

世界前沿技术发展报告 2017

国务院发展研究中心 国际技术经济研究所 编写



科学出版社

世界前沿技术发展报告 2017

国务院
发展研究中心 国际技术经济研究所 编写

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书详细介绍了2017年世界前沿技术的重大进展和发展动向,并对影响前沿技术发展的重大问题进行了深入分析。全书共8个分报告,分别介绍了信息、生物、能源、新材料、智能制造、航天、航空、海洋技术领域的最新发展动态,其中包括重大技术进展及相关产业的发展、主要国家的战略举措等。

本书可供从事科技决策和管理的领导、工作人员以及从事前沿技术研究的学者和专家参考。

图书在版编目(CIP)数据

世界前沿技术发展报告. 2017 / 国务院发展研究中心国际技术经济研究所编写. —北京: 科学出版社, 2018.11

ISBN 978-7-03-056049-0

I. ①世… II. ①国… III. ①科学技术-发展-研究报告-世界-2017
IV. ①N11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 314969 号

责任编辑: 魏如萍 / 责任校对: 张凤琴
责任印制: 霍 兵 / 封面设计: 蓝正设计

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>

新科印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018年11月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2018年11月第一次印刷 印张: 19

字数: 400 000

定价: 172.00元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

《世界前沿技术发展报告 2017》编委会

主任 路红旗

委员 吴 柱 郭玖晖

评审 (按姓氏笔画排序)

方 勇	李 原	李大海	李正风	李宝山
李俊峰	杨卫丽	杨红生	余 江	张仕元
张增志	周永春	赵桥轮	宫晨光	倪光南
高彬彬	唐见茂	曹 诚	梁 巍	谢兵兵

《世界前沿技术发展报告 2017》编写组

组 长 郭玖晖

副组长 祝晓莲

报告执笔人

综 述	孟 贵	刘丽馨	陈 光	刘 淑	
信 息	许 晔	陈英纳	陈 赟	张骁逸	宫学源
生 物	魏晓青	肖 尧	陈 婷	张立国	
能 源	时璟丽	苏 铭	周 胜	白 泉	裴庆冰
	周亚丽				
新 材 料	武 英	宫学源	王秀梅	张 韵	张忠伦
	李静文	彭华新			
智能制造	郝玉成	吴 桐	刘 曙	秦宇飞	贾建民
	王 斌	赵英含	王振伟	李春光	张 宇
航 天	徐 鹏	陈建光	李虹林	刘 博	张嘉毅
航 空	赵群力	姜曙光	邓中卫	张嘉毅	
海 洋	郑苗壮	刘 堃	周亚丽	朱 璇	裘婉飞
编 辑	王冠宇	陈杰军			

目 录

2017 年世界前沿技术发展报告综述	1
一、2017 年世界前沿技术发展趋势与特点	3
二、重点国家科技战略与政策动态	14
三、重要前沿技术领域的研究进展	21
2017 年世界信息技术发展报告	37
一、世界信息技术及产业发展重要动向	39
二、先进计算技术	48
三、网络与通信技术	53
四、网络安全	57
五、虚拟现实与数字媒体技术	60
六、微电子与光电子技术	65
2017 年世界生物技术发展报告	71
一、世界生物技术及产业发展重要动向	73
二、基因编辑	81
三、合成生物学	88
四、生物医药技术	92
五、生物安全	105
2017 年世界能源技术发展报告	111
一、世界能源政策、技术及产业发展重要动向	113
二、化石能源	123
三、核能	127
四、可再生能源	132
五、节能交通	137
2017 年世界新材料技术发展报告	143
一、世界新材料技术及产业发展重要动向	145
二、高性能结构材料	154
三、先进功能材料	161
四、前沿新材料	169
2017 年世界智能制造技术发展报告	175
一、世界智能制造技术及产业发展重要动向	177

