



颠覆性技术创新研究

· 信息技术领域 ·

中国科学院颠覆性技术创新研究组



科学出版社

颠覆性技术创新研究

· 信息技术领域 ·

中国科学院颠覆性技术创新研究组

科学出版社

内 容 简 介

信息科技领域颠覆性技术层出不穷、发展迅速、渗透力强、影响面广,对形成新产业、新业态和塑造引领型发展具有重大意义。本书以信息科技领域为突破口,以科技情报学理论方法为基础,结合对颠覆性技术的长期跟踪研究工作,侧重对现阶段我国发展颠覆性技术的概念内涵、机理规律、政策环境等进行研究分析,力求通过跟踪信息技术的变革趋势和战略动向,针对若干重大的颠覆性信息技术,深度分析其历史起源、发展趋势、重大应用及关键挑战,综合研判其潜在机遇、未来价值与深远影响。

本书适合关注、捕捉、孕育和促进颠覆性技术创新与发展的政府决策部门、科研和智库机构、创新型企业以及所有关注颠覆性技术创新和应用的广大科研人员、高校师生和社会各界人士阅读。

图书在版编目(CIP)数据

颠覆性技术创新研究:信息科技领域 / 中国科学院颠覆性技术创新研究组编. —北京:科学出版社, 2018. 2

ISBN 978-7-03-056548-8

I. ①颠… II. ①中… III. ①科技情报工作-技术革新-研究
IV. ①G255.51

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 024976 号

责任编辑:刘宝莉 孙伯元 / 责任校对:桂伟利

责任印制:张 伟 / 封面设计:蓝 正

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京教图印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018年2月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2018年2月第一次印刷 印张: 13 1/4

字数: 150 000

定价: 90.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)



编 委 会

主 编：汪克强

副 主 编：单立波 黄向阳

编务协调：甘 泉 乔燕婷

研究团队：吴 钰 石 兵 谭宗颖 陈明奇

房俊民 唐 川 曾 燕 田倩飞

徐 婧 王立娜 刘小玲 张 娟

朱 敏 尹高磊

序

1995年，美国哈佛大学商学院教授克莱顿·克里斯滕森观察到一种奇特的创新现象，提出了“颠覆性技术”的概念。此后20年，他在持续深入研究的基础上，对这一概念不断进行扩展补充，认为颠覆性技术是指“以意想不到的方式取代现有主流技术的技术”“这类技术往往从低端或边缘市场切入，随着性能与功能的不断改进完善，最终取代已有技术，并开辟新的市场，形成新的价值体系”。

随着新一轮科技革命和产业变革风起云涌，层出不穷的重大技术突破深刻地改变着人类的工作和生活方式、经济和社会形态。克里斯滕森的研究，日益引发社会各界的广泛共鸣和高度关注。一些国家政府开始把发展颠覆性技术纳入保持或获取国际竞争优势乃至维护军事霸权的战略框架；一些著名企业开始斥资研究颠覆性技术的方向和走势，以寻求新的投资热点和产业机会，抢占科技制高点；一些科研机构 and 智库也开始把颠覆性技术的递进演变规律、未来发展的重点和趋势预测等作为重要的研究方向。

颠覆性技术在我国同样引起强烈反响。国家“十三五”规划纲要首次提出要“更加重视原始创新和颠覆性技术创新”。党的十九大报告也强调，加快建设创新型国家，要突出

颠覆性技术创新。颠覆性技术已成为各界热议的话题，针对其概念内涵、机理规律、动力机制、发展环境等方面的研究、讨论甚至争论，几乎一天也没有停止过。一方面，人们对捕捉新一波颠覆性创新浪潮，找准新的切入点突破关键技术，进而实现“弯道超车”“换道超车”充满期待；另一方面，对颠覆性技术在政治、经济、科技、军事、文化等方面可能产生影响的不确定性，也持有不少疑虑、担心甚至有些惶恐不安。一方面，有人认为发展颠覆性技术是企业参与市场竞争的自主选择，政府只需营造环境，不必过多干预；另一方面，也有不少人认为发展颠覆性技术会有较大风险，单靠企业作为创新主体往往力有不逮，需要更多发挥政府主导作用。一方面，不少人认为既然颠覆性技术涉及面广，且往往以人们意想不到的方式出现和发挥作用，只能顺其自然、水到渠成，无须也难以主动规划和布局；另一方面，更多人认为发展颠覆性技术是抢占国际竞争制高点的战略选择，应从国家战略需求出发前瞻布局、集中力量、加大投入，着重解决国防建设和经济社会发展中的关键技术问题，提升核心竞争力。正是在这样的背景下，中国科学院组建了颠覆性技术创新研究团队，启动了相关研究工作。

