,是一个跨学科交叉融合的技术^[49]。脑机接口的研究可以追溯至20世纪70年代,1973年加州大学Vidal^[50]首次提出“脑机接口”的概念,经过近50年的研究,脑机接口技术的发展经历了科学幻想、科学论证和技术爆发3个阶段。目前该技术仍处于萌芽期,预计达到技术成熟期还需要5~10年。尽管如此,这项技术正在慢慢进入大众市场,医疗健康领域是目前脑机接口最大的市场应用领域。如全球领先的脑机接口技术解

决方案供应商BrainCo公司,致力于开发非侵入式脑机接口技术,研发了多款颠覆性产品,包含Brain Robotics智能仿生手、Focus专注力提升设备(BrainCo头环)和FocusZen正念舒压系统。其中,BrainCo公司自主研发的一款融合脑机接口技术与人工智能算法的高科技产品——智能仿生手BrainRobotics,入选《时代周刊》2019年全球100大最佳发明。智能仿生手具备10个活动关节和6个驱动自由度,可根据大脑的意图实现每根手指的独立运动和手指间的协同操作,与传统义肢相比在灵活性和舒适性方面有质的提升。由于智能仿生手研发技术高端,具有精密的结构,而且许多部件需要定制,所以价格相对比较昂贵,产品定价在3000~5000美元之间。

2.3 跨界应用—低端市场/高端市场演化模式

颠覆性创新具有相对性,可以来自于行业内部,也可以来源于外部行业^[23]。跨界应用—低端市场/高端市场演化模式是指某一行业的企业通过采用不同于行业主流技术的新技术,当新技术提供的产品性能足以满足消费者需求,便开始入侵该行业,改变行业竞争规则,进而改变竞争格局,导致在位企业失去市场优势地位的过程。跨界应用型颠覆性技术一般来源于传统行业外部,是其他行业已经发展成熟的技术。跨界颠覆大多是由大企业开展的,具有创新力的大企业会利用自身技术的领先优势向其他行业进军,拓展自己的业务范围,表现为行业间的跨界颠覆。跨界应用型颠覆性技术与主流技术在专利权人和技术属性上都存在巨大差异。由于原行业的技术的突破性程度存在差异,因此跨界应用型颠覆性技术的初始目标市场可以是低端市场也可以是高端市场。例如,移动支付技术遵循跨界应用—低端市场侵入的技术创新演化模式。移动支付技术始于20世纪90年代初,是指使用包括手持设备、个人数字助理、射频设备和NFC设备在内的移动设备进行支付^[51]。随着互联网技术的发展以及移动设备使用的增加,移动支付是将通信网络技术应用到移动终端中并实现移动终端支付的创新型应用^[52]。与传统支付方式相比,移动支付可以实现远程支付、现场支付、更加方便快捷。

其移动支付门槛低、拥有广泛的市场应用空间,从根本上改变了传统支付模式和消费方式。从移动支付领域的重要市场主体来看,主要是电信公司或是银行,排名靠前的专利权人有韩国的LG集团、LG电信公司、SK电讯、三星电子、新韩银行、韩国通信等,日本的NEC公司,中国的中兴通讯,德国的西门子,以及美国银行^[53]。通过移动支付对传统支付的颠覆案例可以看出,移动支付的技术源自于互联网技术领域,市场主体大都是电信公司,移动支付对传统支付的变革本质上是互联网领域对于金融领域的颠覆。

固态硬盘对机械硬盘的颠覆是典型的跨界应用—高端市场侵入的案例。固态硬盘技术又称为闪存,于1967年兴起,是从半导体行业发展出来的技术,区别于传统硬盘行业的磁盘存储技术。固态硬盘是用固态电子存储芯片阵列制成的硬盘,由控制单元和存储单元构成。相较于机械硬盘,它不用磁头、机械马达、风扇、机械磁盘等一系列的部件,配备NAND Flash芯片作为存储介质,具有低功耗、体积小、抗震强、稳定性高、耐低温等优点。同时,固态硬盘具有高性能和高价格的特点,在2020—2021年价格保持在28.5~58.0美元之间。固态硬盘行业的市场主体基本都是半导体行业的大企业,如三星、intel、金士顿,固态硬盘对机械硬盘的替代实质上是半导体行业对硬盘行业的颠覆^[23]。