二、机器人技术	188
三、3D 打印技术	195
四、新一代信息技术与智能制造	198
五、智能工厂相关技术	201
六、人工智能技术	205
2017 年世界航天技术发展报告	211
一、世界航天技术发展重要动向	213
二、运载火箭技术	219
三、卫星技术	227
四、载人航天技术	235
五、空间探索技术	238
2017 年世界航空技术发展报告	243
一、世界航空技术发展重要动向	245
二、军用飞机技术	252
三、民用飞机技术	255
四、无人机技术	258
五、直升机技术	261
六、航空动力技术	263
七、机载系统与武器技术	265
2017 年世界海洋技术发展报告	271
一、世界海洋技术发展重要动向	273
二、海洋监测与观测	278
三、海洋资源勘探开发	282
四、海洋卫星遥感与通信	287
五、极地调查与考察	289
致谢	296

世界前沿技术发展报告 2017

2017 年世界前沿技术发展 报告综述

2017 年,全球前沿科技创新速度加快,信息技术、人工智能 (artificial intelligence, AI)、生物技术、能源、基因编辑、脑科学、物联网、3D 打印、无人系统和先进材料等重大关键技术领域创新成果大量涌现,在经济、科技、社会、军事等领域的影响日益凸显。如今,世界各国正处于新一轮科技革命和产业变革的重要关口,一些重要科学问题和关键核心技术已呈现出革命性突破的先兆。信息、生物、能源、材料、海洋等应用科学不断发展,带动了关键技术交叉融合、群体跃进,变革突破的能量正在不断积累。与此同时,2017 年科技安全风险更加突出,人工智能伪造技术、比特币、生物 DIY、危险病毒重生等引起全世界对高技术滥用和误用的担忧与警惕。为积极应对逆全球化浪潮、数字经济的发展和前沿技术研发人才稀缺等问题,中国、美国、日本及欧洲多国普遍增加科研投入,布局长远,以求在未来世界科技竞争格局中保持优势。

一、2017 年世界前沿技术发展趋势与特点

(一) 全球科技创新环境总体向好,仍有部分要素存有隐忧

全球经济复苏企稳,科技创新的经济与投资环境向好,但风险犹存。2017 年,全球经济形势延续了上年的良好势头,实现了持续增长。发达经济体和新兴市场经济体的增长都明显提速。国际货币基金组织持续看好经济增长形势,将全球经济增长预期从 2016 年的 3.1% 提升至 2017 年的 3.5% 和 2018 年的 3.6%。2017 年是自 2011 年以来经济增长速度最快的一年,全球约有 2/3 的国家 2017 年的经济增速高于上年。美国智库布鲁金斯学会和英国《金融时报》联合编制的“全球经济复苏追踪指标”(tracking indexes for the global economic recovery, TIGER)指出,在世界经济遭遇金融危机近 10 年后,全球经济复苏终于变得“普遍而稳固”。其中,东亚和南亚仍然是全球最具活力的地区。2017 年,东亚和南亚经济增长占全球近 50%,仅中国对全球经济增长的贡献就约占 1/3。尽管短期前景有所改善,但全球经济深层次的问题仍未解决,不稳定、不确定的因素依然存在,全球经济仍然面临风险,如多国货币政策收紧,则可能引发波动。美国、加拿大和澳大利亚都有加息准备,利率提升后将导致资产价格重估;欧洲地缘政治风险加剧,分离主义严重,中欧、中美贸易可能会受到影响。总体来看,全球经济风险整体在低位运行,发达国家经济风险持续走低,新兴经济体风险相对较高,中国经济风险处在不断累加的过程中。

各国重视以创新提升经济竞争力,研发投入普遍增加,但公共财政投入有所减少,给突破性科技研发带来不利影响。美国权威研发科学杂志——研究与发展杂志 (Research & Development Magazine, Rdmag) 曾预测 (表 1),2017 年全球研发投入总额将达 20 663 亿美元,增幅为 3.4%,与 2016 年 (增幅 3.75%) 相比有所放缓。美国以 5 274.6 亿美元的研发投入继续保持全球第一,占全球研发投入的 25.52%;中国紧随其后,以 4 295.4 亿美元的研发投入占全球 20.79% 的份额;日本位列第三,研

