DOI 10.15302/J-SSCAE-2018.06.003

国内外颠覆性技术研究进展跟踪与研究方法总结

孙永福[1]，王礼恒[1]，陆春华[2,3]，孙棕檀[2]，王崑声[2]，徐源[2]

（1. 中国工程院，北京 100088；2. 中国航天系统科学与工程研究院，北京 100048；3. 北京大学经济学院，北京 100871）

摘要：当前，全球科技创新进入空前密集活跃的时期，一些重大颠覆性技术不断涌现，推动新产业与新业态的迭代加速，深刻影响和改变国家力量对比，重塑世界经济结构和国际竞争格局，各国纷纷瞄准这一时代契机，积极对颠覆性技术进行早期识别与培育。本文对国内外各类颠覆性技术研究报告进行了广泛跟踪，对国内外颠覆性技术研究进展及主要采用的颠覆性技术评估与预测方法进行了归纳、分析和评价，并就促进我国颠覆性技术研究科学发展与快速成型提出集中优势资源设立专业智库群、建立科学的技术评估体系等相关建议。

关键词：颠覆性技术；评估与预测；方法

中图分类号：T-01　**文献标识码：**A

Summary of Research Progress and Methods of Disruptive Technology in China and Abroad

Sun Yongfu[1], Wang Liheng[1], Lu Chunhua[2,3], Sun Zongtan[2], Wang Kunsheng[2], Xu Yuan[2]

(1. Chinese Academy of Engineering, Beijing 100088, China; 2. China Aerospace Academy of Systems Science and Engineering, Beijing 100048, China; 3. School of Economics, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: At present, technological innovation has entered an unprecedentedly intensive and active period worldwide, while some major disruptive technologies are constantly emerging. These disruptive technologies have accelerated the iteration of new industries and formats, are profoundly influencing the balance among national powers, and will contribute in reshaping the world economic structure and the international competition pattern. To seize this opportunity given by the times, countries are now actively engaged in early identification and nurture of disruptive technologies. In this paper, research reports on disruptive technologies in China and abroad are extensively followed, and research progress and methods of disruptive technologies are summarized, analyzed and evaluated. This paper also puts forward some suggestions to promote the scientific development of disruptive technology research in China, including establishment of specialized think tanks by concentrating superior resources, establishment of a scientific technology evaluation system, etc.

Keywords: disruptive technology; assessment and prediction; methods

一、前言

当前，全球科技创新进入空前密集活跃的时期，呈现高速发展与高度融合态势，各国都把技术创新尤其是颠覆性技术创新摆在发展全局的核心位置，积极抢占科技制高点，以颠覆性技术创新带动全面创新，进一步增强经济增长的后劲和相关产业在全球价值链的主动地位。如美国在颠覆性技术常态化

收稿日期：2018-10-30；**修回日期：**2018-11-10

通讯作者：孙永福，中国工程院，院士，主要研究方向为铁路工程管理；E-mail: yongfusun@163.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

研究机制下孕育出的一系列重大颠覆性技术，已带动了相关产业的变革，确保了相关领域技术创新与产业升级方面长期的领先地位；俄罗斯设立“先期研究基金会”，对颠覆性技术进行储备与研究支持；英国不断完善产学研体系，积极预测并支持未来颠覆性技术发展；日本则实施“颠覆性技术创新计划”[1]，推动具有重大社会和产业影响力颠覆性技术的发展。

我国经济目前正处在转变发展方式、优化经济结构、转换增长动力的攻关期，具有重大社会和产业影响力的颠覆性技术能够推动经济格局和产业形态的深刻调整，成为创新驱动发展和国家竞争力的关键所在。在此背景下，我国近年来陆续启动了多项颠覆性技术识别和预测工作，取得了诸多成果。但总体上，现有的研究工作对颠覆性技术的认识仍有待深入，研究方法仍有待健全，有必要对国外相关研究成果进行追踪、归纳与分析，以期为国内相关机构后续开展颠覆性技术预测与评估工作提供借鉴。

二、国外颠覆性技术广泛跟踪与研究方法总结

项目组对国外颠覆性技术进行了广泛跟踪与深度挖掘，整理了国外关注的一些与产业相关的颠覆性技术，并初步开展了国外颠覆性技术识别、评估与预测方法研究。对国外颠覆性技术研究成果的吸收借鉴是后续开展颠覆性技术遴选与聚焦的必要基础。

（一）国外颠覆性技术广泛跟踪

项目组对近 5 年国外发布的各项与颠覆性技术有关的战略规划、计划、文件、预测报告进行了跟踪整理，涵盖政府机构、产业界、科技界和智库，大致梳理出国外提出的与产业有关的颠覆性技术（见表 1）。

