

【综合研究】

颠覆性技术创新： 理论源起、整合框架与发展前瞻

曲冠楠 陈凯华 陈 劲

【摘 要】新时代,以颠覆性技术为核心的大国竞争与企业创新战略引发重要关注,系统性探究“颠覆性技术创新”(Disruptive Technovation, DT)的理论基础、核心概念内涵与整合框架对于助力“高水平科技自立自强”等国家战略的实现具有相当的重要性与紧迫性。然而,现有关于颠覆性技术创新的研究存在概念模糊、边界不清、框架缺乏整合性等亟待解决的问题。研究首先以技术导向下的创新理论范式演化为视角,系统回顾颠覆性技术创新的理论源起与边界,构建分析颠覆性技术创新的理论基础;进而,基于文献归纳与理论推演,研究提出涵盖技术新颖性(Technological Novelty)、技术优越性(Technological Superiority)与技术外部性(Technological Externality)的颠覆性技术概念内涵体系,并以为之核心梳理涉及颠覆性技术获得(涌现与搜索)、识别、采纳与扩散的颠覆性技术创新研究议题整合框架;最后,研究分析当前形势下我国颠覆性技术创新的机遇、约束与挑战,展望在复杂国际环境与新发展格局下颠覆性技术创新实践与研究发展的未来大趋势。

【关键词】颠覆性技术创新;颠覆性技术;整合框架;创新范式

【作者简介】曲冠楠(1986-),男,辽宁沈阳人,中国科学院大学公共政策与管理学院助理研究员,博士(北京 100049),清华大学技术创新研究中心(北京 100084),研究方向:创新管理;陈凯华(通讯作者)(1980-),男,山东鄒城人,中国科学院大学公共政策与管理学院特聘教授,博士,研究方向:创新发展政策(北京 100049);陈劲(1968-),男,浙江余姚人,清华大学经济管理学院教授,博士,研究方向:创新管理(北京 100084)。

【原文出处】《科研管理》(京),2023.9.1~9

【基金项目】中国博士后科学基金第71批面上资助项目:“意义导向的创新:概念框架、过程机制与组态效应”(2022M713098,2022-2024)。

0 引言

进入新时代,世界经济结构发生了广泛而深刻的变革,颠覆性技术创新已成为创新发展的“重要引擎”,发展颠覆性技术是掌握竞争和发展主动权的关键^①。党的十九大报告提出应“突出颠覆性技术创新,……为建设科技强国提供有力支撑”。经过四十余年的改革开放,中国取得了经济与社会的长足进步。与之相伴,技术创新管理实践也经历了从模仿与跟随到自主与整合,再到颠覆与引领的范式迭代。面对高度复杂化与不确定的国际与国内环境,探索颠覆性技术创新的整合框架,洞悉颠覆性技术创

新的性质与规律,系统化阐释我国颠覆性技术创新的实践探索、理论贡献与时代约束,是回首来路、把握当下、放眼未来的重要一环,更是助力我国以发展颠覆性技术为依托实现系统性超越的重要理论探索。

长期以来,关于颠覆性技术创新的研究面临三大挑战:其一,是理论边界不清晰,核心概念存在模糊性。现有研究关于颠覆性技术(disruptive technology)^[1]、颠覆性创新(disruptive innovation)^[2-3]、激进性创新(radical innovation)^[4-5]、突破性创新(breakthrough innovation)^[6-7]、离群创新(outlier innovation)^[8]、非连续性创新(discontinuous innovation)^[9-10]等范式的研究存在相

当程度的边界重叠,致使后续研究无法对理论内涵、概念定义与边界进行清晰界定,相近概念混用或滥用的情况时有发生;其二,是缺乏整合性的分析框架。现有颠覆性技术创新的研究框架尚不完善,有关其维度、性质与规律的讨论缺乏系统性与整合性,致使有关如何界定、实现与管理颠覆性技术的讨论难以达成一致意见,对于颠覆性技术创新应该研究哪些核心问题亦未形成共识。其三,对理论与实践未来发展缺乏较清晰的认识。现有研究关于颠覆性技术影响的讨论主要集中在企业层面,缺乏对于国际竞争、国家发展与社会进步大趋势的整体把握,导致研究者对于颠覆性技术创新理论与方法的未来发展缺乏系统构建,进而使得研究对于颠覆性技术的产生与影响的探索产生“泛化”的不利趋势。

为回应上述需求与挑战,研究基于创新理论演化视角,以技术的颠覆性为切入点,回溯颠覆性技术创新的理论源起、发展脉络与迭代演化,构建涵盖颠覆性技术创新的关键特征与核心规律的整合框架,

为企业创新战略的制定与宏观经济政策调整提供理论依据与分析工具,为颠覆性技术创新理论范式的未来发展提供方向性指引。

1 理论源起:技术视角下的创新范式演化综述

创新是生产要素的重新组合(recombination)^[11],技术创新是对现有(以及全新)科技元素的创造性重构^[12]。颠覆性技术是指通过难以预测的方式替代现有主导性技术的革命性技术^[1],其可以助力后来者赶超领先者^[2],并以非均衡方式实现技术“域”与经济结构的“颠覆性改变(disruptive change)”^[13],进而重塑企业竞争优势与产业格局^[14],甚至再造一个产业。颠覆性技术创新(disruptive technovation)则专注于讨论颠覆性技术的涌现规律与重要性质。因此,对颠覆性技术创新的研究,本质上是讨论技术变革(technology change)在组织及产业场域中“涌现”(emerging)的性质与规律^[14-15]。