面对学科领域覆盖面极其广泛的颠覆性技术，该研究团队选择“信息科技”领域作为突破口，与国家信息化专家咨询委员会等有关部门合作，以科技情报学和多年来对相关领域的跟踪研究为基础，遴选出量子信息、人工智能、虚拟现实、移动互联网等4个重点研究方向，深度分析其历史起源、演进过程、发展趋势、重大应用及关键挑战，综合研判研究对象间的技术生态关系及它们对既有信息技术体系可能产生

的变革性影响，系统总结科学研究、技术发展在颠覆性创新中不可或缺的基础和支撑作用。

随着专题研究的逐步展开，以及对每个研究方向发展进程、变革作用和相互关系的系统深入了解，研究团队对颠覆性技术的概念和内涵、颠覆性技术的特点以及伴随这些特点的规律性现象的认识和理解也在不断丰富和深化，其中有些观点是耐人寻味的。例如他们认为，颠覆性技术难有统一定义，从不同视角和关注点会对其作出不同诠释；颠覆性创新是特有的创新活动，其共同点在于不循常规发展，“不按常理出牌”；颠覆性技术是一种用效果定义的创新行为，从技术源头看，它可能是科技重大突破的产物，可能是已有技术的创新性应用，抑或是新老技术集成、跨领域技术融合的创新结果，但“技术”能否产生颠覆性影响，则取决于它在战略需求响应、发展构思机巧、切入市场机缘等方面产生的后置效果。希望这些观点能够起到“抛砖引玉”的作用，引发人们对颠覆性技术更深入的思考和研究。

如果说，选择信息科技领域和该领域中的热点方向，侧重对颠覆性技术的内涵和机理规律进行探索，是该研究的一个显著特色，那么，对世界主要国家颠覆性技术发展环境的梳理、动力机制的分析，以及基于其上提出的政策建议，就是该研究团队做出的另一重要贡献。这些政策建议将颠覆性技术创新置于国家创新体系建设的大格局中，既有针对促进颠覆性技术发展的具体建议，又有营造有利于颠覆性技术孕育、成长创新环境的宏观分析和战略思考；既具规律性，也具针对性；互为表里，更切中肯綮，相信会对关注、捕捉、孕育和促进颠覆性技术创新和发展的政府决策部门、科研和

智库机构、创新型企业等都有所参考和助益，对所有关注颠覆性技术创新和应用的广大科研人员和社会各界人士都有所借鉴和启发。

信息科技是新一轮科技革命和产业变革中无处不在的关键和主导领域，也是半个多世纪以来颠覆性技术高度孕育、迅速发展、密集涌现，且渗透力强、影响面广、持续产生颠覆效应的重大创新领域。对该领域颠覆性技术的深入研究可以起到窥斑知豹、鞭辟入里的效果，这不失为一种精准而明智的选择。希望研究团队和相关研究人员在持续深入开展该领域研究工作的基础上，进一步拓展研究范围，密切关注和研究人工智能、生物技术、新能源、新材料等更多重要领域的颠覆性技术，加强和深化颠覆性技术孕育发展的趋势方向、动力机制、创新生态系统和科学伦理等方面的研究，为促进颠覆性技术的创新发展和应用提供更有价值的指引和参考。