表 1　国外提出的与产业有关的颠覆性技术

领域	技术	提及该技术的文件与报告
信息	大数据	美国国防部高级研究计划局（DARPA）《服务于国家安全的突破性技术》、《英国 2030 年技术预见》、英国《技术与创新的未来 2017》、韩国《KISTEP 十项新兴技术》、科尔尼咨询“大数据技术”报告、高盛集团九大颠覆性技术
	量子技术	DARPA《服务于国家安全的突破性技术》、DARPA《未来 30 年技术愿景》、美国陆军《2016—2045 年新兴科技趋势》、欧盟量子技术旗舰项目、英国《量子技术国家战略》、日本“量子通信技术”计划、汤森路透《2025 年的世界：10 项革新预测》、高德纳《2017 技术成熟度曲线》、《Nature》2017 展望、《MIT 技术评论》
	人工智能	联合国《未来展望》、美国战略与国际问题研究中心（CSIS）《国防 2045》评估报告、DARPA《未来 30 年技术愿景》、韩国《KISTEP 十项新兴技术》、美国《国家人工智能研究与发展战略规划》、高德纳《2018 人工智能预测》、麦肯锡《人工智能，下一个数字前沿？》、普华永道《衡量人工智能所带来的影响》、普华永道“探索人工智能革命”、美银美林《机器人革命》、哈佛大学《人工智能与国家安全》、斯坦福《2030 年的人工智能与人类生活》、麦肯锡《12 项颠覆性技术》、高德纳《2016 战略科技趋势》、高德纳《2017 技术成熟度曲线》、毕马威《2017 变革趋势》、福布斯《2018 科技趋势》、洛马《2018 技术预测》、《MIT 技术评论》
	物联网	美国国家情报委员会《颠覆性民用技术》、美国陆军《2016—2045 年新兴科技趋势》、韩国《KISTEP 十项新兴技术》、高德纳《2015 十大战略性 IT 技术》、Frost & Sullivan《物联网的八大发展趋势》、麦肯锡《12 项颠覆性技术》、高德纳《2020 年 10 大预测》、高德纳《2016 战略科技趋势》、高德纳《2017 技术成熟度曲线》、毕马威《2014 创新调查》、毕马威《2017 变革趋势》、福布斯《2018 科技趋势》、《MIT 技术评论》
	虚拟现实 / 增强现实（VR/AR）	美国陆军《2016—2045 年新兴科技趋势》、韩国《KISTEP 十项新兴技术》、利伯曼“虚拟现实变革市场研究”、高德纳《2020 年 10 大预测》、高德纳《2017 技术成熟度曲线》、德勤《2017 技术趋势》、高盛集团九大颠覆性技术、《MIT 技术评论》
	无人自主系统	联合国《未来展望》、CSIS《国防 2045》评估报告、新美国安全中心（CNAS）《改变游戏规则》报告、《英国 2030 年技术预见》、英国《技术与创新的未来 2017》、韩国《KISTEP 十项新兴技术》、美银美林《机器人革命》、《航空周刊》、世界机器人大会、高德纳《2017 技术成熟度曲线》、毕马威《2017 变革趋势》、洛马《2018 技术预测》、《MIT 技术评论》