发投入约为 1 733.6 亿美元；韩国研发投入将达其 GDP（国内生产总值）的 4.29%。2017 年，研发投入地区分布呈现亚洲（42.9%）、美洲（27.7%）、欧洲（20.8%）多极化格局，而亚洲国家研发投入增长最为强劲，其中中国、印度、韩国分别以 7.12%、6.33%、3.73% 的增长率位居前列。

表 1 2017 年全球主要经济体研发投入预测情况

排名	国家或地区 /（×10 亿美元）	研发投入	同比	占 GDP 比重	全球份额
1	美国	527.46	2.93% ↑	2.83%	25.52%
2	中国	429.54	7.12% ↑	1.96%	20.79%
3	日本	173.36	0.60% ↑	3.50%	8.39%
4	德国	112.49	—	2.84%	5.44%
5	韩国	83.91	3.73% ↑	4.29%	4.06%
6	印度	77.46	6.33% ↑	0.84%	3.75%
7	法国	60.84	1.30% ↑	2.24%	2.94%
8	俄罗斯	55.93	1.10% ↑	1.50%	2.71%
9	英国	48.25	1.09% ↑	1.75%	2.34%
10	巴西	37.22	0.49% ↑	1.20%	1.80%
11	澳大利亚	36.19	2.70% ↑	2.30%	1.75%
12	加拿大	30.29	1.88% ↑	1.80%	1.47%
13	意大利	28.04	0.90% ↑	1.27%	1.36%
14	中国台湾	27.66	3.83% ↑	2.45%	1.34%
15	西班牙	21.61	2.17% ↑	1.27%	1.05%
16	荷兰	18.07	1.63% ↑	2.10%	0.87%
17	瑞典	16.64	3.23% ↑	3.30%	0.81%
18	土耳其	15.55	2.98% ↑	0.92%	0.75%
19	瑞士	14.71	2.01% ↑	2.98%	0.71%
20	新加坡	12.75	2.16% ↑	2.60%	0.62%

资料来源：Rdmag

2017 年 9 月，经济合作与发展组织（Organization for Economic Co-operation and Development, OECD）发布的《2017 年科学、技术与创新展望报告》（*Science, Technology and Innovation Outlook 2017*）指出，OECD 成员国的政府科技研究试验支出在 2000 年和 2015 年占财政总支出的比例虽逐渐走低，但研发投入占 GDP 的比例仍呈扩大趋势，OECD 成员国 2016 年公共研发支出占全球总支出的 65%。2009 年后，由于受到金融危机的冲击，各国公共财政日趋拮据，OECD 成员国开始减少公共财政中的研发预算支出。面对未来全球经济增长的减缓趋势，OECD 成员国研发支出将可能维持现有水准或继续萎缩下去。各国政府转而普遍实施如公共采购和税收激励等“无支出”的支持方法以促进研发和创新，这使得来自企业的科研资金逐渐增多。相对而言，商业应用性较弱和寻求突破性技术进展的基础研究的研发资金或将有所减少。

政治因素和逆全球化思潮可能成为部分领域科技创新和国际科技合作的障碍，全

球科技创新多极化格局逐渐浮现。美国总统特朗普自上任至今，并未任命科技政策办公室（Office of Science and Technology Policy, OSTP）主任，甚至未表示过总统科技顾问是否保留。同时，特朗普政府对全球气候变化问题的态度消极，由共和党控制的国会和白宫都倾向于削减国内开支，这将对相关科技领域的发展带来毁灭性打击。2017 年 5 月，特朗普政府发布的 2018 财年预算蓝图对原有科技投入结构做出较大调整，宣布在这份财年预算中取消“清洁能源计划”（Clean Power Plan, CPP）、“全球气候变化计划”（US Climate Change Science Program, USCCSP）等多项科技计划，从能源、卫生、教育等领域的公共投资中转移出 523 亿美元用于国防领域发展。2017 年，特朗普政府先后退出了巴黎气候协定和联合国教育、科学及文化组织（United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, UNESCO），美国优先战略带动世界范围内的孤立主义抬头，给国际科技合作带来不利影响。