为进一步明确颠覆性技术创新的理论内涵与边界,需回溯其理论源起并与典型相关范式进行对比(见表1)。颠覆性技术创新的研究最早可以追溯至

表1 颠覆性技术创新的理论源流

理论范式	核心定义及观点	前因性要素	研究视角	代表性来源
激进性创新 (Radical Innovation)	激进性创新是与现有实践相异的高风险技术的采纳与运用过程;渐进性创新是对现有技术实践的延续与改进	企业战略(独有/惯常)组织结构安排	从风险角度	Ettlie 等,1984
与渐进性创新 (Incremental Innovation)	激进性创新是对“包含很高比例新知识的技术”的采纳与运用;渐进性创新是对包含新知识比例较低的技术的采纳与运用	广泛性知识深度	从知识角度	Dewar & Dutton,1986
架构创新 (Architectural Innovation)	架构创新是指不改变构成组件而改变其构成方式的产品或技术创新过程;模块创新则仅改变模块性能而不改变组件间的构成方式	组织结构与信息处理过程	从知识与组织学习角度	Henderson & Clark,1990
与模块创新 (Modular Innovation)				
能力破坏型 (Competency-destroying)	技术发展变革是塑造与重塑企业竞争环境的关键性因素,“主流设计”的形成与消亡是能力破坏型技术变革的产物,在位领先企业依靠能力加强	竞争环境的变革	从组织与环境关系角度	Tushman & Anderson,1986
与能力加强型 (Competency-enhancing)	型技术变革来保持竞争优势,新进入者通过能力破坏型技术变革来替代在位者的竞争优势			Anderson & Tushman,1990
创新				
颠覆性技术 (Disruptive Technology)	颠覆性技术是指优于当前主导技术,并与其存在原理性根本差别的全新技术;维持性技术是指与	企业能力	从技术角度	Bower & Christensen,1995
与维持性技术 (Sustaining Technology)	主导性技术无原理性根本差别的改进性技术			
颠覆性创新 (Disruptive Innovation)	颠覆性创新是指新入企业以技术为依托,通过低端市场战略或开拓新市场的模式,完成对在位企业的部分(或完全)替代的竞争性博弈过程	技术、商业模式	从商业模式与企业竞争角度	Christensen,1997 Christensen & Raynor,2003
突破性创新 (Breakthrough Innovation)	突破性创新是指那些实现与本领域其他创新在来源(source)与组合方式(recombination)上存在根本差异并影响领域技术轨迹发展的创新	技术搜索、组织革新	从技术新颖性与影响力角度	Srivastava & Gnyawali,2011; Byun et al,2021

Schumpeter^[11]所提出的创造性破坏(creative destruction)的原始概念。后续者基于此开展了一系列相关研究并提出相应的理论范式,其中颇具影响力的包括:激进性创新(radical innovation)与渐进性创新(incremental innovation)^[4-5];能力破坏型(competency-destroying)创新与能力加强型(competency-enhancing)创新^[15-16];模块创新(modular innovation)与架构创新(architectural innovation)^[14];颠覆性创新(disruptive innovation)与维持性创新(sustaining innovation)^[2-3];突破性创新(breakthrough innovation)^[6-7]。

(1)激进性创新(Radical Innovation)。Ettlie等^[5]在已有研究基础上,通过系统性模型化了激进性创新(radical innovation)与渐进式创新(incremental innovation)的范式分类并检验了其先决变量。突破性技术被认为是指那些对于采纳组织是全新的技术,这些技术是与现有实践相背离且高风险的。在“战略—结构”框架下,独有性战略(unique strategy)与全新的结构化安排是创新主体进行激进性创新的关键,而市场导向性战略(marketing oriented strategy)与惯常性组织结构是渐进性创新的前因性变量。Dewar与Dutton^[4]从知识视角将突破性技术定义为包含高比例新知识的技术过程与产出,并通过实证方式验证了广泛知识深度(extensive knowledge depth)^②是企业进行激进性创新与渐进性创新的关键。Henderson与Clark^[14]基于传统激进性创新(与渐进性创新)分类的

不完备性,提出了架构创新(architectural innovation)与模块创新(modular innovation)的全新分类维度,认为应当区分构成产品的组件(components)与组件集成为系统(system)^③的方式——架构(architectural)。在不改变组件的情况下,依靠产品架构的更迭同样可以起到重塑企业竞争环境乃至产业格局的作用。本质上讲,产品架构是企业知识的一种映射,这种企业知识是内嵌于组织结构与信息处理流程(information-processing procedure)之中的,因此具有一定的结构刚性与惯性,这使得企业很难意识到并自主纠正现有架构,从而极易受到竞争者架构创新的冲击。因此,可依据是否产生全新的组件与架构,将创新范式分为四类(见图1):架构创新(有结构创新但无组件创新)、模块创新(有组件创新但无结构创新)、激进性创新(有结构创新且有组件创新)、渐进性创新(无结构创新且无组件创新)。激进性创新(与渐进性创新)与四种创新范式分类的提出为在竞争环境下讨论技术变革与企业战略的关系提供了有效的分析框架。

(2)能力破坏型创新(Competency-destroying Innovation)。Tushman与Anderson^[15]从组织与环境的关系角度^[17]讨论组织的技术变革,基于组织适应(organizational adaptation)视角,通过对小型计算机、水泥与航空产业的纵向研究,发现技术变革(technological change)是塑造企业竞争环境的关键因素,并借由选择机制^[18]塑造适应性的组织模式^[19]。技术变革的路径用