（续表）

领域	技术	提及该技术的文件与报告
	智慧城市	《2015 年美国国家创新战略》、美国陆军《2016—2045 年新兴科技趋势》、《欧盟能源 2020 智慧、可持续和包容性增长战略》、汤森路透《2015 年的世界：10 项革新预测》
	先进计算技术	《2015 年美国国家创新战略》、CSIS《国防 2045》评估报告、美国陆军《2016—2045 年新兴科技趋势》、《英国 2030 年技术预见》、高德纳《2015 年十大战略性 IT 技术》、麦肯锡《12 项颠覆性技术》
	人机系统	美国国家航空航天局（NASA）“改变游戏规则”行业日、DARPA《未来 30 年技术愿景》、《MIT 技术评论》
	通信技术	《德国 2020 高技术战略》、《英国 2030 年技术预见》、《俄罗斯联邦至 2030 年科技发展预测》、日本“十大最重要技术”、《日本战略技术路线图》、《航空周刊》、兰德《2020 技术革命》
	传感器	《英国 2030 年技术预见》
	系统架构	高德纳《2016 战略科技趋势》、高德纳《2017 战略科技趋势》
	云（计算）	美国陆军《2016—2045 科技趋势》、《英国 2030 年技术预见》、高德纳《2015 十大战略性 IT 技术》、麦肯锡《12 项颠覆性技术》、高德纳《2018 趋势》、高德纳《2018 人工智能预测》、毕马威《2014 创新调查》、高盛集团九大颠覆性技术
	区块链	德勤《2017 技术趋势》、福布斯《2018 科技趋势》、高德纳《2017/2018/2020 技术预测》、高德纳《2017 技术成熟度曲线》
	数字孪生	高德纳《2018 战略科技趋势》、福布斯《2017 科技趋势》、洛马《2018 技术预测》
能源	可再生能源系统	联合国《未来展望》、麦肯锡《12 项颠覆性技术》、《MIT 技术评论》
	生物燃料	美国国家情报委员会《颠覆性民用技术》、《欧盟能源 2020 智慧、可持续和包容性增长战略》
	清洁能源	美国国家情报委员会《颠覆性民用技术》、《2015 年美国国家创新战略》、《德国 2020 高技术战略》、《英国 2030 年技术预见》、佛罗里达州立大学“人工光合作用”、兰德《2020 技术革命》、汤森路透《2025 年的世界：10 项革新预测》、《环球科学》、《MIT 技术评论》
	节能技术	《2015 年美国国家创新战略》、《英国 2030 年技术预见》、《俄罗斯联邦至 2030 年科技发展预测》、《环球科学》
	能源开采技术	日本“十大最重要技术”、麦肯锡《12 项颠覆性技术》
	储能技术	麦肯锡《12 项颠覆性技术》
	智能电网	埃森哲“智能电网”研究
生物	合成生物学（技术）	联合国《未来展望》、CSIS《国防 2045》评估报告、DARPA《服务于国家安全的突破性技术》、美国陆军《2016—2045 年新兴科技趋势》、《英国 2030 年技术预见》、美国《国家生物经济蓝图》
	人类增强（降级）	CNAS《改变游戏规则》报告、美国陆军《2016—2045 年新兴科技趋势》、《英国合成生物学战略计划 2016》、英国《生物能源战略》、CNAS《颠覆性技术与美国国防战略》
	人脑与神经技术（包括脑机接口）	《2015 年美国国家创新战略》、DARPA《未来 30 年技术愿景》、欧盟“未来和新兴技术旗舰项目”、《英国 2030 年技术预见》、欧盟“脑计划”、高德纳《2017 技术成熟度曲线》、《MIT 技术评论》
	生命保障技术	NASA“改变游戏规则”行业日
	基因技术	美国空军《2030 年技术愿景展望》、《英国 2030 年技术预见》、美国《国家生物经济蓝图》、麦肯锡《12 项颠覆性技术》、汤森路透《2025 年的世界：10 项革新预测》、《Nature》2017 展望、《MIT 技术评论》
	生物特征识别系统	美国空军《2030 年技术愿景展望》、《英国 2030 年技术预见》

（续表）

领域	技术	提及该技术的文件与报告
	生物信息学	美国《国家生物经济蓝图》
	纳米生物技术	美国《国家纳米技术计划》
纳米	纳米技术	联合国《未来展望》、CSIS《国防 2045》评估报告、NASA“改变游戏规则”行业日、《德国 2020 高技术战略》、《英国 2030 年技术预见》、《俄罗斯联邦至 2030 年科技发展预测》、《日本战略技术路线图》、美国《国家纳米技术计划》、《MIT 技术评论》
医疗	精准医学	《2015 年美国国家创新战略》、美国 2015《国情咨文》、汤森路透《2015 年的世界：10 项革新预测》
	可穿戴技术	DARPA《未来 30 年技术愿景》、德勤《2020 生命科学趋势》
	再生医学	英国《技术与创新的未来 2017》、兰德《2020 技术革命》
	新型药物	日本“十大最重要技术”、兰德《2020 技术革命》、汤森路透《2015 年的世界：10 项革新预测》
	免疫疗法	高盛集团九大颠覆性技术、《Nature》2017 展望、《MIT 技术评论》
	医疗系统	日本“十大最重要技术”、德勤《2020 生命科学趋势》、《MIT 技术评论》
	纳米医学	美国《国家纳米技术计划》
材料	储能材料	美国国家情报委员会《颠覆性民用技术》
	先进材料	美国空军《2030 年技术愿景展望》、美国陆军《2016—2045 年新兴科技趋势》、欧盟“未来和新兴技术旗舰项目”、《德国 2020 高技术战略》、《英国 2030 年技术预见》、英国《技术与创新的未来 2017》、《俄罗斯联邦至 2030 年科技发展预测》、美国《国家纳米技术计划》、美国《材料基因组计划》、阿贝赛报《六种可能改变未来的新材料》、《航空周刊》、麦肯锡《12 项颠覆性技术》、《Nature》2017 展望
高端制造	增材制造（3D、4D 打印）	联合国《未来展望》、CSIS《国防 2045》评估报告、CNAS《改变游戏规则》报告、美国陆军《2016—2045 年新兴科技趋势》、《英国 2030 年技术预见》、美国《国家制造创新网络计划》、美国《基于聚合物的增材制造测量科学路线图》、美国《增材制造技术路线图》、高德纳 2017 版 3D 打印炒作周期、高德纳《2015 年十大战略性 IT 技术》、罗兰贝格《增材制造》、科尔尼《3D 打印：一场制造革命》、麦肯锡《12 项颠覆性技术》、高德纳《2016 战略科技趋势》、高盛集团九大颠覆性技术、福布斯《2018 科技趋势》、《MIT 技术评论》
	机器人（硬件）	联合国《未来展望》、美国国家情报委员会《颠覆性民用技术》、DARPA《未来 30 年技术愿景》、波士顿咨询集团《全球工业机器人报告》、麦肯锡《12 项颠覆性技术》
	先进制造技术	联合国《未来展望》、NASA“改变游戏规则”行业日、《日本战略技术路线图》、美国《国家制造创新网络计划》
	国家制造业创新网络	《2015 年美国国家创新战略》
航天	太空探索	《2015 年美国国家创新战略》、DARPA《未来 30 年技术愿景》、美国陆军《2016—2045 年新兴科技趋势》、《Nature》 2017 展望
	太空机器人	NASA“改变游戏规则”行业日、DARPA《未来 30 年技术愿景》
	高超声速技术	NASA“改变游戏规则”行业日、美国空军《2030 年技术愿景展望》、《航空周刊》、洛马《2018 技术预测》
	航电设备	NASA“改变游戏规则”行业日
	卫星	英国《技术与创新的未来 2017》、《航空周刊》
	推进和发射技术	《航空周刊》、《MIT 技术评论》
其他	微机电系统	美国《国家纳米技术计划》
	石墨烯相关技术	《英国 2030 年技术预见》、欧盟“未来和新兴技术旗舰项目”、美国自然科学基金会相关技术项目
	无人驾驶	勒克斯“无人驾驶技术”报告、麦肯锡《自动驾驶技术革命的脉络、难题与演进》、麦肯锡《12 项颠覆性技术》、高德纳《2017 技术成熟度曲线》、《MIT 技术评论》