在欧洲，英国决定脱离欧盟，此举将减少其参与的欧洲研究项目以及降低往返英国和欧洲大陆的学生和研究人员的流动性。英国朱尼普研究公司（Juniper Research）调查结果显示，65% 的英国科技产业从业人员认为英国脱欧将对全球科技产业产生负面影响。普华永道思略特战略咨询公司（PwC Strategy&）在其面向全球 562 位高管进行的调研中发现，经济民族主义的升温将会相应地对研发投资领域和创新方式产生影响；在这份社会调查中，52% 的受访者表示，经济民族主义趋势对企业的研发将产生中度到重度影响。

金砖国家（巴西、俄罗斯、印度、中国和南非）或已成为引领发展中国家科技创新的主要群体。金砖国家年研发投入约占全世界的 17%；高技术产品出口额达到近 60 000 亿美元，约占全世界的 28%；科技期刊论文发表量达到 59 万篇，约占全世界的 27%。2017 年 7 月发布的《中国国际科技合作现状报告》显示，从 2006 年到 2015 年，中国国际科研合作中心度已由全球第十位上升到第七位，中国在全球科研合作规模的排名由全球第六位升至全球第四位。推动科技进步的力量已不再专属于高收入国家，非 OECD 经济体承担了超过世界 1/3 的公共科学研究，印度、俄罗斯、中国台湾地区、伊朗及阿根廷维持着世界上最大的公共科研系统，全球多极化研究的现象可能因此出现。

大型跨国企业成为企业科技创新投入的主体，制造业、信息技术服务和健康产业成为企业技术创新投入的热门领域。2017 年 12 月，欧盟委员会（European Commission）发布《欧洲工业研发投资记分牌》（*European Industrial R&D Investment Scoreboard*），对全球研发投资排名在前 2 500 名的企业进行（美国 822 家、欧盟 567 家、日本 365 家、中国 376 家、其他 370 家）调研后得出结论：2017 年，这 2 500 家企业研发投资总额占全球企业研发投资总额的 90%，达 7 416 亿欧元，增幅为 5.8%。从国别来看，中国企业的研发投入增加 18.8%，远高于美国（7.2%）、欧盟（7.0%）和日本（-3%），在主要经济体中位居首位。从产业层面看，以云计算、物联网、人工智能和大数据等为代表的信息技术和数字经济成为各主要国家投入的重点。受全球市场影响，加上各国政府产业政策及财税政策的影响和牵引，全球企业投资主要集中在

信息通信、生物技术和汽车等高技术行业，并表现出强劲增长势头。根据德国统计公司 Statista 发布的数据（表 2），2017 年，计算机和电子产业、健康医疗产业和汽车产业分别以 23.1%、22.7% 和 15.5% 的份额位居产业研发投入前三。普华永道思略特战略咨询公司的《年度全球创新 1000 强》研究结果显示，全球最大的 1 000 家上市企业研发支出总额于 2017 年突破 7 000 亿美元大关。根据包括企业和政府在内的各方面数据，全球创新 1000 强企业的研发支出总额已经占到全球研发总支出的 40%，其中软件与互联网行业的研发支出同比增长不断稳步上升，增幅由 1% 上升到 3%；预计到 2018 年，医疗行业将超过计算机与电子行业，成为全球研发支出最高的行业。

表 2 全球企业研发投入排行榜前十名

排名	欧盟委员会排名	普华永道思略特战略咨询公司排名
1	大众（德国）137 亿欧元	亚马逊（美国）161 亿美元
2	Alphabet（美国）129 亿欧元	Alphabet（美国）139 亿美元
3	微软（美国）124 亿欧元	英特尔（美国）127 亿美元
4	三星（韩国）122 亿欧元	三星（韩国）127 亿美元
5	英特尔（美国）121 亿欧元	大众（德国）121 亿美元
6	华为（中国）104 亿欧元	微软（美国）120 亿美元
7	苹果（美国）95 亿欧元	罗氏（瑞士）114 亿美元
8	罗氏（瑞士）92 亿欧元	默沙东（美国）101 亿美元
9	强生（美国）86 亿欧元	苹果（美国）100 亿美元
10	诺华（瑞士）85 亿欧元	诺华（瑞士）96 亿美元