面临世界新科技革命和产业变革的重要战略机遇，我国深入实施创新驱动发展战略，科技事业持续快速发展，创新活力大幅增强，重大创新成果不断涌现，成为具有重要国际影响力和竞争力的科技创新大国，并正在向着世界科技强国的目标迈进；同时，我们也清醒地认识到，我国科技创新的整体水平和能力与发达国家相比还有不小差距，原始创新和关键核心技术研发能力还比较弱，创新发展面临诸多问题和挑战。要抢抓机遇、应对挑战，建成世界科技强国，就应当根据不同水平的科技和产业领域，选择不同的战略路径和目标。推动颠覆性技术创新和发展，无疑是一条极其重要的战略路径，在某些领域甚至是必由之路、不二选择。这里我想强调的是，这种战略路径的选择不是“走捷径”而是“辟蹊

径”。所谓“辟”，就是在缺乏“先发优势”“速度优势”，不得已“并跑”或“跟跑”时，需要另辟蹊径、开拓新路，而新路往往杂草遍地、荆棘丛生，要有披荆斩棘、逢山开路、遇水搭桥的勇气和准备，要以独特的智慧和眼光，选择他人尚未发现但能快速接近目标的“最佳路径”。一个“辟”字背后有着丰富的内涵，如牢固的知识基础、厚实的科技积累、开放包容的创新社会环境、高效顺畅的技术转移机制等。这一切都需要我们去营造和完善，需要科技界勇于担当、主动作为，需要全社会协同合作、共同努力。

欣逢人类历史上前所未有的创新时代，科技创新带来的颠覆效应正无时不在地发生、无所不在地渗透。应当看到，对于颠覆性技术的强劲发展、无穷潜力和难以预知的未来，人们的想象力是极为有限的。今天，我们面临的问题已经不再是“是否会被颠覆”“何时会被颠覆”，而是“会先在哪些地方颠覆”“会以什么方式颠覆”和“我们应当如何应对”。只有积极拥抱、深入研究颠覆性技术，主动融入颠覆性创新层出不穷的伟大时代，我们才能适应时代要求，把握战略先机，主导和引领创新发展。

法国启蒙运动时期的著名哲学家、作家伏尔泰曾经说过：“不确定让人不舒服，而确定又是荒谬的。”面对日新月异的颠覆性技术和波澜壮阔的颠覆性时代，你做好准备了吗？



前 言

随着新一轮科技革命和产业变革孕育兴起，颠覆性技术层出不穷，影响无远弗届，渗透无处不在。一些国家政府开始把发展颠覆性技术纳入自己保持或获取国际竞争优势，乃至维护军事霸权的战略框架；一些著名企业开始斥资研究颠覆性技术的方向和走势，寻求新的投资热点和产业机会；一些科研机构 and 智库也开始把颠覆性技术的递进演变规律、预测其未来发展的重点和趋势等作为研究的主攻方向。

2016年3月，我国发布“十三五”规划纲要，首次提出要“更加重视原始创新和颠覆性技术创新”。《国家创新驱动发展战略纲要》也明确提出，要“发展引领产业变革的颠覆性技术，不断催生新产业、创造新就业”。党的十九大报告也强调要突出颠覆性技术创新，加快建设创新型国家。

为认识、创造和发展颠覆性技术，在中国科学院发展规划局的支持下，中国科学院文献情报中心、中国科学院成都文献情报中心受国家信息化专家咨询委员会秘书处委托，以信息科技领域为突破口开展了颠覆性技术专题研究。针对现阶段我国在研究制定颠覆性技术创新政策中的核心关键问题，从概念内涵、产生动力，颠覆性技术与科研、创新的关系，以及发展颠覆性技术的举措与环境等方面入手，通过选择若

干公认的、最有可能产生颠覆性创新的领域，深度分析其历史起源、发展趋势、重大应用、关键挑战，综合研判其潜在机遇、价值与影响，形成专题研究成果，为有关部门孕育、捕捉、牵引、推动颠覆性技术的发展提供参考。

此项研究选择信息科技这一半个多世纪来颠覆性技术层出不穷、发展迅速、渗透力强、影响面广，对形成新产业和新就业起关键作用的领域作为颠覆性创新研究的切入点，以科技情报学理论和多年对信息科技领域颠覆性技术跟踪研究工作为基础，通过专家咨询、问卷调查和典型案例分析方法，遴选出量子信息、人工智能、虚拟现实和移动互联网作为主要研究对象。突破以往此类研究侧重技术趋势分析的局限，此项研究重点围绕演变规律和动力机制等问题，对选定领域的发展进程、创新历程进行总结归纳，对其可能带来的颠覆性影响进行预测分析，对国内外的相关政策和创新环境进行对比研究。以此项研究成果为基础，构成本书的主要内容。