3 结论

颠覆性技术往往具有革命性,同时具有创新周期长、高风险性、偶然性、不确定性等特点,从技术发明到产品设计到市场转化再到应用效果的体现,每个环节都有潜在风险,大多数都不能成功跨越由技术到市场、由市场到产业之间的“死亡之谷”^[54]。学术界基于技术、市场、体制机制和创新生态系统多个角度对颠覆性技术的演化模式进行研究并取得了大量的成果,为企业/国家层面的创新模式选择提供了良好的知识基础,同时也为该领域的后续研究奠定了基础。但现有研究方法仍以理论探讨与案例分析为主,缺乏颠覆性技术演化路径的定量

分析和精确展示。

总之,由于颠覆性技术类型的多样性,导致颠覆性技术的演化从基础研究到应用研究再到商业化过程并不遵循一种固定的路径,基于不同的考察逻辑,可以总结出不同的颠覆性技术创新模式。但是,颠覆性技术创新仍然会遵循一定的规律,只要不断完善问题研究思维和逻辑,是能够逐步理清颠覆性技术创新的典型模式的。未来应该对整个创新链中颠覆性技术的演化特征进行全面的,挖掘不同创新环节的信息,建立多元化的颠覆性技术测度体系,有可能可以更好地把握颠覆性技术的演化路径。

参考文献 (References)

- [1] Bower J L, Christensen C M. Disruptive technologies: Catching the wave[J]. Harvard Business Review, 1995, 73(1): 43-53.
- [2] Christensen C M. The innovators dilemma: When new technologies cause great firms to fail[M]. Boston: Harvard Business School Press, 1997.
- [3] Foster R N. Working the S-Curve: Assessing technological threats[J]. Research Management, 1986, 29(4): 17-20.
- [4] 王山, 谭宗颖. 技术生命周期判断方法研究综述[J]. 现代情报, 2020, 40(11): 144-153.
- [5] 付玉秀, 张洪石. 突破性创新: 概念界定与比较[J]. 数量经济技术经济研究, 2004, 21(3): 73-83.
- [6] 成雨. 颠覆性技术的识别、扩散与研发时机研究[D]. 北京: 北京工业大学, 2017.
- [7] Coccia M. Asymmetry of the technological cycle of disruptive innovations[J]. Technology Analysis & Strategic Management, 2020, 32(12): 1462-1477.
- [8] Christensen C M, Raynor M E. The innovator's solution: Creating and sustaining successful[M]. Boston: Harvard Business Review Press, 2003.
- [9] Gilbert C. The disruption opportunity[J]. Mit Sloan Management Review, 2003, 44(4): 27-32.
- [10] Schmidt G M, Druehl C T. When is a disruptive innovation disruptive? [J]. Journal of Product Innovation Management, 2008, 25(4): 347-369.
- [11] 张枢盛, 陈继祥. 颠覆性创新演进、机理及路径选择研究[J]. 商业经济与管理, 2013(5): 39-48.
- [12] 李平, 臧树伟. 基于破坏性创新的后发企业竞争优势