国外与颠覆性技术相关的报告大致可分为三类：综合性报告类、专项技术报告类、技术预测与趋势分析类。综合性报告多是各国政府或知名智库发布的战略性报告（见表 2），提及了多个重点领域内的颠覆性技术，如人工智能领域、机器人领域、生物领域、能源领域等。专项技术报告（见表 3）来源相对广泛，各机构均针对特定技术领域，提出了相应的颠覆性技术方向。技术预测与趋势分析类报告（见表 4）多是对近年来颠覆性技术的总结，以及对未来颠覆性技术趋势的分析等。

表 2　国外与颠覆性技术相关的综合性报告

序号	发布或研究机构	报告名称	发布年份
1	联合国	《未来展望》	2015
2	联合国教科文组织	《2015 年科学报告：面向 2030》	2015
3	美国国家科技委员会	《21 世纪的科学、技术与创新战略——确保美国国家安全》	2016
4	美国国家情报委员会	《颠覆性民用技术：至 2025 年潜在影响美国利益的六大技术》	2008
5	美国白宫科技政策办公室	《美国创新新战略》	2015
6	美国国防工业协会	《全球不稳定新时期的十大颠覆性技术》	2014
7	CSIS	《国防 2045：为国防政策制定者评估未来的安全环境及影响》	2015
8	CNAS	《改变游戏规则：颠覆性技术与美国国防战略》	2013
9	NASA	《改变游戏规则发展计划》	2016
10	DARPA	《未来 30 年技术愿景》	2015
11	美国空军	《全球地平线：美国空军全球科技愿景》	2013
12	美国空军	《2030 年技术愿景展望》	2011
13	美国陆军	《2016—2045 年新兴科技趋势报告》未来 30 年最值得关注的 20+4 项新兴科技	2016
14	欧盟	“未来和新兴技术旗舰项目”	2013
15	欧盟	《2020 地平线（H2020）多年期计划（2014—2020 年）》	2015
16	欧洲理事会	《欧盟能源 2020 智慧、可持续和包容性增长战略》	2010
17	德国联邦教育研究部	《德国第二次技术预见》	2012—2014
18	德国	《思想 • 创新 • 增长——德国 2020 高技术战略》	2010
19	英国政府	《技术与创新未来：英国 2030 年的增长机会》	2010
20	英国政府科技办公室	《技术与创新的未来 2017》	2017
21	俄罗斯	《俄罗斯联邦至 2030 年科技发展预测》	2014
22	日本政府	《十大最重要技术》	2013—2015
23	日本政府	《日本战略技术路线图》	2005
24	日本内阁	《科学技术创新综合战略 2017》	2017
25	韩国科学技术评价院	《KISTEP 十项新兴技术》	2016

表 3　国外与颠覆性技术相关的专项报告

序号	发布或研究机构	报告名称	发布年份
1	美国白宫	《国家人工智能研究与发展战略规划》	2016
2	美国国防部	《新版赛博战略》	2015
3	美国政府	《国家生物经济蓝图》	2012
4	美国政府	《国家纳米技术计划（NNI）》	2000
5	美国国家自然科学基金会	《石墨烯相关技术项目》	2002—2013
6	美国政府	《材料基因组计划》	2012
7	美国政府	《国家制造创新网络计划》	2016

