

颠覆性技术概念的战略内涵及政策启示

刘安蓉¹, 李莉¹, 曹晓阳¹, 魏永静¹, 安向超¹, 张科², 张建敏³, 苗红波¹

(1. 中国工程科技创新战略研究院, 北京 100089; 2. 中国工程物理研究院, 四川绵阳 621900;
3. 中国工程物理研究院战略技术装备发展中心, 北京 100094)

摘要: 颠覆性技术概念自提出以来得到广泛应用, 研究视角不同尚未有统一定义。由于颠覆性技术具有定义时代重构格局的变革性效果, 日益上升为国家战略关口地带, 国家视角下认识颠覆性技术对于发展颠覆性技术具有现实指导意义; 本文在探讨不同视角颠覆性技术概念思想上, 指出国家视角的颠覆性技术是基于科学技术的新原理、新组合和新应用而开辟的全新技术轨道, 导致传统产业归零或价值网络重组, 并决定性影响社会技术体系升级跃迁, 或国家现有基础、能力、结构等重构的战略性创新技术; 同时, 从来源、结构、跨度、尺度、层次与路径等角度分析提出了颠覆性技术的一种解构框架; 在此基础上从注重前沿与实用相结合、注重过程性、注重现实与未来平衡、注重创新管理模式、注重战略研究五个方面, 对于从国家视角发展颠覆性技术获得了若干政策启示。

关键词: 颠覆性技术; 概念; 国家视角

中图分类号: F270 **文献标识码:** A

The Strategic Connotation and Policy Enlightenment of the Concept of Disruptive Technology

Liu Anrong¹, Li Li¹, Cao Xiaoyang¹, Wei Yongjing¹, An Xiangchao¹, Zhang Ke²,
Zhang Jianmin³, Miao Hongbo¹

(1. Chinese Academy of Engineering Innovation Strategy, Beijing 100089, China; 2. China Academy of Engineering Physics, Mianyang 621900, Sichuan, China; 3. Hi-Tech Research and Development Center, China Academy of Engineering Physics, Beijing 100094, China)

Abstract: The concept of disruptive technology has been widely used since it was introduced. And there is no uniform definition due to different research perspectives. Since disruptive technology has transformative effects of defining times and reconstructing patterns, it plays increasingly significant role in national strategy. Understanding disruptive technology from the national perspective has a practical guiding significance in the development of disruptive technology. After explorations on the concept of disruptive technology from different perspectives, this paper points out that developing disruptive technology from the national perspective opens up a new technology trajectory based on new principles, combinations, and applications of science and technologies. It is a strategic innovative technology that will reorganize value network of the traditional industries, decisively affect the upgrading of social technology systems, or reconstruct present national foundations, capabilities, and structure. Furthermore, a deconstruction framework of disruptive

收稿日期: 2018-10-25; 修回日期: 2018-11-12

通讯作者: 刘安蓉, 中国工程科技创新战略研究院, 高级经济师, 主要研究方向为颠覆性技术创新; E-mail: 515518695@qq.com

资助项目: 中国工程院咨询项目“工程科技颠覆性技术战略研究”(2017-ZD-10)

本刊网址: www.enginsci.cn

technology is proposed from the perspectives of source, structure, span, scale, level, and path. On this basis, to develop disruptive technology, this paper proposed to focus on the combination of frontier research and practical use, the process, the balance between reality and future, innovative management modes, and strategic research.