- 构建路径分析[J]. 科学学研究, 2015, 33(2): 295-303.
- [13] 张庆普, 周洋, 王晨筱, 等. 跨界整合式颠覆性创新内在机理与机会识别研究[J]. 研究与发展管理, 2018, 30(6): 93-105.
- [14] 尚甜甜, 缪小明, 鲁迪, 等. 颠覆性技术与商业模式共演过程研究[J]. 科技进步与对策, 2020, 37(4): 11-18.
- [15] Danneels E. Disruptive technology reconsidered: A critique and research agenda[J]. *Journal of Product Innovation Management*, 2004, 21(4): 246-258.
- [16] Govindarajan V, Kopalle P K. The usefulness of measuring disruptiveness of innovations ex post in making EX ANTE predictions[J]. *Journal of Product Innovation Management*, 2006, 23(1): 12-18.
- [17] 孙启贵, 邓欣, 徐飞. 破坏性创新的概念界定与模型构建[J]. 科技管理研究, 2006(8): 175-178.
- [18] Sandstrom C. High-end disruptive technologies with an inferior performance[J]. *International Journal of Technology Management*, 2011, 56(2/3/4): 109-122.
- [19] Sood A, Tellis G J. Demystifying disruption: A new model for understanding and predicting disruptive technologies[J]. *Marketing Science*, 2011, 30(2): 339-354.
- [20] Yu D, Hang C C. A reflective review of disruptive innovation theory[J]. *International Journal of Management Review*, 2010, 12(4): 435-452.
- [21] Parry M E, Kamakami T. The encroachment speed of potentially disruptive innovations with indirect network externalities: The case of e-readers[J]. *Journal of Product Innovation Management*, 2017, 34(2): 141-158.
- [22] 周洋, 张庆普. 高端颠覆性创新的技术演进轨迹和市场扩散路径[J]. 研究与发展管理, 2017, 29(6): 99-108.
- [23] 明星, 胡立君, 王亦民. 跨界高端颠覆性创新模式研究: 理论与案例验证[J]. 科技进步与对策, 2020, 37(15): 11-17.
- [24] 鲍萌萌, 武建龙. 新兴产业颠覆性创新过程研究——基于创新生态系统视角[J]. 科技与管理, 2019, 21(1): 8-13.
- [25] 刘文勇. 颠覆式创新的内涵特征与实现路径解析[J]. 商业研究, 2019(2): 18-24.
- [26] 薛捷. 技术-市场二元性组合对破坏性创新的影响——以科技型小微企业为研究对象[J]. 科研管理, 2019, 40(3): 10-20.
- [27] 刘亚东. 刍议新型举国体制[J]. 民主与科学, 2021(3): 38-41.
- [28] 李哲, 苏楠. 社会主义市场经济条件下科技创新的新型举国体制研究[J]. 中国科技论坛, 2014(2): 5-10.
- [29] 党的十九届四中全会《决定》[EB/OL]. [2022-03-24]. <https://china.huanqiu.com/article/9CaKrnKnC4J>.
- [30] 新型举国体制新在哪里[EB/OL]. [2022-03-24]. http://www.banyuetan.org/szjj/detail/20210126/1000200033135991611625366193950888_1.html.
- [31] 刘云, 桂秉修, 马志云, 等. 国家重大工程背景下的颠覆性创新模式探究[J]. 科学学研究, 2019, 37(10): 1864-1873.
- [32] 廉思秋, 高山行, 舒成利, 等. 新型举国体制下构建触发中国高新技术突破的“扇形”模式研究[J]. 中国科技论坛, 2021(11): 149-157.
- [33] 罗军, 侯小星, 陈之瑶. 央地联动发挥新型举国体制优势开展关键核心技术攻关研究[J]. 科技管理研究, 2021, 41(23): 48-55.
- [34] 路风, 何鹏宇. 举国体制与重大突破——以特殊机构执行和完成重大任务的历史经验及启示[J]. 管理世界, 2021, 37(7): 1-18+1.
- [35] SpaceX发展与政府支持专题(一): SpaceX是怎样长大的[EB/OL]. [2022-03-24]. <http://www.csaspace.org.cn/n2489287/n2505495/c2874633/content.html>.
- [36] 美国“举国体制”下的spaceX与中国航天的创新之路[EB/OL]. [2021-07-09]. https://mp.weixin.qq.com/s/I9Xsv_gAW9xFU-b7zao7Kw.
- [37] 威廉·J·克林顿, 小阿伯特·戈尔. 科学与国家利益[M]. 曾国屏, 王蒲生, 译. 北京: 科学技术文献出版社, 1999.
- [38] 王俊娜, 李纪珍, 褚文博. 颠覆性创新的价值系统分析——以广东省LED照明行业为例[J]. 科学学研究, 2012, 30(4): 614-621.
- [39] Schuelke-Leech B A. A model for understanding the orders of magnitude of disruptive technologies[J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2018, 129: 261-274.
- [40] Nthubu B, Richards D, Cruickshank L. Disruptive innovation ecosystems: Reconceptualising innovation ecosystems[C]//Academy for Design Innovation Management Conference. London, UK: the Academy for Design Innovation Management, 2019: 629-644.
- [41] 李楨, 欧光军, 刘舒林. 高技术企业颠覆性技术创新能力影响因素识别与提升探究——基于创新生态系统视角[J]. 技术与创新管理, 2021, 42(1): 20-28.
- [42] 王海军, 金姝彤, 束超慧, 等. 为什么硅谷能够持续产生颠覆性创新?——基于企业创新生态系统视角的分析[J]. 科学学研究, 2021, 39(12): 2267-2280.
- [43] 束超慧, 王海军, 金姝彤, 等. 人工智能赋能企业颠覆