（续表）

序号	发布或研究机构	报告名称	发布年份
8	美国国家标准与技术研究院	《基于聚合物的增材制造测量科学路线图》	2017
9	美国	《增材制造技术路线图》	2013
10	美国家卫生研究院等	《脑计划》	2013
11	美国白宫	《精准医学计划》	2015
12	欧盟	《量子技术旗舰项目》	2016
13	欧盟	《欧盟脑计划》	2013
14	英国	《量子技术国家战略》	2015
15	英国	《英国合成生物学战略计划 2016》	2016
16	英国	《生物能源战略》	2013
17	日本	《“量子通信技术”计划》	2011
18	高德纳	《2018 人工智能预测》	2017
19	高德纳	《2017 版 3D 打印炒作周期》	2017
20	高德纳	《2015 年十大战略性 IT 技术》	2015
21	麦肯锡	《人工智能：下一个数字前沿？》	2017
22	麦肯锡	《汽车革命——展望 2030》	2016
23	麦肯锡专家	《自动驾驶技术革命的脉络、难题与演进自动驾驶主要挑战与发展方向》	2017
24	普华永道达沃斯报告	《衡量人工智能所带来的影响：把握机遇》	2017
25	普华永道	《探索人工智能革命》	2017
26	利伯曼全球研究所	《虚拟现实技术》	2014
27	美国勒克斯研究公司	《无人驾驶技术》	2015
28	科尔尼管理咨询公司	《大数据技术》	2015
29	埃森哲	《智能电网技术》	2014
30	波士顿咨询集团	《全球工业机器人报告》	2016
31	罗兰贝格国际管理咨询公司	《增材制造——制造业的新规则？》	2013
32	美银美林集团	《机器人革命》	2015
33	科尔尼管理咨询公司	《3D 打印：一场制造革命》	2015
34	Frost & Sullivan	《物联网的八大发展趋势》	2017
35	英国市场咨询公司	《虚拟现实技术》	2015
36	英国移动咨询公司	《虚拟现实技术》	2016
37	IDC Future Scape	《2018 年全球物联网十大趋势性预测》	2017
38	西班牙《阿贝赛报》	《六种可能改变未来的新材料》	2017
39	《航空周刊》	《下任美国总统必须关注的 9 大航空航天技术领域》	2016
40	《航空周刊》	《2016 年值得关注的 16 项航空航天技术》	2015
41	《航空周刊》	《最有前景的 18 项航空航天技术》	2016
42	哈佛大学肯尼迪政治学院	《人工智能与国家安全》	2017
43	斯坦福大学	《人工智能的发展趋势，2030 年人工智能将如何融合并影响我们的生活》	2016
44	佛罗里达州立大学	《人工光合作用将二氧化碳转化为燃料》	2017
45	Amazon、微软等	《边缘计算》	2017
46	世界机器人大会专家委员会	《机器人领域十项最具成长性技术展望（2017—2018 年）》	2017
47	德尔福客座专家	《自动驾驶汽车创新的 11 项新技术》	2017
48	德勤	《2020 健康与生命科学趋势预测》	2014

表 4　国外与颠覆性技术相关的技术预测与趋势报告

序号	发布或研究机构	报告名称	发布年份
1	兰德公司	《49 项未来技术》	2006
2	麦肯锡公司	《12 项颠覆性技术引领全球经济变革》	2013
3	汤森路透	《2025 年的世界：10 项革新预测》	2014
4	汤森路透	《12 大颠覆性技术创新方向预判》	2015
5	麻省理工学院	《MIT 技术评论》	2001—2017
6	高德纳	《2020 年改变科技行业的 10 大预测》	2016
7	高德纳	《2016 年十大战略科技趋势》	2016
8	高德纳	《2017 年、2018 年十大战略科技发展趋势》	2017
9	高德纳	《2017 技术成熟度曲线》	2017
10	毕马威	《2014 年技术创新调查》	2014
11	毕马威	《2017 年颠覆性技术变革趋势报告》	2017
12	埃森哲	《埃森哲零售技术展望》	2015
13	德勤	《2017 德勤技术趋势》	2017
14	达沃斯世界经济论坛	《年度十大新兴科技》	2012—2017
15	高盛集团	《九大颠覆性技术》	2014 之后
16	《环球科学》	《七大颠覆性技术破解能源危机》	2011
17	《Nature》	《Nature》2017 年十大展望	2016
18	美国家反情报总监办	《他国最想获得或窃取的美国技术》	2013
19	硅谷银行	《前沿科技报告》	2015
20	美国国防部国防创新试验小组	《关注的五大前沿技术领域》	2017
21	ARK 投资管理公司	《最具潜力的七大颠覆性技术》	2017
22	美国科技网站 theverge.com	《“五年后的世界”访谈系列》	2016
23	英特尔公司接受《物理学家组织》网站采访	《未来技术发展趋势》	2017
24	英国《金融时报》	《改变人类未来的五种前沿技术》	2017
25	IBM 研究人员	《有望在未来 5 年改变人类生活的 5 大创新》	2017
26	福布斯网站刊登 Gil Press 文章	《关于众多 2017 年科技趋势预测的 6 个有趣观察》	2016
27	福布斯	《2018 年五大技术冲击和一个意外之惊》	2017
28	福布斯	《2017 年 17 大科技发展趋势》	2016
29	福布斯	《2018 年将改变世界的九股科技大趋势》	2017
30	福布斯	《2017 年 7 大科技趋势》	2016
31	《MIT 技术评论》《共青团真理报》、霍金等	《2017 年将会深刻影响并改变人类的科技（8 项）》	2017
32	埃森哲	《2017 年 8 大趋势》	2016
33	英国《新科学家》	《2017 年将要发生的 10 件重大科技事件》	2017
34	洛·马公司	《2018 年将影响国防和军工的 6 大顶尖技术预测》	2017
35	英国投行 GP Bullhound	《2017 年的十大技术趋势》	2017
36	世界互联网大会	《18 项全球领先科技成果》	2017
37	著名设计公司 Frog	《2017 科技发展的 15 大趋势》	2016
38	德国《世界报》	《比尔 • 盖茨对人类未来的七个预言》	2017