Keywords: disruptive technology; concept; national perspective

一、前言

当前，国家竞争和社会发展迫切需要科学技术的重大突破来提供强大支撑，而科技自身演进恰逢又一次经济长周期进入关键时期，以学科交叉融合和信息技术为代表的技术群体式发展推动了创新加速，科技引发的变革速度远远超越社会预期。在此背景下，以颠覆性技术为核心的创新活动对军事、科技、产业、社会发展具有另辟蹊径的变革性意义，受到社会各届和国家的高度关注。美国是最早开展颠覆性技术研发部署的国家，美国国防高级研究计划局（DARPA）以制造与防范技术突袭为目标，从军事需求出发在颠覆性技术的创造和应用上取得辉煌成就，成为国家视角下发展颠覆性技术的成功典范。我国高度重视颠覆性技术创新，习近平总书记在党的“十九大”报告中指出，要加快建设创新型国家，突出关键共性技术、前沿引领技术、现代工程技术、颠覆性技术创新，为建设科技强国、质量强国、航天强国、网络强国、交通强国、数字中国、智慧社会提供有力支撑，《国家创新驱动发展战略实施纲要》《“十三五”国家科技创新规划》等一系列重要文件也做出了部署，颠覆性技术上升为国家战略争夺的关口地带。那么，如何认识颠覆性技术概念的战略内涵？本文从概念辨析入手，分析内涵特点，并从国家视角对发展颠覆性技术进行了思考，获得若干政策启示。

二、颠覆性技术概念的起源及辨析

颠覆性技术也被译为破坏性技术，1995年由哈佛大学教授克莱顿·克里斯坦森在其著作《创新者的窘境》中首次提出，被定义为以意想不到的方式取代现有主流技术的技术[1]，其蕴含的破坏性、变革性思想最早溯源于经济学家熊彼特（1912年）的“创造性破坏”。时至今日颠覆性技术这一概念

得到广泛应用，很多学者与机构根据自身研究视角或定位需求阐述颠覆性技术的概念。

（一）学界代表性观点

学者基于研究角度的不同，对颠覆性技术的定义也有所不同。Danneels [2] 从产品/技术角度认为，颠覆性技术是通过改变公司竞争所遵循的性能尺度而改变竞争基础的技术。Andersen [3] 从技术轨道角度，认为颠覆性技术的产生会破坏原有的技术轨道，使原本的技术生命周期断裂，并形成新的技术轨道，是一种新兴的替代性技术。陈继祥等 [4] 从战略过程角度认为，颠覆性技术在其创新全过程中通过开拓新的技术、产品、过程、服务或商业模式，破坏企业既有竞争规则，并改变现有市场的需求。

（二）智库代表性观点

新美国安全中心（CNAS）定义颠覆性技术为能彻底打破对手间军力平衡的技术或技术群，此类技术一旦应用，作战样式将发生巨变，相关政策、条令和编制等随之失效。

德国弗劳恩霍夫协会技术趋势分析研究所在研究军事领域颠覆性技术的基础上，认为颠覆性技术是指能够“改变已有规则”的技术，即那些与现有技术相比，在性能或功能上有重大突破、其未来发展将逐步取代已有技术，进而改变作战模式或作战规则的技术 [5]。

麦肯锡全球研究院在其《颠覆性技术：技术进步改变生活、商业和全球经济》报告中将颠覆性技术定义为四大特征，第一，使本行业产品价格和产品性能出现极大变化；第二，对行业和企业产生广泛影响；第三，对社会经济产生重大影响；第四，有潜力极大地改变人类的生活现状。

（三）政府及军方机构代表性观点

一些国家的政府部门或军方机构在战略文件中

蕴含了对颠覆性技术的概念认识。被誉为颠覆性技术孵化器的 DARPA 认为, 颠覆性技术是“可改变游戏规则”的前沿技术, 通过原始概念创新, 引领武器装备发展, 在未来战争中创造决定性的颠覆效果 [6]。日本在 ImPACT 计划中提出, 颠覆性技术是推动产业和社会发生重大变革但可能面临巨大风险的前沿技术。此外, 美国国防研究与工程署规划计划主任 Alan R. Shaffer 在《颠覆性技术: 不确定的未来》报告中指出, 对国防系统而言, 低端、廉价不是关键因素, “颠覆性技术是从既定的系统和技术体系中‘衍生’‘进化’出新的主导性技术, 取代已有技术, 使军事力量结构、基础以及能力平衡发生根本性变革” [7]。