图1 激进/渐进/架构/模块创新的边界

来源:Henderson与Clark,1990。

不连续性(discontinuities)^④来描述,根据其作用效果可分为能力破坏型(competency-destroying)与能力加强型(competency-enhancing)两种,前者通过改变主流设计(dominant design)^[16]的方式破坏在位企业的竞争优势,而后者通过对主流设计的改进来增强在位企业的竞争优势。进一步的,Anderson与Tushman^[16]基于创新的周期性特征提出技术变革的进化模型(evolutionary model),认为主流设计的产生与迭代是能力破坏型技术变革的产物。关于能力破坏型(与能力加强型)技术变革的讨论将技术变革、竞争环境与组织的能力相连接,可以被看作是激进性创新(与渐进性创新)在组织能力视角上的一次重要拓展。

(3)突破性创新(Breakthrough Innovation)^[6-7]范式主要从技术角度阐释创新的突破性以及对某领域技术演化轨迹的影响。对突破性创新的认识主要有两个角度:一是从技术新颖性角度看,突破性技术与激进性(radical)及颠覆性(disruptive)技术相似,强调创新产出在来源(source)与/或组合方式(recombination)上与现有主导技术的根本性差异^[20]。因此,学界在技术新颖性角度普遍对上述三种技术不做区分。二是从创新影响力角度看,突破性创新强调新技术对本领域技术轨迹(technological trajectory)演化的影响^[21],这种影响多是基于创新产出本身的技术优越性或成本优越性。因此,这种技术影响力往往可以投射到市场场域中,形成所谓的市场导向的(market-based)突破性创新^[22]。

(4)颠覆性创新(Disruptive Innovation)。颠覆性技术(disruptive technology)的概念由Bower和Christensen于1995年首次提出,用来描述那些优于当前主导技术,并与之存在原理性根本差别的全新技术,同时被提出的对应性概念是维持性技术(sustaining technology)。在此基础上,Christensen^[2]提出颠覆性创新(disruptive innovation)的理论范式,认为其是新入企业以“技术”^⑤为依托,通过低端市场战略或开拓新市场的模式,完成对在位企业的部分(或完全)替代的竞争性博弈过程。Christensen与Raynor^[3]明确区分了“颠覆性”(disruptive)与“突破性”(breakthrough),回应了学界将颠覆性创新与突破性创新混同^[23]的误解。尽管

如此,颠覆性创新仍然面临诸多挑战,例如同义反复(tautological)的问题^[24],缺乏对颠覆性技术的判断标准^[25]与预测方法^[26],无法构建有效的实证方法^[27]等。也有批判观点认为,颠覆性创新过分强调商业模式与进入战略而忽略了“技术”的重要作用,致使研究走向愈发“泛化”的发展方向。

与本文研究议题相联系,党的十九大报告提出以“颠覆性技术创新”助力科技强国建设,其关注点集中于技术的新颖性与优越性以及对于技术演化、社会发展、国家战略乃至国际竞争的影响。颠覆性技术创新作为新发展格局下实现“高水平科技自立自强”的重要抓手,与传统的突破性创新、激进性创新以及市场导向下的颠覆性创新之间既存在着联系又有所区别。具体在于:其一,强调技术“新颖性”的要求。作为颠覆性技术创新的核心,创新产出的新颖性是前提。与激进/突破性技术类似,颠覆性技术创新强调由新的技术“组件”或采用新的“组合方式”来实现新技术,从而与现有的主导性技术存在根本性的差别。因此,从新颖性角度来看,技术的颠覆性(disruptiveness)、激进性(radicalness)、突破性(breakthrough)与非连续性(discontinuity)具有共享内涵。其二,强调更综合的技术“优越性”与创新“外部性”。与激进性创新、突破性创新等范式相比,颠覆性技术创新更强调多维度的创新影响力,其不仅包含技术本身的质量或关注度,更涉及创新对领域技术轨迹的影响,对产业变革的推动,以及对于社会转型、国家发展、环境保护等“正外部性”效应的积极作用。这使得其创新绩效突破传统的市场场域,进而向社会场域中的利益相关者乃至非利益相关主体扩散。其三,更关注颠覆性“技术”的相关特征与规律。在Christensen^[2]提出的关注市场战略的颠覆性创新(DI)范式基础上,颠覆性技术创新更关注兼具新颖性与变革影响力的技术的获得(acquisition)、识别(identification)、应用(adoption)与扩散(diffusion)。这使得其更加专注于回应国际竞争新格局下的技术发展变革,产业转型升级变革,国家创新发展变革乃至国际竞争格局变革等议题,从而回归Schumpeter关于创新发展经济学中“创造性破坏”(creative destruction)^[11]的概念主旨。

2 整合框架:内涵维度与研究体系

基于研究基础,颠覆性技术创新框架可以被概念化为:

以颠覆性技术为核心,涵盖技术的获得、识别、采纳与扩散的研究体系,主要关注创新主体如何提升颠覆性技术的搜索效率、识别成功率、应用(采纳)效果以及扩散效能,以获得更好的创新表现与可持续竞争优势。