资料来源：Statista

（二）前沿技术突破方向日渐清晰，新工业革命正孕育兴起

企业主导前沿技术创新，实用性强、商业价值高的技术备受关注，前沿技术突破方向日渐清晰，产业化速度进一步加快。2016 年底至 2017 年中，OECD、《新科学家》杂志、Gartner、《麻省理工科技评论》、《科学美国人》与世界经济论坛等组织、企业和媒体先后发布 2017 年全球十大新兴技术（趋势）榜单（表 3）。5 个榜单覆盖的前沿技术有大量的重叠内容，体现出科学界与产业界对前沿技术的判断和认知具有较高的一致性，前沿技术突破的方向逐渐清晰。例如，Gartner 发布的《2017 十大技术趋势》都直接或间接地与智能化相关，可总结概括为以智能为中心，通过数字化实现万物互联。跨国企业和初创企业成为前沿技术的主要研发力量，如《麻省理工科技评论》于 2017 年上半年发布的全球《十大突破性技术榜单》中有 8 项技术为企业所研发。前沿技术的产业化速度明显加快，从技术到产品的周期越来越短。在基因治疗领域，开发基因编辑工具的周期已经由数年缩短为数周，基因治疗加速迈向临床应用，如继中国开展首例 CRISPR 技术治疗肺癌的临床试验后，美国也启动更大型的人体临床试验，用 CRISPR 技术同时沉默 3 种基因以治疗癌症。又如，虚拟现实技术（virtual reality, VR）

刚刚走向商用，增强现实技术（augmented reality, AR）便已作为科技巨头们意欲征服的新领域，成为 2017 年的热点应用。

表 3 2017 年全球十大新兴技术（趋势）榜单					
序号	世界经济论坛《2017 年全球十大新兴技术》	Gartner《2017 十大技术趋势》	《麻省理工科技评论》杂志《十大突破性技术榜单》	《新科学家》杂志《2017 十大科技进展》	OECD《2016 年科学、技术与创新展望》
1	无创技术诊断癌症	人工智能和高级机器学习	强化学习	基因编辑开始治病救人	人工智能
2	从空气中提取饮用水	智能应用	360 度自拍	人机大战再次上演	物联网
3	深度学习与机器视觉	智能对象	基因疗法 2.0	AR 赶超 VR 成新热门	大数据分析
4	人工树叶	虚拟现实和增强现实	细胞图谱	为气候改变而战	区块链
5	人类细胞图谱	数字化双生	自动驾驶货车	抗生素耐药性达爆发点	微型及纳米卫星
6	精密农业	区块链 & 分布式分账	刷脸支付	绝经女性将生出宝宝	先进能源存储技术
7	廉价的氢能汽车催化剂	会话系统	太阳能热光伏电池	“卡西尼”号完美谢幕	神经科技
8	基因疫苗	智能数字网格	实用型量子计算机	灭绝物种重现	纳米材料
9	可持续发展的生活社区	数字技术平台	治愈瘫痪	脑对脑交流	增量制造
10	量子计算	自适应安全架构	僵尸物联网	探测到更多引力波	合成生物学
资料来源：世界经济论坛网、Gartner、《麻省理工科技评论》杂志、《新科学家》杂志网及 OECD 网站					