以上观点说明, 颠覆性技术还没有公认的、统一的定义, 视角不同解读不同, 既有区别又有联系。联系表现在, 三类观点均紧扣颠覆性技术的共性特征, 强调具有另辟蹊径改变技术轨道的演化曲线和出乎意料颠覆在位者的破坏性效果。区别则在于, 学界观点大多产生于商业或产业领域竞争情境的观察与案例研究, 强调颠覆性技术及其创新主要基于新进入者对在位者的挑战并由此带来全新的产品、产业或市场模式。智库观点基于自身定位与用户需求强调颠覆性技术的来源、分类、特征以及颠覆方式及其应用等。政府及军方机构的观点则是立足国家层面, 更强调颠覆性技术的技术属性和前沿性、突破性优势, 以及由此产生对国家力量(军事力量)现有基础、能力、结构的颠覆性效应, 突出颠覆性技术对打破平衡、建立国家绝对竞争优势的战略作用。

可见, 特定机构从自身定位与需求出发, 对颠覆性技术的解读跳出了克莱顿·克里斯坦森关于颠覆性技术在商业领域中低端切入破坏在位者市场地位的原义范畴, 在国防领域就是彻底的技术变革、能力变革、军事格局的变革, 在科学技术领域就是改变现有科学或工程概念, 挑战传统范式。这一概念的升华表明, 颠覆性技术的概念内涵从市场竞争领域扩展到国防和国家科学技术发展领域, 逐步向国家战略引领的高度发展。归纳上述分析, 笔者认为, 国家视角关注的颠覆性技术, 是以科学技术的新原理、新组合和新应用为基础开辟全新技术轨道, 导致传统产业归零或价

值网络重组, 并决定性影响社会技术体系升级跃迁, 或国家现有基础、能力、结构等重构的战略创新性新技术。

三、颠覆性技术的战略内涵

回顾科学技术史上颠覆性技术的发展历程, 研究其生成演进规律, 结合当前颠覆性技术新奇涌现的现象, 可以获得如下内涵认识。

(一) 颠覆性技术具有来源的多样化

颠覆性技术产生于四个重要的来源方向。一是基于科学原理的重大突破产生颠覆性技术, 该类型技术一出现会得到广泛共识, 快速向各个领域渗透、融合, 往往会产生定义时代的重大颠覆性技术。这类技术很重要, 但数量不多。二是基于集成创新产生颠覆性技术。该类型技术通过新技术与现有多种技术的跨界融合, 导致功能的重大突破和性能曲线的显著提升, 改变产业结构和力量对比。三是技术的颠覆性应用形成颠覆性技术。传统技术跨学科、跨领域或非常规的应用, 往往会在应用领域产生颠覆性的效果, 形成颠覆性技术。随着社会进入“技术爆炸”时代和以大数据为代表的新型科研范式的出现, 这类技术越来越多, 涉及的范围越来越广、过程越来越复杂、速度越来越快, 如互联网平台技术。四是以颠覆性思路解决问题催生颠覆性技术(问题导向)。这种方式在当前商业创新中盛行, 如 SpaceX 的可回收火箭以有悖常理的思路去实现现有功能, 获得了巨大成功, 催生新的颠覆性技术。该理念也带动“先开发、再研究”创新模式的兴起。对该类技术, 大多数人经历“看不上、看不懂、来不及”过程, 对其带来的冲击措手不及。

(二) 颠覆性技术具有体系化的技术结构

颠覆性技术是一个技术群或技术体系, 具有复杂的内在结构。从空间角度来看, 颠覆性技术包含了主导技术、辅助技术、支撑技术的复杂技术群, 跨多学科、多领域。通常这些技术不是齐头并进的, 发育成熟期不同步, 任何技术都能制约或助推颠覆性技术的发展。另一方面, 这些技术几乎不属于同一主体, 甚至不属于同一地区、同一国家, 注定颠

覆性技术创新要伴随大量的技术转移、技术集成和二次创新，是复杂的过程，孕育巨大机遇。从时间角度来看，与其他技术一样，颠覆性技术的成长也历经实验室技术、原型或样机技术、商业或军事应用技术等不同的技术形态。每一个技术形态的转换，不仅面临原有维持性技术激烈的技术和应用竞争，也伴随技术主体的转移、变换，是一个复杂的、动态的技术选择与适应的结果。