构建颠覆性技术创新的整合性框架,所涉及的核心议题有二:一是概念内涵维度。作为区别市场导向的颠覆性创新的核心特征,颠覆性技术的内涵维度是首先需要明确的研究议题,研究从三个主要维度刻画颠覆性技术的综合内涵,并讨论不同维度内涵的具体特征;二是研究议题体系。结合现有研究发现,对颠覆性技术创新的过程框架与主要研究议题进行梳理与讨论,主要包括颠覆性技术的涌现(emergence)、搜索(search)、识别(identify)、采纳(adoption)与扩散(diffusion)。

2.1 颠覆性技术的内涵维度

颠覆性技术的内涵包含三个主要维度:技术新颖性(technological novelty)、技术优越性(technological superiority)与技术外部性(technological externality)。三个方面的特征共同构成了颠覆性技术的内涵与边界,形成了三维的颠覆性技术内涵模型(见图2)。

(1)技术新颖性(Technological Novelty)。技术“新颖性”是颠覆性技术的前提性指标^[28-29],也就是“必要条件”,其既是颠覆性技术区别于“主导性技术”的关键,也是其与激进性技术、突破性技术、非连续性技术以及离群技术(outlier technology)等的共享内涵。新颖性强调技术的差异性,这种差异性既可以体现在技术的原理上^[1],也可以体现在构成要素上,更可以体现在要素的组合方式上^[4]。与之相对应的,研究者在对颠覆性技术的新颖性进行测度的时候,多采用新技术与主导技术之间的某种“距离”来实现^[8]。具体例如:清洁能源之于化石能源技术、数码相机之于胶片相机技术等,尽管新旧技术在实现特定目标方面具有相似性,但二者所依赖的技术路线却大相径庭。因此可以说,尽管新颖性并不必然带来颠覆性,但缺少新颖性的技术是难以成为颠覆性技术的。

(2)技术优越性(Technological Superiority)。技术“优越性”的概念来自熊彼特对于颠覆性创新特征的讨论^[30],其构成了颠覆性技术的另一个必要性条件。仅仅与主导性技术有差异的新技术并不必然有能力取代现有技术,技术迭代的根本动力仍是基于优越性^[31]。具体而言,技术优越性有两种:一种是功能优越性(functional superiority),即新技术在功能上显著优于现有主导性技术。功能优越性可以助力新技术采纳者提供比在位企业更优的产品或服务,从

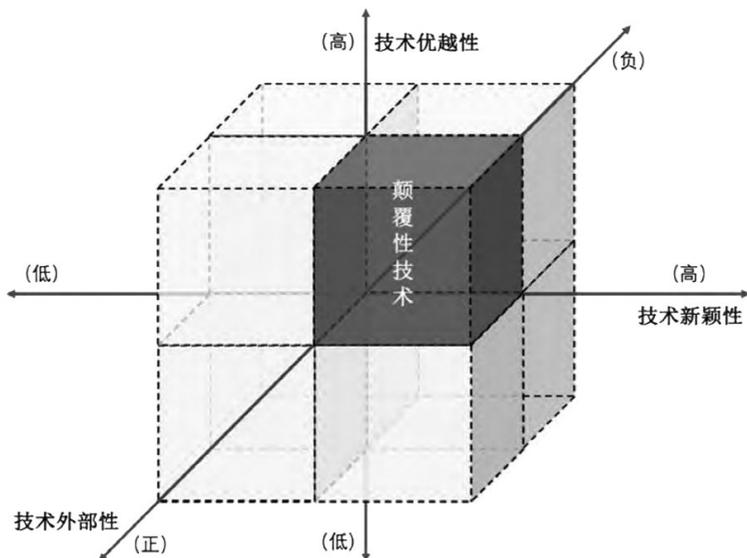


图2 颠覆性技术的内涵维度

而颠覆在位者或开辟新的市场^[1]。功能优越性的典型代表如：喷气式发动机之于螺旋桨发动机、数字信号之于模拟信号等。另一种是成本优越性(cost superiority)，即新技术在实现与主流技术相同或类似功能时，其综合成本明显低于现有技术。成本优越性可以使新技术更容易被企业采纳，也更利于企业制定低端市场战略，从而帮助其依托成本优势在竞争中颠覆行业在位者^[2]。具体的例子如可循环航天器技术、人工合成胰岛素技术。综上可知，颠覆性技术的“优越性”体现在其可以实现更优秀的功能以及/或以更低的成本实现同样(或类似)功能。

(3)技术外部性(Technological Externality)。技术“外部性”是助力颠覆性技术被采纳乃至扩散的重要前因。所谓创新外部性^[32]是指技术(或产品)的应用对除商业主体和用户之外的第三方利益相关者或非利益相关者的影响。在“正”外部性的影响下，这些第三方主体可能成为被动受益者或“免费搭车者”；反之，在“负”外部性的影响下，第三方主体可能成为无辜受害者或成本的被动承担者。从制度合法性角度来看^[33]，颠覆性技术应具备“正”的外部性，从而更容易获得外部的合法性支持^[34]，进而有利于自身的(被)采纳与扩散。反之，具有“负”外部性的技术即便具有新颖性与优越性，也很难得到政府的支持与社会的欢迎，从而难以大规模采纳与扩散。具体而言，颠覆性技术的正外部性有四个维度：社会维度、环境维度、伦理维度与国家发展维度。其中，社会维度指新技术的采纳与扩散可以惠及民众，有利于提升社会的整体福利水平；环境维度指新技术的采纳与扩散有利于环境的保护或环境危机的解决；伦理维度