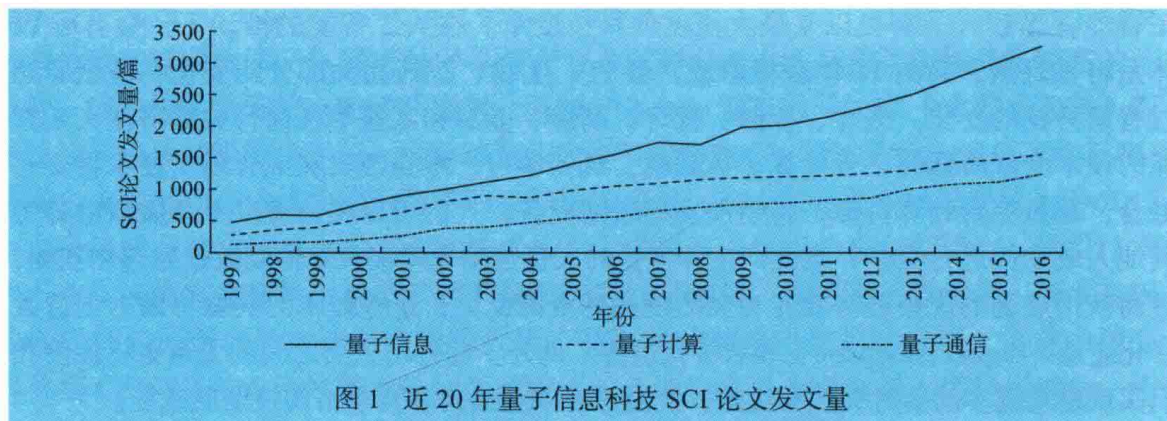
前沿关键技术创新将多点多发、交融发展，打破原有产业界限，重塑产业形态和竞争格局。关键技术以跨产业应用居多，不再以具体产业领域来划分，交互融合跨领域的影响为产业发展带来破坏式创新。新一轮创新周期最典型的特征是多点、多发和多维，是交融发展且相互赋能的。新技术将重新定义传统产业和全球产业的分工，进而引发创新协作体系的变化以及全球范围内相关核心竞争力和国家战略的调整。例如，作为关键技术带动各产业发展的 5G 技术，不仅仅是科技与电信产业，物联网、云计算、车联网及自动驾驶等相关垂直产业也都与 5G 技术发展息息相关。未来，人工智能将掀起人类有史以来最大幅度的科技变革。在人工智能的推动下，原有的 IT 体系将被打破，新的 IT 体系将形成，新 IT、生物、医药相关部分的变化，甚至要超过智慧科技的变化，医疗、金融、教育、制造、能源和零售等任何行业都将被人工智能的技术变革所颠覆。云计算、物联网、机器学习、增强现实和混合现实技术将交互融合，通过整合计算资源，将物件变成联网设备，人们可以在物理世界和虚拟世界与其他人或物件进行交互，据此产生并发送的大量数据也将极大地推动数据处理和预测，进而获得显著的规模经济效应和灵活度高的资源配置，这些技术的共融将助力创造数字化企业（digital enterprise）和数字化世界。此外，物件与人类之间的关系也将促使我们实现越来越多的实时交互和决策，使得原有产业结构和竞争格局被彻底改变。