（三）颠覆性技术创新兼具技术和管理两大冲突

作为能使传统行业“投资、产业、技术、人才、规则”归零的革命性力量，颠覆性技术与被替代技术之间不仅仅是单纯的新旧技术体系之间的内在竞争，而是在颠覆性创新过程中蕴含了技术和管理两大冲突。一是技术体系冲突。作为新生革命性技术，颠覆性技术在成长过程中与现有技术体系存在巨大冲突。一方面与现有主流技术的配套基础、产业体系不适应，在现有体系内很难得到发展；另一方面其发展壮大将改变、颠覆甚至归零现有体系。技术体系的冲突决定了新技术的成长周期长、挑战多、不确定性强、风险大，考验决策，同时也给予后来者可贵的战略机遇。二是管理体系冲突。旧的管理体系会阻碍甚至排斥颠覆性技术发展。管理体系是与管理对象相匹配的，组织现有的管理理念、价值观、资源、流程往往不适应颠覆性技术的发展。面对颠覆性技术变革，在原有轨道上越优秀、管理越好的企业失败得越快。在人才、技术、资金各方面占优的行业巨头，往往是颠覆性变革的失败者，如美国柯达公司“发明了数码相机，却被数码相机颠覆”。

（四）颠覆性技术具有演化阶段之分，时间尺度明显

颠覆性技术的颠覆并非一蹴而就，而是一个长期演进的过程，具有时间尺度的特征，需要经历酝酿期、萌芽期、潜伏期、形成期、成长期、成熟期等阶段，既符合创新生命周期的一般规律，在演化特性上也具有不连续、非线性阶跃成长和长期孕育、阶段爆发的特点。颠覆性技术创新的过程通过若干次核心技术的重大突破引爆市场，驱动产业沿着利基产品（利基市场）—中间产品（中间市场）—主流产品（主流市场）路径跃迁，存在明显的阶段爆发点。在此过程中新原理的发现与传播（科学突破）、

新技术的发明与分叉（技术分叉）、新产业的产生与锁定（产业锁定）等转折点的识别与把握具有重大的战略意义。

（五）颠覆性技术的颠覆效果具有层次性

颠覆性技术的影响范围具有层次性。按照创新变革强度可分为三个创新类型，颠覆范围的不同形成了大颠覆、小颠覆的层次性。由大及小依次递推，技术经济范式变革是指对军事、经济、科技、社会宏观结构与运行模式产生颠覆性的影响；产业体系变革是指对某产业或领域的技术体系结构与运行模式产生重构，替代旧有技术体系；技术变革是指在产品/工艺技术层次的突破性变革，从而取代传统技术。

（六）颠覆性技术具有多路径的市场切入方式

克莱顿·克里斯坦森认为：颠覆性技术最初由低端或边缘市场、新市场切入，颠覆路径从下至上侵入，以简单、方便、便宜为初始阶段特征，是一种依赖于产品创新的低成本—低性能组合切入方式。相对应地，高端颠覆作为一种高成本—高性能组合的切入方式，也是一个重要类型，它依托于技术突破，大幅提升主流产品性能，同时在其他新产品性能中具有重大突破，以较高初始价格进入高端市场，颠覆路径自上而下扩散[8]。除此之外，通过改变价值链的组合创造商业模式创新，颠覆既有价值体系，也是一种特殊的市场切入方式。把握不同路径切入的特征条件对于不同需求主导的颠覆性技术选择与培育具有战略价值。

可见，颠覆性技术“多来源、有结构、有跨度、有尺度、有层次、多路径”的内涵认识，从结构与过程视角获得了一个解构框架，其本身表现出的来源突变性、发展冲突性、效果变革性等特点，对于组织而言，凸显出颠覆性技术区别于一般技术的战略价值，从而为从国家视角把握颠覆性技术概念提供了战略内涵。