（二）国外颠覆性技术识别、评价与预测方法总结

项目组在对国外颠覆性技术跟踪梳理的基础上，对国外开展的颠覆性技术识别、评估与预测方法进行了总结与分析。

1. 国外颠覆性技术识别方法研究 [2]

项目组选取了 9 个国外典型机构发布的技术创新研究报告，总结颠覆性技术识别方法，并将其归纳为五类，分别是文献分析法、技术定义法、问卷调查法、场景模拟法、技术路线图法（见表 5）。

代表机构与研究报告分别是：汤森路透《开放的未来：2015 全球创新报告》、美国国防部（DoD）“技术监视 / 地平线扫描（TW/HS）”项目、兰德公司（RAND）2013 年《未来国防技术前景、见解、分析和启示》（文献分析法）；美国麻省理工学院的《MIT 技术评论》、麦肯锡《12 项颠覆性技术引领全球经济变革》、高盛对九大颠覆性技术的总结（技术定义法）；毕马威《2014 年技术创新调查》（问卷调查法）；新美国安全中心（CNAS）的《游戏规则改变者：颠覆性技术与美国国防战略》（场景模拟法）；美国国家航空航天局（NASA）的《未来航天发展的技术路线图》（技术路线图法）。

2. 国外颠覆性技术评价与预测方法研究

项目组选取了 7 个国外典型机构开展的技术评估与预测研究成果，并划分为 5 类，分别是技术成熟度曲线法、技术成熟度评价法、质量功能展开法、情景分析法、社会趋势聚焦法（见表 6）。

代表机构与取得的研究成果分别是：高德纳公司的“2017 版 3D 打印技术成熟度曲线”与“2017 年度新兴技术成熟度曲线（技术成熟度曲线法）”；美国审计署将运用技术成熟度评价法评价国防项目，美国国防部将技术成熟度评价法作为武器装备采办过程的重要评价工具和控制手段（技术成熟度

表 5　国外典型颠覆性技术识别典型方法简析

序号	方法	定性 / 定量	输入	输出	适用性	技术工具
1	文献分析法（专利分析、文献计量）	定量	技术搜索项和参考文献、专利数据库	经数据抽取、分析和专家筛选后的关键技术领域	用于定量、可视化的反映技术发展的热点领域和趋势	知识图谱与聚类分析
2	技术定义法	定性、定量相结合	技术选择标准	经筛选后的关键技术领域	用于识别具有确定标准的技术	专家咨询与评估
3	问卷调查法	定性	专家调查表与专家意见	专家集体判断结果	用于具有指向性的技术，更加全面、灵活	网络问卷与专家访谈
4	场景模拟法	定性	未来场景	技术实现相对障碍、途径	适用于需求牵引技术的识别	专家咨询与评估
5	技术路线图法	定性	对未来社会、经济和技术发展的系统研究	某领域技术发展优先顺序、实现时间、发展路径	适用于某个领域的技术	专家咨询与评估

表 6　国外典型颠覆性技术评估与预测典型方法简析

序号	方法	定性 / 定量	输入	输出	适用性	技术工具
1	技术成熟度曲线法	定量	媒体报道、技术性能的成熟水平	对技术发展现状的评估	主要用于评价技术的可见度和发展成熟度	专家咨询与评估
2	技术成熟度评价法	定量	技术成熟度评价准则、技术性能成熟水平	已确定技术的发展程度	用于评价确定的关键技术本身成熟的程度	专家咨询与评估
3	质量功能展开法	定性、定量相结合	由技术目标和技术选项组成的矩阵、评价标准及权重	不同技术选项的优先级次	主要用于建立和评估技术与需求之间的映射关系，并对满足重要需求的技术赋予较高的权重	质量屋、专家打分
4	情景分析法	定性	未来场景涉及的关键影响因素	未来场景的详细阐述	对具有多种发展可能的情景进行评估预测	专家咨询与评估
5	社会趋势聚焦法	定性	社会趋势	机遇挑战与技术领域	中长期的技术预测	专家咨询与评估