指的是新技术的应用不应违反科学伦理；国家发展维度的含义是颠覆性技术应积极回应国家战略需求，助力国家转型发展，提升国家竞争力。

2.2 颠覆性技术创新框架体系

内涵分析只能从技术角度阐释颠覆性技术(disruptive technology)与其他诸如渐进性技术(incremental technology)^[4-5]、维持性技术(sustaining technology)^[2]、连续性技术(continuous technology)^[15-16]之间的本质区别，然而颠覆性技术创新的过程并非只由技术特征决定。实际上，颠覆性技术创新是一个从技术研发到技术市场化再到技术社会化的过程，涉及科研主体、市场主体、社会主体与政府主体的博弈与竞合。与传统的颠覆性创新关注市场进入与开拓战略有所区别，颠覆性技术创新的研究从技术发展视角切入，关注创新颠覆的过程中技术的获得(搜索与涌现)、识别、采纳与扩散(见图3)。

(1)颠覆性技术的涌现规律。涌现性是获得颠覆性技术的核心规律之一，它揭示了颠覆性技术极难获得与预测的根本原因。颠覆性技术的涌现性特征有三：其一，不确定性。颠覆性技术的产生基于大量技术要素的创新性组合^[12,35]，其本质上是在讨论复杂技术系统下的技术动态演化。因此，技术创新的产出在其颠覆性维度上具有高度的不确定性。其二，去中心化。在高度复杂化且技术元素依存度较高的创新系统中，颠覆性技术的分布是去中心化的^[36-37]，潜在的颠覆性技术并非存在于现有主导技术的周围，而是以相对均匀的概率分布在整个复杂技术系统之中。其三，非连续性。在复杂技术系统中，技术创新的演化是非线性与非连续的，非线性是指颠

颠覆性技术创新(Disruptive Technovation)框架体系

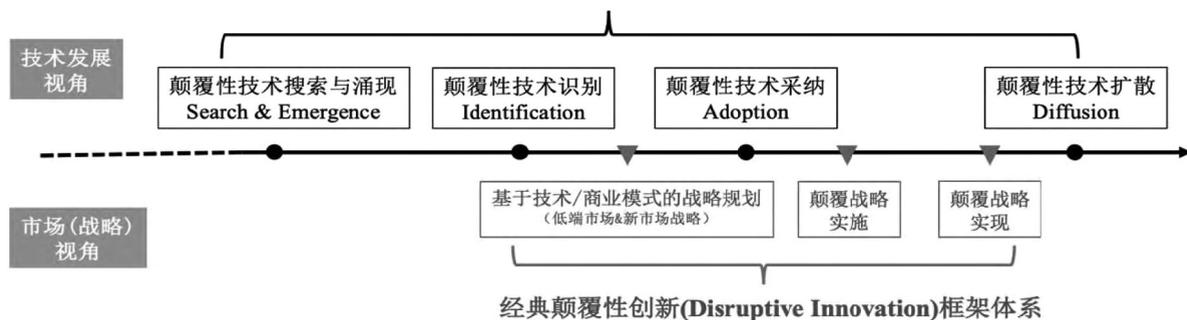


图3 颠覆性技术创新框架体系

覆性技术并非沿着某个已知方向发展而来,而是以非线性的未知路径替代现有技术,因此通过传统的技术路线图的线性思维很难捕捉,非连续性是指技术突破的涌现频度在时间维度上是非均匀的^[15],难以依某些固定的规划来执行^[38]。

(2)颠覆性技术的搜索能力。根据涌现规律,在高度复杂的技术系统中,颠覆性技术的发现是偶发的、不确定的且高度依概率的,以往以获得确定性产出为目的的搜索方式将不再适用。因此,颠覆性技术的搜索战略主要包括三方面:其一,超越本地的跨领域(cross-field)的搜索能力^[8]。经典假定认为创新主体只能进行本地搜索(local searching),而考虑到颠覆性技术涌现的去中心化与高不确定性特征,更具有“探索性”的搜索策略将成为必须^[39]。其二,处理高度复杂环境的认知能力(cognitive ability)。在高度复杂的创新系统中,数颠覆性技术是非中心化散落分布的,创新者的认知能力可以处理这种高相互依赖所导致的复杂情景^[40],并抓住那些大量存在但不易被传统推演方式与本地搜索方式发现的创新机会。其三,双元创新能力(ambidextrous innovation capability)的重要作用。如前文所述,面向颠覆性技术获得的不确定性、去中心化与非连续化特征,企业需要开始探索性的技术搜索。然而,过度实施探索性搜索可能会使企业暴露在无法预测的巨大风险中,从而极易陷入“探索—失败—再探索”的所谓“失败陷阱”^[41]之中。因此,企业需要具备平衡探索式与利用式技术搜索的双元创新能力。

(3)颠覆性技术的识别。在现有颠覆性技术创新的研究中,技术“识别”无疑是重要的组成部分^[42]。对于企业而言,较早地识别出自己或竞争对手的潜在颠覆性技术,将更容易实现自身的颠覆性战略目标并有效防止自身“被颠覆”^[43]。对于政策主体而言,及时地识别出潜在的颠覆性技术,将有利于相关产业政策体系的制定、方向调整与完善,进而有助于颠覆性技术的培育与国家创新转型发展。目前,颠覆性技术的识别方法涵盖主观质性分析与客观定量分析在内的多种类型:在(主观)定性分析方面,主流研究以技术路线图分析、文本挖掘、德尔菲法、情景分析、历史案例、扫描与情报分析等方法为主。主观