四、国家视角发展颠覆性技术的政策启示

颠覆性技术是实现先发优势和技术突袭的先导力量，带来经济运行、社会管理、军事斗争全方位的改变，深刻影响国家安全与发展全局。国家既是颠覆性技术创新的空间区域，又是战略指导与治理

的重要角色,随着颠覆性技术变革性影响日益深刻、范围日益广泛,国家的作用越来越突出。通过颠覆性技术概念思想与内涵分析,对于从国家视角发展颠覆性技术,笔者形成以下认识。

(一) 发展颠覆性技术要注重前沿与实用相结合

从 DARPA 等美国政府部门关于颠覆性技术的定义可以看出,美国对颠覆性技术定位于前沿技术,并通过原始概念创新来保持美国在最新军事技术方面的领先地位,引领国家能力基础和结构的颠覆性变革,其出发点是打破平衡建立国家绝对优势。我国尚处于高质量发展转型期,中美贸易战进一步突显了科技经济短板,创新引领发展尤为急迫。区别于美国的绝对优势指导思想,我国对于颠覆性技术的理解,既要考虑在全球视野下注重前沿探索力求创造领先的可能,同时也需问题驱动目标导向,下大力气消除我国发展的不平衡不充分,在关键核心技术领域取得突破。例如,我国选择发展量子通信和人工智能等颠覆性的前沿或新兴技术,同时也在高铁重大工程中引进消化和超大规模集成创新获得自主化技术突破,迅速引爆高铁的应用普及,成为引领陆路交通科技经济整体突破的革命性力量,并大范围满足了社会公共消费需求 [9]。因此,现阶段我国发展颠覆性技术的出发点是前沿与实用相结合,重点关注:①颠覆性技术要引领我国科技经济整体突破(能力的变革性);②颠覆性技术的应用需求是关系全局的行业及社会公共消费(问题或需求的导向性);③颠覆性范围是国家全局性或区域性的产业体系、社会技术经济范式变革(作用的广泛性);④颠覆性技术的根本动力产生于前沿探索和基础科学领域的率先突破(前沿的引领性)。

(二) 发展颠覆性技术要注重过程性,保持战略定力

颠覆性技术的颠覆历程需要长期演进,这个过程充满曲折艰辛和不确定,在时间尺度上难以一蹴而就,考验决策。液晶显示技术颠覆电子显像管技术就是一个典范,液晶显示技术经历了科学原理发现、技术突破、产业化、大规模应用到进入成熟衰退期,经美欧发源、日本转化、韩国颠覆、中国赶超,历时 120 余年 [10]。在这个过程中,国家选择颠覆性技术的战略眼光和培育发展的信心和决心起

到了非常重要的作用,决定了该项颠覆性技术在一个国家的“命运”。颠覆性技术的演进过程不是线性的,新原理的发现与传播(科学突破)、新技术的发明与分叉(技术分叉)、新产业的产生与锁定(产业锁定)等转折点的识别与把握,对于国家来说都是制定和调整政策的时间窗口,根据不同阶段技术与市场的发展状态给予不同程度的干预,将有助于推动颠覆性技术完成从小众到主流的颠覆。而颠覆性技术创新过程遭遇“死亡之谷”“亚历山大困境”的双重瓶颈,使其开发转化的难度和风险极大,考验战略信心,影响战略定力 [11]。因此,国家对于颠覆性技术的选择与培育,要从时间尺度上充分认识颠覆性技术的演化规律和阶段爆发的特点,给予战略眼光和足够的耐心,并抓住不同阶段市场失灵、系统失灵的特点,掌握时机、适时干预。