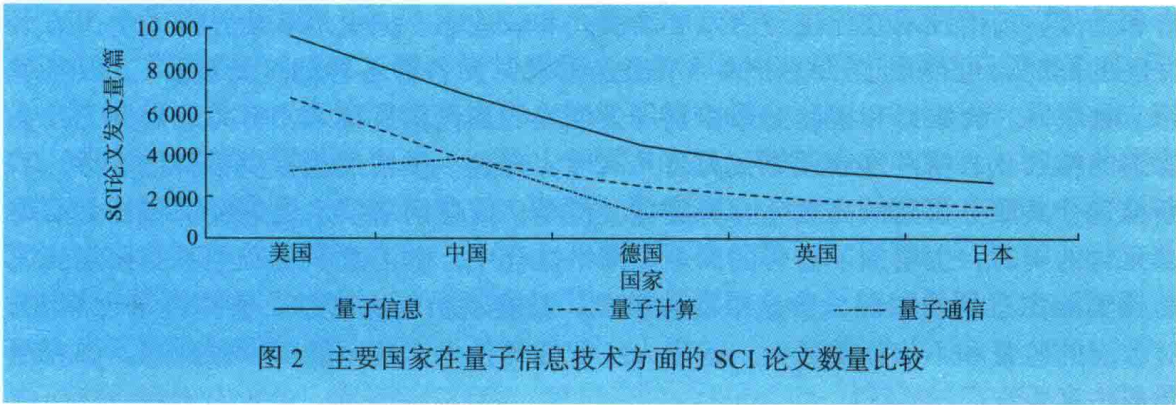
人工智能的整体软硬件环境已成熟，上中下游产业链初具雏形，前沿技术突破推

动商业化脚步加快。近几年来,人工智能取得技术突破的表现突出,主要得益于整体软硬件环境成熟,包括芯片、网络、大数据、云计算和算法等软硬件逐渐完备。同时,各个应用领域(如金融、制造业和服务业等)所产生的巨量数据,也进一步推动了人工智能技术的发展。目前,各国已推出各类以人工智能技术为核心的产品或服务,助力人工智能的商业化预期更快实现。产业界也推出了如聊天机器人、影像视觉处理、商业情报分析、网络安全、智能型机器人、医疗照护、市场研究、金融保险、市场营销、教育研究、物联网/工业物联网、交通运输、农业、人工智能核心技术、数据科学和文字分析处理等应用。其中上游软硬件主要以人工智能核心技术及数据科学为主,中下游的软件应用服务包含了针对不同需求、不同应用领域及不同使用情境使用者的聊天机器人、影像视觉处理、商业情报分析、网络安全、医疗照护、市场研究、金融保险、市场营销、教育研究和文字分析处理等,而中下游的硬件则包含交通运输、农业、智能机器人、物联网/工业物联网等。

全球量子竞赛白热化,基础研究和产业研发投入产出迅速增长,第二次量子革命时代已全面开启。第一次量子革命促成半导体产业技术的进步,但由于整个产业的技术基础尚需依据古典物理的原理,所以并未大量运用到纯粹的量子特性。第二次量子革命即量子信息技术革命,是在产业上运用量子技术的创新发展,直接开发基于量子特性本身的量子器件,这些器件遵从量子力学规律,以量子态(量子比特)为单元,信息的产生、传输、存储、处理和操控等全都基于量子力学规律。量子信息技术科学包含量子计算以及量子通信两方面。目前正在开发的主要为量子信息器件和技术,包括量子计算、量子密钥、量子网络、量子模拟和量子传感等,这些量子器件和技术的物理基础已被直接应用到量子世界的特性,如量子态叠加性、量子非局域性和量子不可克隆性等。

近20年来,针对量子信息技术的科学研究逐渐成为研发热点,以“量子信息”(quantum information)为主题的SCI(Science Citation Index,科学引文索引)论文增长了7倍(图1),其年均复合增长率(compound annual growth rate)(1997~2016年)达到10.6%。美国、中国、德国、英国和日本成为在量子信息方面论文产出量最多的5个国家(图2),其中,中国在量子通信方面的论文产出已居世界首位。





近年来，中美等国高度重视并积极部署量子信息技术发展战略（表 4）。2017 年，谷歌、国际商业机器公司（International Business Machines Corporation, IBM）、中国科学技术大学等科研机构纷纷在量子计算领域取得重大技术突破，加速“量子霸权”时代的到来。在量子计算机方面，2017 年 5 月，中国科学技术大学制造出世界首台超越早期经典计算机的光量子计算机；2017 年 11 月，IBM 研发出能够处理 50 个量子比特的量子计算机，并宣称 20 个量子比特级别的量子系统已能在云平台上使用。在量子模拟方面，2017 年 4 月，瑞士苏黎世联邦理工学院利用超级计算机成功模拟了由 45 个量子位组成的量子计算机的行为；2017 年 10 月，IBM 在一台超级计算机上模拟 56 量子比特的量子计算机，突破了模拟量子比特极限。在量子算法方面，2017 年 1 月，加拿大公司 D-Wave 开发了 Qbsolv 工具，帮助没有量子物理背景的开发者为 D-Wave 的量子计算机设计程序；2017 年 3 月，IBM 宣布提供全球首个商业用途量子计算云服务“IBM Q”，旨在向企业和科研单位提供一种商用化的量子计算平台。在量子芯片方面，2017 年 9 月，美国加利福尼亚理工学院开发出一款能够以“光的形式”存储量子信息的计算机芯片；2017 年 10 月，英特尔通过 300 纳米“覆晶技术”生产出一种包含 17 个超导量子位的全新芯片。