第1章“走进颠覆性技术创新”，主要是针对人们在颠覆性技术讨论和争论中的困惑，分析其概念和内涵的演进过程，从不同视角看待“颠覆”的本质，归纳形成对这一概念的基本认识，并对其产生的重大影响进行初步分析。

第2章以“量子信息技术”为专题，从两次“量子革命”入手，以量子力学到量子信息技术形成为例，探讨科学革命和技术发展的关系，映射颠覆性创新产生的全过程。研究认为，随着量子调控能力不断增强，量子信息技术正在走出实验室，逐步走向产业化，并对国家政治、经济、军事、文化等领域带来深刻、颠覆性的影响。量子信息技术将动摇和改变微电子技术 in 现行信息技术体系中的基础性地位，对架构

其上的计算机、通信、软件等产业将产生革命性影响，因而对整个信息技术体系的变革是架构层和根本性的。

第3章以“人工智能”为专题，回顾人工智能几经沉浮的发展历程，分析其重新崛起与新一代信息技术发展之间的关系。研究认为，人工智能在不断拓展人类“脑力”“洞察力”的同时，还通过“智慧”映射出互联网的“生命”特征，因而它对现有信息技术体系的影响不仅仅是技术进步、理念创新，更反映出信息的资源属性以及信息资源开发对智能社会形成的贡献。因此，人工智能有可能是当前产生颠覆性创新最多、影响最广的领域。

第4章以“虚拟现实”为专题，围绕虚拟现实成为当今颠覆性技术投资热门这一现象进行分析。研究认为，虚拟现实是一种交互式技术，为人类认知世界、改造世界提供了易于使用、易于感知的全新方式。虚拟现实与国防军事、航空航天、医疗、商务消费、文化娱乐等行业深度融合，正以独特的沉浸性、交互性特征重塑这些行业的发展模式，并催生大量新型应用。

第5章以“移动互联网”为专题，从移动互联网发展历程出发，重点分析渐进式创新与颠覆式创新、技术创新与业务创新之间的关系。研究揭示，移动互联网为信息技术及其产业发展“开疆拓土”，不断孕育颠覆传统的新业态、新市场、新规则和新观念。正悄然改变信息技术体系中核心要素的配置关系，带动云计算、大数据、物联网等新一代信息技术和相关产业发展，并最终将对经济、社会、文化等产生变革性影响。

第6章着重研究颠覆性技术的特点与规律。首先，通过对信息科技领域4个专题研究对象的综述，分析它们对现有

信息技术体系的影响、科学活动对其发展的作用，以及研究对象之间的技术生态关系。接下来通过对4个专题研究成果的归纳，分析得出颠覆性技术的若干特点，并从产生基础、发展动力、成长方式3个方面总结颠覆性技术的递进演变规律。同时研究颠覆性技术的发展环境。借鉴国外先进经验，从发挥特殊人才才智、强化重大需求牵引、发挥中小企业作用、营造甘当风险环境和持续关注颠覆性技术战略研究等5个方面，归纳总结颠覆性创新环境的必备要素。此外，基于对世界主要国家发展环境的梳理和动力机制的分析，在完善既有宏观创新环境的构架下，有针对性地提出施行颠覆性创新特有政策的建议。

颠覆性技术创新及其政策研究是一项跨学科、跨领域的工作。在研究过程中，研究团队多次召开专题报告会和研讨会，调研咨询来自政府、科研机构、企业、咨询机构的资深人士，充分听取并吸纳他们在颠覆性技术概念、认识，发展机遇、面临挑战、创新方向等方面的意见。在此，谨向这些为本书提供过热情支持、指导和帮助的人们致以深深的敬意和衷心的感谢。他们是：