评价法）；美国国家研究委员会运用“质量功能展开法”对 NASA 14 个技术领域路线图的评估与优先级排序（质量功能展开法）；日本运用“情景分析法”开展第十次技术预见、韩国运用“情景分析法”预测 2016 年解决本国社会问题的十项新兴技术（情景分析法）；德国联邦教育及研究部运用“社会趋势聚焦法”开展第二次技术预见（社会趋势聚焦法）。

此外，根据研究视角的不同，国外颠覆性技术研究大致可划分为识别技术领域 / 社会趋势（常用的方法有技术定义、问卷调查、文献计量、情景分析等）、聚焦技术方向 / 技术挑战（常用的方法有调研、访谈、标准筛选、定量分析等）、研讨某项具体技术（常用的方法有专家研讨、技术补充、定量评估、路线图、场景模拟等）三个方面。

三、国内颠覆性技术研究概述与研究方法总结

国内目前关于颠覆性技术的研究主要划分为两类。

第一类是专家学者在学术层面进行的研究，近年来国内不少专家学者对颠覆性技术的识别、评价和预测进行了探索尝试，主要试图运用科学的方法对颠覆性技术进行预测研究，但总体而言，大部分工作虽然理论性较强，相对更具科学性，但对颠覆性技术的研究仍聚焦于对单项技术的判断，且预测工作量较大，对于在国家层面进行大面积的识别还存在一定的难度。另外，由于各个行业存在一定的专业壁垒，相关方法对不同行业是否具有普适性，仍需进一步验证。

第二类是专业机构在国家层面开展的颠覆性技术预测活动，主要研究方法为专家访谈法和问卷调查法，理论性相对较弱，更为注重的是研究方法的可操作性、普适性和易用性。代表性工作如科学技术部 2013 年启动的“‘十三五’技术预测”中颠覆性技术预测相关内容、中国工程院 2015 年启动的“中国工程科技 2035 发展战略研究”中颠覆性技术预测相关内容以及中国工程院 2016 年启动的“引发产业变革的重大颠覆性技术预测研究”等。

国家科技部在 2013 年启动的“‘十三五’技术预测”中加入了颠覆性技术预测和评价相关内容。其在“‘十三五’技术预测”工作中提到：明确我国当前重点领域关键技术现状，预测未来 5~10 年制约经济社会发展的核心关键技术，提出国家关键技术选择建议；在工作中注重遵循技术发展的自身规律、注重共性关键技术、注重颠覆性技术。在颠覆性技术预测实践过程中，其未沿用在“国家关键技术”预测过程中一直采用的“技术摸底 – 技术预测 – 技术选择”三阶段推进基本程序，而是在给出颠覆性技术概念内涵和遴选原则的基础上，以专家自主推荐的方式遴选了十余项颠覆性技术。此项工作是国家层面进行颠覆性技术预测的初次探索，为其他机构后续开展颠覆性技术预测工作提供了思路参考与方法借鉴。

中国工程院在开展“中国工程科技 2035 发展战略研究”研究过程中，专门设立了技术预见组支撑面向 2035 年工程科技关键领域和关键技术选择，其中包括了颠覆性技术和前沿技术预测相关内容。在研究中，技术预见组综合运用了文献计量、专利分析、德尔菲法及技术成熟度等多种技术预见方法，在进行技术预见的同时开展需求分析，坚持将技术预测与社会经济发展相结合。研究形成的“国内外技术预见活动综述”“技术预见领域划分”“技术预见调查问卷模板”等一系列研究成果，为国内相关机构开展颠覆性技术遴选提供了很好的借鉴作用 [3]。

中国工程院在开展“引发产业变革的重大颠覆性技术预测研究”过程中，从研究引发产业变革的颠覆性技术内涵、建立引发产业变革的颠覆性技术的指标评价体系入手，通过两轮问卷调查，依托院士与专家智慧，逐步从 313 项“备选技术清单”中定性遴选出 165 项“备评技术”，再从这 165 项“备评技术”中定量遴选出 26 项“备研技术”。此项目充分吸收与借鉴了科学技术部开展的“‘十三五’技术预测”工作和中国工程院开展的“中国工程科技 2035 发展战略研究”的研究思路与研究成果，如沿用了科学技术部在“国家关键技术”预测过程中采用的“技术摸底 – 技术预测 – 技术选择”三阶段推进的基本程序，项目最初的“颠覆性技术备选清单”中的技术也参考并涵盖了《面向“十三五”的技术预测》和《中国工程科技 2035 发展战略研究》两项成果中调查技术的 1 149 项和 807 项技术 [4]。