分析方法的优势在于可以借助专家与从业人员的长期积累的知识来对技术发展轨迹进行预判,缺点是颠覆性技术恰恰常出现在主流专家不易发觉的“边缘地带”,这使得定性分析的准确性存在天然缺陷。在(客观)定量分析方面,主流方法主要基于文献与专利信息,包含对专利新颖性^[8]、专利被引结构^[44]等、专利前沿性的测度,以及基于物种入侵模型^[42]等的技术颠覆性测度。客观方法的优势在于可以避免主观认知偏误的影响,而缺点在于难以将产业发展中一些难以量化的实际情况以及尚未以数据形式呈现的趋势识别出来,从而使得识别的实效性较差。从发展的眼光来看,颠覆性技术识别的研究愈发趋向于综合与集成性方法的运用,基于新颖性、影响力等多种维度的识别方法正在涌现。

(4)颠覆性技术的采纳与扩散。首先,颠覆性技术“采纳”(应用)是企业应用颠覆性技术实施既有市场进入或开拓新市场的过程^[4],也即传统颠覆性创新^[2]研究中讨论最集中的“创新颠覆”过程。依赖于颠覆性技术的功能优越性(functional superiority)与成本优越性(cost superiority),企业可以采用“新市场颠覆”(new-market disruptions)或“低端市场颠覆”(low-end disruptions)战略来实施创新颠覆^[2-3]。在所谓新市场(也称“零消费”市场)战略下,产品(或服务)因技术赋能而具有新颖性与优越性(亦可能具有成本优势),从而极易被消费者接受而开拓新市场。在低端市场战略下,产品(或服务)因颠覆性技术的成本优越性而具有价格优势,从而可以实现从低到高颠覆在位者的目标。其次,颠覆性技术的“扩散”可以被认为是一个技术推动下的产业升级过程。其中,常见的扩散路径有两条:一是通过颠覆在位者,使得既有市场中的其他企业成为模仿者,从而实现技术的扩散。典型的例子如特斯拉(Tesla)汽车,通过开放专利来提升整个新能源汽车产业的整体竞争力,同时实现了颠覆性技术的扩散。然而,这种情况在实践中较为少见,大多是情况下持有颠覆性技术专利的企业往往希望继续保持竞争优势,而不愿开放专利来“主动”使专利扩散。二是通过建立分拆企业(spun-offs)来实现颠覆性技术的扩散,这是因为:一方面,基于种群生态理论,新兴产业中颠覆性技术的所有者有动机通过

技术扩散来提升整个产业中群的合法性与竞争力^[18]；另一方面，企业也有避免自身颠覆性技术被模仿以维持竞争优势的动机。因此，为了平衡两种动机，企业可通过建立分拆企业来实现可控的技术扩散。

3 发展前瞻：新发展格局与颠覆性技术创新

新发展格局下，我国颠覆性技术创新将迎来新机遇、新约束与新挑战。全球化与逆全球化的碰撞将引发更加复杂的国际竞争环境，从而影响整个技术创新环境的规模与复杂性。尽管可能存在时域性波动与区域性差异，但整体而言，受限于基础科学的发展周期，整个人类社会创新系统的规模增速将进一步收敛，而技术元素复杂将持续提升^[12]。这种趋势所带来的冲击，对于不同创新主体都将产生深远影响：第一，其将为潜在颠覆者带来机遇，创新系统地形学特征的离散化趋势将为颠覆性技术的涌现创造有利环境，潜在颠覆者可以在远离主导性技术领域的场域搜索并获得足以颠覆领先者的技术，这为我国以及其他发展中国家实现技术赶超带来了机遇，诸如量子卫星、特高压输电技术等技术，正是我国在非传统性技术场域实现颠覆性突破的典范；第二，其将为创新者带来约束，复杂性的提升将带来复杂性灾难(complexity catastrophe)以及组合与认知耗尽(combinatorial & cognitive exhaustion)^[35]，将对对包含领先者与潜在颠覆者在内的所有创新主体带来约束，颠覆性技术的获得越来越难以通过线性思维与本地搜索来达成。此外，伴随着国际竞争的加剧，领先者可能会切断某些重要技术领域间的连接以阻止潜在颠覆者的搜索行为，如发达国家对我国在高强度碳纤维、微球技术、超精密抛光技术等“卡脖子”领域实行技术封锁，以及近期实施的高端芯片“断供”等行为，都旨在“脱耦合”(de-coupling)创新图景以限制搜索；第三，其将为领先者带来挑战，技术系统复杂性是一柄“双刃剑”，其不仅为我国追赶发达国家提供了机遇，也为其他后发国家赶超我国提供了条件。创新如逆水行舟不进则退，如不能把握来之不易的历史机遇期，实现整体的技术突破与创新颠覆，则我国很有可能被其他后发国家赶超。