(三) 发展颠覆性技术要注重现实与未来平衡

颠覆性技术在颠覆的过程中具有技术和管理的多重冲突,对国家现有能力基础和结构构成破坏性的创新,其自身发展与传统力量固有的冲突本质对于国家决策也会产生现实与未来的冲突,体现在两方面:一是发展颠覆性技术储备潜能需要牺牲现实利益。颠覆性技术的孕育和形成,一般通过竞争来处理与现有主流体系在技术与管理上的冲突,在必要时通过强有力的科技投资或政府干预,加快传统力量的退出,以便为培育和发展颠覆性技术创造化解冲突的空间。二是孕育颠覆性技术需要具备现实基础条件。Alan R. Shaffer 认为:颠覆性技术是从既定的系统和技术体系中“衍生”“进化”出新的主导性技术。国家现有能力基础与结构的发展是颠覆性技术衍生的母体,基础不牢难以孕育出颠覆性技术,但颠覆性技术的技术与管理冲突本质将形成破坏性变革力量,可能使现有能力归零,生产关系重构,社会形态巨变。

作为重构未来格局的根本性力量,颠覆性技术为国家提供了现实与未来沟通的重要途径。发展颠覆性技术需要辩证地处理技术和管理的冲突性,力求现实与未来的平衡。从空间布局上做好资源、政策、力量的分布,从战略时机上掌握进入与退出的最佳窗口期。无论是被动“认识、适应颠覆性技术发展”或者是主动“识别、创造、引领颠覆性技术

发展”，都将提升国家应对未来的能力，在未来竞争中占据有利位置。

（四）发展颠覆性技术要注重创新管理模式

发展颠覆性技术不仅面临深刻的技术冲突和管理冲突，而且还需要平衡现实与未来的关系。克莱顿·克里斯坦森认为，创新者经常在颠覆性创新面前陷入“创新者窘境”，组织创新是颠覆性技术创新的前提。美国根据颠覆性技术的这一特性，采用类 DARPA 等独特的二元性组织管理模式，通过组织、文化、资源和能力的相对独立或分离，使颠覆性技术创新活动克服了组织结构惰性和主流文化干扰，取得了“体外”特区的成功。这些体外特区大多具有共同的特征，比如：在使命定位上，以创新为使命，以调动全社会的资源为手段，把创新建立在整体生态之上；在业务定位上，超越所有业务、部门，不陷入具体方向，只做萌芽段，项目得到验证便转到其他部门，不被创新链捆死；在体制机制上，成立专门“机构”，运行相对独立或分离，不进入现有的价值网络（资源、流程、价值观），机构小规模、管理扁平化、项目小且分散等。

面对颠覆性技术的多重冲突，我国需要创新管理模式。宏观体制上，在现有科技计划管理体系之外设立相对独立的颠覆性技术创新计划，支持具有挑战性、高风险性的创新活动，发掘能为经济增长和社会发展带来根本性转变的技术。机制运行上大胆创新、多行多试，不断探索优化颠覆性技术的需求定义、项目立项、资源配置、组织管理、评估评价等组织方式。产业应用上加强产业政策前瞻性和战略性引导，力促颠覆性技术的创新转化。环境营造上完善“军产学研用融”体系和创新“雨林生态”的多样性，从思维、需求源头到应用终端形成有利于颠覆性创新的土壤。

（五）发展颠覆性技术要注重战略研究

颠覆性技术是一种以意想不到的方式取代既有主导技术的新技术，战略性特征显著。美国围绕颠覆性技术战略研究，从政府部门到民间智库，许多著名机构纷纷涉足，从不同视角、层面对颠覆性技术开展了不同定位和需求的战略研究，形成了一定规模的研究生态，为美国政府决策和部署提供了丰富的智慧。尤其是 DARPA 提出从未来场景设计

出发以原始概念创新引领武器装备发展，将颠覆性技术战略研究的触角提前到未来场景应用和概念创新，建立起一个国家颠覆性技术战略思想竞争的制高点，对我国战略研究能力和水平构成严峻的挑战。国家发展主观意愿与历史进程的客观规律都表明，我国已进入系统考虑颠覆性技术的新阶段，需要从国家战略高度开展颠覆性技术战略研究，谋划变跟随路径为赶超引领轨道，为改变低端锁定困境、引领经济高质量发展、建设世界科技强国提供重要抓手。我国颠覆性技术战略研究起步不久，中国工程院等国家高端智库、学术界以及智库研究机构已着手开展相关工作。