- 性创新的路径分析[J/OL]. [2022-04-07]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?dbcode=CAPJ&dbname=CAPJLAST&filename=KXYJ2022022100A&uniplatform=NZKPT&v=nZCJDqLeeM9TWOOmZzti00ruDoqmjC9Sp8qpHuRyJC3hCtBlqCPKlvSxR-CXIjF6>.
- [44] Lee S K, Buxton W, Smith K C. A multi-touch three dimensional touch-sensitive tablet[J]. *Acm Sigchi Bulletin*, 1985, 16 (4): 21-25.
- [45] Wayne W, John G E. Method and apparatus for integrating manual input[P]. 美国专利: 6323846, 1999-08-09.
- [46] 张锋, 陈硕. 多点触控交互方式的回顾与展望[J]. *人类工效学*, 2010, 16(4): 76-78.
- [47] West J, Mace M. Browsing as the killer app: Explaining the rapid success of Apple's iPhone[J]. *Telecommunications Policy*, 2010, 34(5): 270-286.
- [48] 脑机接口技术在医疗健康领域应用白皮书[EB/OL]. [2022-03-24]. <http://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/ztbg/202107/P020210715603240201817.pdf>.
- [49] 李静雯, 王秀梅. 脑机接口技术在医疗领域的应用[J]. *信息通信技术与政策*, 2021(2): 87-91.
- [50] Vidal J J. Towards direct brain-computer communication [J]. *Annual Review of Biophysics and Bioengineering*, 1973, 2: 157-180.
- [51] Dewan S G, Chen L D. Mobile payment adoption in the US: A Cross-industry, crossplatform solution[J]. *Journal of Information Privacy & Security*, 2005, 1(2): 4-28.
- [52] 吕晓华, 牟茜茜. 移动支付方法及专利技术综述[J]. *中国科技信息*, 2018(17): 30-31+13.
- [53] 张云, 袁顺波, 苏保朵. 国际移动支付领域专利技术态势研究[J]. *情报杂志*, 2014, 33(7): 70-75.
- [54] 刘庆全, 蔡小锦, 宁钟. 颠覆性技术研究述评与展望——基于战略生态位管理视角[J]. *管理现代化*, 2021, 41(3): 107-114.

Research on the evolution model of disruptive technological innovation from the perspective of technology source and initial target market

LIU Liu^{1,2}, WU Xinnian^{1,2*}

1. Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China

2. Department of Library, Information and Archives Management, School of Economics and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract The process of disruptive technological innovation is accompanied by the evolution of technology and the expansion of market. At present, the academic discussion on the evolution mode of disruptive technological innovation is mainly based on the perspectives of technology, market, institutional mechanism and innovation ecosystem, and lacks in-depth analysis on the source of technology. Due to the diversity of the sources of disruptive technology and the differences of the initial target markets, disruptive technologies do not follow the unified evolutionary path. Based on the source of technological innovation, disruptive technologies can be divided into three types: innovative breakthrough type, integrated reorganization type, and cross-border application type. Through different combinations of the three types of disruptive technologies and the initial target markets, a variety of disruptive technologies evolution models are summarized, providing a new theoretical perspective for the classification and identification of disruptive technologies, as well as the cultivation and development of disruptive technologies.

Keywords disruptive technology; disruptive innovation; evolution model; technical innovation ●



(责任编辑 卫夏雯)