表 4 主要国家投入量子技术研究的资源（2013~2015 年数据）			
序号	国家或地区	人力	经费 / 亿欧元
1	欧盟	2 455	5.5
2	美国	1 217	3.6
3	中国	1 913	2.2
4	德国	554	1.2
5	英国	453	1.05
6	加拿大	347	1

资料来源：英国政府科学办公室网站

（三）技术变革给国家安全带来新挑战，政策助力科技服务社会发展

前沿技术深刻影响国家安全的内涵与外延，给国家安全理念与战略带来新的冲

击和挑战。前沿技术在促进经济发展新模式和新业态、极大地解放并推动生产力大发展的同时,也带来了一些新的“不稳定因素”和各种各样的“新威胁”。以互联网、物联网、大数据和智能图像识别等为代表的现代信息技术,有力地提升了社会管理的精细化、精准度和效率,为公共治理实现进一步精细化提供了科技支撑,不断推进公共服务供给的高效化与智能化。但是,信息网络技术促进经济和社会活动多元化的同时,也增加了监管的困难。网络社会中,政治意识易产生不受控制的涌动且实际民意易被扭曲,信息中心分散化,社会动员能力转移,群体性事件频发,对政府的监督和不信任被放大。运用人工智能等技术,甚至能够以假乱真,如利用伪造仿真录音、PS 视频、社交媒体等手段,能够编造虚假的、对政府不利的负面信息,混淆视听,蛊惑人心,误导大众,煽动民众上街闹事,搞“颜色革命”;甚至有一些国际恐怖组织、邪教组织和种族集团等利用全球互联网络,对别国进行反面宣传,煽动反政府情绪等,这些都增加了政治系统的脆弱性,会对政治安全的内部环境和外部结构造成前所未有的冲击。

以超材料、脑科学、石墨烯、量子信息与控制技术、微系统技术、军用生物技术以及对人类行为的计算机建模等为代表的战略前沿技术,已开始向军事领域多方位渗透并被实际应用于战场,逐步改变作战的“游戏规则”,影响作战进程,最终将成为决定战争胜负的关键技术。未来战场将从地球三维空间延伸到外层空间、虚拟空间,以及大气空间与外层空间形成一体构成的一体化空间;未来武器或将以无人武器装备、精准化武器装备、智能化武器装备和小型化武器为主;未来作战样式将发生根本性变化,战争空天化、隐身化、精准化和网络化趋势明显。未来信息化空天战场,人类与机器人、机器人与机器人作战的智能化战争或许比人们预料的时间来得更早、更快。前沿技术对于国家安全是一把双刃剑,既可成为维护国家安全的利器,也可对国家安全构成新的挑战。

前沿技术变革进一步造成发展的不平等状态,或将加剧国家之间、人群之间的财富不平等和机会不平等现象。前沿技术变革带来的社会财富效应将主要由少数人群分享。美国麻省理工学院(Massachusetts Institute of Technology, MIT)的艾瑞克·布伦乔尔森(Erik Brynjolfsson)与安德鲁·麦可菲(Andrew McAfee)提出,计算机和网络进步创新以指数速率迅猛增长是大势所趋,得益于这些进步,世界经济生产力和 GDP 将会持续增长,但并不是每个人都会从中受益,财富增长将主要供“革新与创造”经济体中的小精英集团成员内部分享。华盛顿州立大学(Washington State University, WSU)研究发现:从史前时代开始,社会就一直朝着财富不平等方向发展。例如,狩猎采集社会基尼系数约为 0.17,小规模园艺种植及低密度的农业社会基尼系数为 0.27,大规模的农业社会基尼系数为 0.35,而进入现代文明后,基尼系数就迈入了 0.5 的大关。

前沿技术变革将对劳动力市场带来巨大的冲击。随着智能制造和人工智能机器人的兴起,机器人开始取代人类劳动力。例如,美国汽车行业中机器人占比达到 39%,美国在过去的 20 年中有超过 50 万个工作岗位被机器人夺走,未来 10 年还将