新发展格局下，创新政策的制定与调整需要新思路。在复杂性极高的技术系统中，任何基础性技

术元素的点状突破或者若干分离领域的创造性连接，都有可能为整个系统带来极大的推动。从国家整体层面来看，政策制定者应当通过相应的政策调整来扩大创新系统的规模，并拓展搜索主体的来源。首先，激励基础性科学研究将为我国的颠覆性技术发展带来长期红利。国务院于2018年1月31日发布《国务院关于全面加强基础科学研究的若干意见》，提出在科技与产业变革蓬勃兴起的大背景下，一些基本性科学问题或将迎来重大突破，而我国的基础科学研究短板依然突出；强调应充分尊重科学研究的“灵感瞬间性、方式随意性、路径不确定性”的客观规律，强化基础研究并促进基础与应用研究的融通发展，引领原创新基础科学成果的重大突破。其次，鼓励“万众创新”将引导潜在主体参与更大规模的技术搜索。国务院于2018年9月26日发布《国务院关于推动创新创业高质量发展打造“双创”升级版的意见》，强调激发多元化主体的创新积极性，提升支撑性平台的服务能力，加大对“专精特新”中小企业的支持力度，培育“单项冠军”与“科技联合体”。中小企业主体大量而广泛的搜索将推动颠覆性技术涌现概率的进一步提升。最后，推动人工智能等新兴技术与传统科技领域以及艺术、哲学、人文等领域的广泛连接，将进一步拓展创新图景的整体规模，或将极大地推动颠覆性技术的发展。国务院于2017年7月20日发布《新一代人工智能发展规划》，强调应推动人工智能新兴技术与数学、量子科学、心理学、社会学、经济学、神经科学等相关基础学科的交叉融合。在此基础上，可考虑进一步打破学科与领域壁垒，建立多学科互联共通的柔性学科联合体，推动对颠覆性技术更大范围的广泛搜索。

新发展格局下，创新主体需要构建新思维。为突破约束，把握机遇，应对挑战，创新主体需要通过跨领域整合思维来实现认知升级。在整合式创新(holistic innovation)、有意义的创新(meaningful innovation)等范式的指引下，创新主体将以创新视野的拓展推动组织结构、搜索模式、认知模式的全面升级，在复杂性不断攀升的环境中发掘颠覆性技术。应当认识到，传统静态环境下依赖企业资源获得李嘉图租金(ricardian rent)从而构建可持续竞争优势的战

略或将遭遇巨大挑战,基于动态能力与创新基础观(innovation based view, IBV)^[45]的企业竞争战略将愈发重要,持续创新能力将是新时代企业获得竞争优势的核心,是颠覆性技术创新的重要前因。与之相适应,企业需不断调整其组织结构、制度设计、文化建设、过程惯例。在实践中,诸如海尔的开放合作伙伴生态系统(Haier Open Partnership Ecosystem, HOPE)、中车集团的“核”战略、徐工集团的双“核”驱动创新、华为的有意义的创新等战略与组织变革,正是运用组织结构的柔性化、资源与能力的整合化等方式,推动创新搜索的离散化与自组织化,或实现创新视野的认知升级,从而匹配复杂适应性系统中的颠覆性技术分布,以提高颠覆性技术搜索的成功率。

新发展格局下,颠覆性技术已经成为企业乃至国家获得发展优势的关键所在。如何把握时代特征与历史机遇,制定与调整创新政策,孕育革新创新思维,进而发展迭代创新管理理论范式,已成为回首来路,立足当下,展望未来的重要课题。颠覆性技术如同奔流大河中最激昂之浪花,神秘莫测而又奇异诡谲令人神往,对颠覆性技术创新理论的不断探索将是中国范式走向全球化情境的必由之路,更是助力我国实现系统性创新超越的重要抓手。

注释:

①习近平总书记在党的十九大报告中指出:“只有把核心技术掌握在自己手中,才能真正掌握竞争和发展的主动权”,在核心技术的三大维度中,颠覆性技术代表了科学技术的最前沿。

②企业的广泛知识深度用技术专家的数量来衡量。

③创新产品被看作是众多组件通过某种架构集成而来的系统。

④所谓技术的不连续性是指能够极大的推动产业的绩效与价格边界变革的创新(Henderson & Clark, 1990, p.9)。

⑤Christensen认为企业所依赖的“技术”是一个较为宽泛的概念,其并不必须为突破性技术,也可包含架构创新的产品或新的商业模式。

参考文献:

[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 innovator's dilemma: When new technologies cause great firms to fail[M]. Boston: Harvard Business School Press, 1997.

[3]CHRISTENSEN C M, RAYNOR M. The innovator's solution: Creating and sustaining successful growth[M]. Boston, MA: Harvard Business Review Press, 2003.

[4]DEWAR R D, DUTTON J E. The adoption of radical and incremental innovations: An empirical analysis[J]. Management Science, 1986, 32(11): 1422-1433.

[5]ETTLIE J E, BRIDGES W P, O'KEEFE R D. Organization strategy and structural differences for radical versus incremental innovation[J]. Management Science, 1984, 30(6): 682-695.

[6]BYUN S K, OH J-M, XIA H. Incremental vs. breakthrough innovation: The role of technology spillovers[J]. Management Science, 2021, 67(3): 1779-1802.

[7]SRIVASTAVA M K, GNYAWALI D R. When do relational resources matter? Leveraging portfolio technological resources for breakthrough innovation[J]. Academy of Management Journal, 2011, 54(4): 797-810.

[8]KNEELAND M K, SCHILLING M A, AHARONSON B S. Exploring uncharted territory: Knowledge search processes in the origination of outlier innovation[J]. Organization Science, 2020, 31(3): 535-557.

[9]BESSANT J. Dealing with discontinuous innovation: The European experience[J]. International Journal of Technology Management, 2008, 42(1-2): 36-50.

[10]VERYZER Jr R W. Discontinuous innovation and the new product development process[J]. Journal of Product Innovation Management, 1998, 15(4): 304-321.

[11]SCHUMPETER J A. The theory of economic development: An inquiry into profits, capital, credit, interest, and the business cycle[M]. Cambridge, Mass: Harvard University Press, 1934.