中国科学院物理研究所于渌院士

工业和信息化部电子信息司刁石京司长

国家发展和改革委员会高技术产业司伍浩副司长

清华大学物理系王向斌教授

中国科学技术大学物理系韩永建教授

中国科学院计算技术研究所陈益强研究员

清华大学自动化系柴跃廷教授

中国信息通信研究所许志远副所长

美国哈佛大学哈佛燕京学社黄万盛研究员

中国科学院信息工程研究所荆继武副所长

中国科学院自动化研究所曾毅研究员

中国科学院计算技术研究所洪学海研究员

中国信息通信研究院技术与标准研究所石友康副所长

阿里研究院学术委员会梁春晓主席

中关村大数据联盟郭昕副理事长

阿里云研究中心刘松总经理

目 录

序

前言

第 1 章 走进颠覆性技术创新	1
1.1 概念产生及内涵演进	1
1.2 颠覆性技术的基本认识	6
1.3 颠覆性技术影响分析	14
1.4 聚焦颠覆性信息技术	22
第 2 章 量子信息技术	27
2.1 从第一次量子革命到第二次量子革命	28
2.2 量子信息技术重点领域与主要发展趋势	34
2.3 国际量子信息技术发展动向	47
2.4 我国量子信息技术的发展	57
2.5 重视和发展量子信息技术的建议	62
第 3 章 人工智能	64
3.1 人工智能的概念、内涵及发展历程	64
3.2 人工智能重点发展领域与趋势	71
3.3 人工智能的颠覆性影响	79
3.4 各国人工智能发展政策比较	87
3.5 我国发展人工智能的机遇、挑战及应对建议	99

第4章 虚拟现实	107
4.1 虚拟现实的发展历程与颠覆性影响	107
4.2 虚拟现实重点发展领域与趋势	110
4.3 各国及地区虚拟现实发展动向与举措	119
4.4 我国虚拟现实发展现状及意义	121
4.5 我国发展虚拟现实的相关建议	130
第5章 移动互联网	131
5.1 移动互联网的内涵、发展及产生的颠覆性影响	131
5.2 移动互联网发展趋势与重点	137
5.3 各国发展移动互联网的举措与经验	143
5.4 促进我国移动互联网加快发展的政策建议	157
第6章 发展颠覆性技术创新	160
6.1 颠覆性信息技术创新研究综述	160
6.2 颠覆性技术发展特点与规律	163
6.3 国外颠覆性技术发展环境概述	168
6.4 营造良好环境——政策建议	177
附录A 部分国家和地区相关战略与政策	181
附录B 部分国家和地区相关重大科技计划	185
附录C 部分智库相关研究报告	188

第 1 章 走进颠覆性技术创新

1.1 概念产生及内涵演进

自美国哈佛大学商学院教授克莱顿·克里斯腾森 (Clayton Christensen) 提出“颠覆性技术”概念以来^[1], 颠覆性技术一直是社会各界乃至一些国家前瞻战略布局关注的重要内容。究竟什么是颠覆性技术, 有何特征? 颠覆性技术与前沿技术、新兴技术有何区别?

颠覆性技术的内涵在拓展变化, 有多种称谓, 如“破坏性技术”“革命性技术”“变革性技术”“改变游戏规则的技术”“杀手级应用技术”等, 目前尚无统一的定义。提出这一概念后, 在持续深入研究基础上, Christensen 进一步拓展了颠覆性技术的含义, 他认为颠覆性技术是以意想不到的方式取代现有主流技术的技术, 这类技术往往从低端或边缘市场切入, 以简单、方便、价廉为初始阶段特征, 随着性能与功能的不断改进与完善, 最终取代已有技术、开辟新市场、形成新的价值体系^[2,3]。

[1] Bower J, Christensen C. Disruptive technologies; Catching the wave. Harvard Business Review, 1995, 73 (1): 43-53.

[2] Christenson C. The Innovator's Dilemma; When New Technologies Cause Great Firms to Fail. Boston: Harvard Business School Press, 1997.

[3] Christensen C, Raynor M. The Innovator's Solution: Creating and Sustaining Successful Growth. Boston Harvard Business Review Press, 2003.