上述工作是国内相关机构对颠覆性技术预测和评价的初步探索，为其他机构后期开展颠覆性技术预测提供了良好的工作方法和研究方法借鉴，但在研究中也暴露了许多需要改进的方面，主要体现在：研究方法仍以德尔菲法为主，高度依赖各领域专家的经验和智慧，缺乏成熟可靠的计量模型等方法，主观性较强；参与问卷调查的专家数量与覆盖面还有所欠缺，对产业界的观点参考不够，易遗漏处于产业孕育阶段的颠覆性技术；在研究中基本秉持“技术已知”的思维，缺乏对适应未知颠覆性技术发展趋势的系统思考等。

四、促进我国颠覆性技术研究科学发展与快速成型的建议

为促进我国颠覆性技术研究的科学发展与快速成型，提出以下四点建议。

第一，集中优势资源设立专业智库群，长期跟踪研究颠覆性技术。建议依托中国科学院与中国工程院等机构，设立若干颠覆性技术研究智库，并予以稳定的资金支持，对颠覆性技术发展及产业化过程进行长期跟踪，并滚动发布研究成果。建议上述智库瞄准世界颠覆性技术发展前沿，聚焦国家重大战略任务，构建颠覆性技术识别方法与研究理论，着力挖掘原创型颠覆性技术，要精确瞄准信息网络、生物科技等孕育重大产业变革前景颠覆性技术的领域，并研究各领域、各行业间技术的相互交叉与渗透效果。

第二，建立科学的技术评估体系，资助企业培育与发展颠覆性技术。建议由上述智库探索建立以非共识指标、颠覆性指标和产业化指标为核心的非常规技术评价体系，逐步建立并完善符合颠覆性技术发展特点和规律的评价机制。在此基础上，组织专家运用该技术评估体系，对潜在颠覆性技术进行评级与评估，遴选出一批潜在颠覆性技术予以立项论证。同时，建议科学技术部在国家重大科技专项中设立颠覆性技术专项资金，资助大型创新领军企业面向中远期市场应用，对已通过立项论证的颠覆性技术进行培育与发展。

第三，引入风险投资资本，加大财税优惠政策，激活企业的技术产业化动力。建议省市级政府设立科技咨询及服务机构，为投资者提供咨询及所需服务，并免征或减征企业获得的风险投资金额。省市级政府也可探索自行成立风险投资基金会。省市级政府还可建立健全科技金融服务体系，探索“投贷联动”等面向中小微企业等新型融资支持模式，疏通金融进入中小微创新企业。企业则需设定出最符合该颠覆性技术应用场景的实际应用方案或技术路线图，明确该颠覆性技术产业化的具体实施过程，避免盲目跟风，加速技术转化。

第四，有效衔接“产学研”各要素，聚合力攻关产业化瓶颈。建议开展颠覆性技术研究的高端智库群、科研院所、高校与企业，建立定期交流研讨机制，共享研究成果。同时，建议由省级政府主导，构建“产学研”融通体系，建立由科研机构、高校与企业联合组成的“产学研”创新联盟或研究团体，有机衔接颠覆性技术的上下游与“产学研”各要素，重点攻关颠覆性技术产业化瓶颈。科研机构与高校可拿出一定比例的经费与企业合作推动颠覆性技术产业化，企业也可向高校和科研机构提供颠覆性技术研发经费，企业及时将生产实践中的颠覆性技术创新需求主动反馈给高校和科研院所。

参考文献

[1] 马利彬, 刁天喜, 房彤宇. 颠覆性技术识别方法研究与应用分析 [J]. 军事医学, 2018, 42(1): 4–8.
Ma L B, Diao T X, Fang T Y. Research and application of disruptive technology identification methods [J]. Military Medical Sciences, 2018, 42(1): 4–8.

[2] 王安, 孙棕檀, 沈艳波, 等. 国外颠覆性技术识别方法浅析 [J]. 中国工程科学, 2017, 19(5): 79–84.
Wang A, Sun Z T, Shen Y B, et al. Analysis of disruptive technology identification methods in foreign countries [J]. Strategic Study of CAE, 2017, 19(5): 79–84.

[3] 王崑声, 周晓纪, 龚旭, 等. 中国工程科技2035技术预见研究 [J]. 中国工程科学, 2017, 19(5): 34–42.
Wang K S, Zhou X J, Gong X, et al. Technology foresight on China’s engineering science and technology to 2035 [J]. Strategic Study of CAE, 2017, 19(5): 34–42.

[4] 孙永福, 王礼恒, 孙棕檀, 等. 引发产业变革的颠覆性技术内涵与遴选研究 [J]. 中国工程科学, 2017, 19(5): 9–16.
Sun Y F, Wang L H, Sun Z T, et al. Connotation and selection of disruptive technologies that lead industrial change [J]. Strategic Study of CAE, 2017, 19(5): 9–16.