[12]Fleming L. Recombinant uncertainty in technological search[J]. Management Science, 2001, 47(1): 117-132.

[13]ARTHUR W B. The nature of technology: What it is and how it evolves[M]. New York: Free Press, 2009.

[14]HENDERSON R M, CLARK K B. Architectural innovation: The reconfiguration of existing[J]. Administrative Science Quarterly, 1990, 35(1): 9-30.

[15]TUSHMAN M L, ANDERSON P. Technological discontinuities and organizational environments[J]. Administrative Science Quarterly, 1986: 439-465.

[16]ANDERSON P, TUSHMAN M L. Technological discontinuities and dominant designs: A cyclical model of technological change[J]. Administrative Science Quarterly, 1990: 604-633.

- [17]STARBUCK W. Organizations and their environments [M]//Dunnette M D. Handbook of Organizational and Industrial Psychology, New York: Wiley, 1983: 1069–1123.
- [18]HANNAN M T, CARROLL G R. Dynamics of organizational populations: Density, legitimation, and competition[M]. New York: Oxford University Press, 1992.
- [19]MCKELVEY B. Organizational systematics: Taxonomy, evolution, classification[M]. Berkeley, CA: University of California Press, 1982.
- [20]CAPPONI G, MARTINELLI A, NUVOLARI A. Break-through innovations and where to find them[J]. Research Policy, 2022, 51(1): 104376.
- [21]BENNER M J, TUSHMAN M L. Exploitation, exploration, and process management: The productivity dilemma revisited [J]. Academy of Management Review, 2003, 28(2): 238–256.
- [22]ZHOU K Z, YIM C K, TSE D K. The effects of strategic orientations on technology–and market–based breakthrough innovations[J]. Journal of Marketing, 2005, 69(2): 42–60.
- [23]MARKIDES C. Disruptive innovation: In need of better theory[J]. Journal of Product Innovation Management, 2006, 23(1): 19–25.
- [24]COHAN P S. The dilemma of the "Innovator's dilemma": Clayton Christensen's management theories are suddenly all the rage, but are they ripe for disruption[J]. Industry Standard, 2000, 10: 1–10.
- [25]DANNEELS E. Disruptive technology reconsidered: A critique and research agenda[J]. Journal of Product Innovation Management, 2004, 21(4): 246–258.
- [26]TELLIS G J. Disruptive technology or visionary leadership?[J]. Journal of Product Innovation Management, 2006, 23(1): 34–38.
- [27]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.
- [28]STRUMSKY D, LOBO J. Identifying the sources of technological novelty in the process of invention[J]. Research Policy, 2015, 44(8): 1445–1461.
- [29]VERHOEVEN D, BAKKER J, VEUGELERS R. Measuring technological novelty with patent–based indicators[J]. Research Policy, 2016, 45(3): 707–723.
- [30]SCHUMPETER J A. Capitalism, socialism and democracy [M]. London: Allen and Unwin, 1942.
- [31]SUAREZ F F. Battles for technological dominance: An integrative framework[J]. Research Policy, 2004, 33(2): 271–286.
- [32]ROPER S, VAHTER P, LOVE J H. Externalities of openness in innovation[J]. Research Policy, 2013, 42(9): 1544–1554.
- [33]DIMAGGIO P J, POWELL W W. The iron cage revisited: Institutional isomorphism and collective rationality in organizational fields[J]. American Sociological Review, 1983: 147–160.
- [34]SCOTT W R: Institutional theory: Contributing to a theoretical research program[M]//Smith K G, Hitt M A, editor, Great minds in management: The process of theory development, Oxford, UK: Oxford University Press, 2005: 460–484.
- [35]FLEMING L, SORENSON O. Technology as a complex adaptive system: Evidence from patent data[J]. Research policy, 2001, 30(7): 1019–1039.
- [36]SCHMITT U. Knowledge management decentralization as a disruptive innovation and general–purpose–technology[C]. European Conference on Knowledge Management, 2019: 923–XXVI.
- [37]CENTOBELLI P, CERCHIONE R, ESPOSITO E, et al. Surfing blockchain wave, or drowning? Shaping the future of distributed ledgers and decentralized technologies[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2021, 165: 120463.
- [38]FOSTER R, KAPLAN S. Creative destruction[J]. Harvard Business Review, 2010, 80(5): 61–61.
- [39]GILSING V, NOOTEBOOM B. Exploration and exploitation in innovation systems: The case of pharmaceutical biotechnology[J]. Research Policy, 2006, 35(1): 1–23.
- [40]MARCH J G, SIMON H A. Organizations[M]. Oxford, England: Wiley, 1958.
- [41]MARCH J G. Exploration and exploitation in organizational learning[J]. Organization Science, 1991, 2(1): 71–87.
- [42]黄鲁成, 成雨, 吴菲菲, 等. 关于颠覆性技术识别框架的探索[J]. 科学学研究, 2015, 33(5): 654–664.
- [43]苏敬勤, 刘建华, 王智琦, 等. 颠覆性技术的演化轨迹及早期识别: 以智能手机等技术为例[J]. 科研管理, 2016, 37(3): 13–20.
- [44]WU L, WANG D, EVANS J A. Large teams develop and small teams disrupt science and technology[J]. Nature, 2019, 566(7744): 378.
- [45]陈劲, 曲冠楠, 王璐瑶. 基于系统整合观的战略管理新框架[J]. 经济管理, 2019, 41(7): 5–19.