当前，颠覆性技术已在众多领域涌现，国家应从全局高度重视颠覆性技术战略研究，提升对颠覆性技术的科学见解和战略认知，进一步加强前沿科技创新的顶层设计与统筹协调；建立颠覆性技术监测、评估、预警机制，识别国家安全可能受到的技术突袭及其来源，预测其引致的经济、军事、社会风险；加强颠覆性技术变革性风险的治理研究，对颠覆性技术应用可能引起的国家安全、就业失衡、伦理道德等方面的风险，进行前瞻预防与约束引导，在保障安全的前提下实现有责任的技术创新。

五、结语

颠覆性技术是科学技术史的客观存在，从大的历史尺度来看是引发历次工业革命的重要引擎，具有重要的历史地位和战略作用。颠覆性技术概念的提出，从实践角度对颠覆性技术在科学技术史的重要作用给予了回答。当前，我国既在被动适应颠覆性技术跟跑、并跑，也在识别、创造颠覆性技术中主动领跑。同时也看到，颠覆性技术是科学—技术—经济转化大周期中相对小众、低概率事件的技术，一旦颠覆成功即转化为维持性技术，社会进入相对稳态运行。因此，国家层面既要准确把握颠覆性技术的战略内涵，重视并发挥其固有的战略作用，同时也要从全局高度对其他创新型技术给予合理的统筹发展。

参考文献

- [1] 克莱顿·克里斯坦森. 创新者的窘境 [M]. 胡建桥, 译. 北京: 中信出版社, 2014.

- Clayton C. The innovator's dilemma [M]. Translated by Hu J Q. Beijing: CITIC Publishing House, 2014.
- [2] Danneels E. Disruptive technology reconsidered: A critique and research agenda [J]. *Journal of Product Innovation Management*, 2010, 21(4): 246–258.
- [3] Andersen B. The evolution of technological trajectories 1890—1990 [J]. *Structural Change and Economic Dynamic*, 1998, 4(9): 5–34.
- [4] 陈继祥, 王敏. 破坏性创新理论最新研究综述 [J]. *科技进步与对策*, 2009, 11(6): 155–160.
Chen J X, Wang M. A summary of the latest research on destructive innovation theory [J]. *Science & Technology Progress and Policy*, 2009, 11(6): 155–160.
- [5] 荆象新, 锁兴文, 耿义峰. 颠覆性技术发展综述及若干启示 [J]. *国防科技*, 2015, 36(3): 11–13.
Jing X X, Suo X W, Geng Y F. Review and revelation on disruptive technology development [J]. *National Defense Science & Technology*, 2015, 36(3): 11–13.
- [6] 魏俊峰, 越超阳, 谢冰峰, 等. 跨越现实与未来的边界——DARPA 美国国防高级研究计划局透视 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2015.
Wei J F, Yue C Y, Xie B F, et al. Crossing the boundary between reality and the future—DARPA US Defense Advanced Research Projects Agency perspective [M]. Beijing: National Defence Industry Press, 2015.
- [7] Alan R S. Disruptive technology: An uncertain future [C]. Charleston: The 6th Conference on Science and Engineering Technology, 2005.
- [8] 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.
Zhou Y, Zhang Q P. Technology evolution map and market diffusion path of high-end disruptive innovation [J]. *Research and Development Management*, 2017, 29(6): 99–108.
- [9] 陈雨薇. 中国高铁的政府主导集成创新模式研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学 (硕士学位论文), 2014.
Chen Y W. Research on the government-led integrated innovation model of China's high-speed rail [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology (Master's thesis), 2014.
- [10] 路风. 光变 [M]. 北京: 当代中国出版社, 2016.
Lu F. Light change [M]. Beijing: Contemporary China Publishing House, 2016.
- [11] 张光宇, 谢卫红, 胡仁杰, 等. 颠覆性创新: SNM 视角 [M]. 北京: 科学出版社, 2016.
Zhang G Y, Xie W H, Hu R J, et al. Disruptive innovation: SNM perspective [M]. Beijing: China Science Publishing & Media Ltd., 2016.