

全面深入推进世界科技强国建设

(代序)

白春礼

党的十九大报告明确指出，创新是引领发展的第一动力，是建设现代化经济体系的战略支撑。报告强调，要推进科技强国建设。学习贯彻党的十九大精神，必须瞄准世界科技前沿，强化基础研究，实现前瞻性基础研究、引领性原创成果重大突破。加强应用基础研究，拓展实施国家重大科技项目，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，全面深入推进世界科技强国建设。

一、我国已成为具有重要影响力的科技大国

党的十九大报告在回顾总结过去五年取得的伟大成就时指出，创新驱动发展战略大力实施，创新型国家建设成果丰硕，天宫、蛟龙、天眼、悟空、墨子、大飞机等重大科技成果相继问世。联系近年来我国科技工作的实践学习领会党的十九大精神，我们深深体会到，建设世界科技强国的科技梦既是中国梦的重要组成部分，也是实现中国梦的根本支撑。

党的十八大以来，以习近平同志为核心的党中央把创新摆在国家发展全局的核心位置，强调让创新贯穿党和国家的一切工作，并作出了实施创新驱动发展战略的重大部署。党中央、国务院就科技创新出台了一系列重大方针政策，实施了一系列重大改革举措。全国科技界坚决贯彻落实习近平总书记关于科技创新的重要讲话精神，扎实推进改革创新，取得了一大批有国际影响的重大成果。量子通信、中微子、铁基超导、外尔费米子、干细胞和再生医学等面向世界科技前沿的重要科技成果水平达到世界前列；

载人航天、空间科学、深海深地探测、超级计算、人工智能等面向国家重大需求的战略高技术领域持续取得重大突破；高速铁路、第四代核电、新一代无线通信、超高压输变电等面向国民经济主战场的产业关键技术迅速发展成熟；500米口径球面射电望远镜、上海光源、大亚湾反应堆中微子实验等重大科技基础设施投入使用，为解决重大科技问题奠定了物质技术基础。“悟空号”暗物质粒子探测卫星取得首批重大成果，获得了世界上迄今最精确的高能电子宇宙线能谱。这些科技创新的重大成就，有力提升了我国科技实力和综合国力，提振了民族自信心和自豪感。进一步彰显了中国共产党的领导优势和中国特色社会主义的制度优势。

总体上看，经过多年的积累和发展，特别是实施创新驱动发展战略以来的持续努力，我国科技创新能力和水平显著提高，已成为具有重要影响力的科技大国。我国科技创新事业正处于历史上最好的发展时期，我们比历史上任何时期都更接近建成世界科技强国的目标，也比历史上任何时期都更加接近中华民族伟大复兴中国梦的实现。每一名科技工作者都应该将个人的成长与国家的发展紧密地结合起来，自觉在世界科技强国建设中贡献力量，施展才干，实现抱负。

二、新时代对科技强国建设提出了新要求

党的十九大明确指出，经过长期努力，中国特色社会主义进入了新时代，这是我国发展新的历史方位。在新时代，我国社会主要矛盾已经转化为人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾。我国社会主要矛盾的变化是关系全局的历史性变化，要求我们坚持将创新作为引领发展的第一动力，把科技作为经济社会发展和国家战略安全的核心支撑，不断提升自主创新能力，真正实现科技强、产业强、经济强、国家强。

与建成世界科技强国的要求相比，我国科技事业发展中还存在一些突出问题和短板。科技创新能力总体不强，基础研究和原始创新能力不足，高端科技产出比例偏低，产业核心技术、源头技术受制于人的局面没有根本性改变。科技体制改革中的“硬骨头”还没有取得根本性突破，创新政策和体制还不够健全。科技人才队伍的水平 and 结构亟待优化，高水平科技

创新人才，尤其是能改变领域国际格局的战略科学家和能实现颠覆性创新的人才非常缺乏。

当前，新一轮世界科技革命和产业变革正孕育兴起，将对世界经济政治格局、产业形态、人们生活方式等带来深刻影响，也必将重塑世界科技竞争格局。我们必须坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想，特别是习近平总书记关于科技创新重要论述为指引，坚持道路自信、理论自信、制度自信、文化自信，保持危机意识、树立创新自信、坚持战略导向，才能紧紧抓住难得的历史机遇，使我国在未来国际科技竞争中抢得先机、占据主动。

三、努力跻身于创新型国家前列

党的十九大明确提出，要加强国家创新体系建设，强化战略科技力量，实现科技实力的大幅跃升，跻身创新型国家前列。我们要贯彻落实好创新驱动发展战略，加快推进创新型国家和世界科技强国建设。

突出创新引领，把创新摆在国家发展全局的核心位置。从国内经济发展阶段来看，传统的依靠要素扩展的经济发展模式已难以为继，必须转到依靠创新驱动新发展模式上来，不断提升自主创新能力，才能为经济社会发展注入新动能、创造新动力。从世界科技发展态势来看，新一轮世界科技革命和产业变革孕育兴起，将对人类社会、世界经济政治格局、产业形态、人们生活方式等带来深刻影响。我们必须紧抓这一难得的战略机遇，增强使命感、责任感和紧迫感，下好先手棋、抢占制高点，在国际科技竞争格局中赢得先机、占据主动。

强调创新自信，坚定不移走中国特色自主创新道路。习近平总书记强调，我们在世界尖端水平上一定要有自信。这种自信源于我们有社会主义集中力量办大事的制度优势，源于我们有蕴藏在亿万人民中间的创新智慧和力量。我们要始终坚持创新自信，在关键领域、卡脖子的地方下大功夫，采取“非对称”赶超战略，组织优势科技资源开展协同创新和集成攻关，以点的突破带动面的赶超，在更多领域实现与世界科技强国的“并跑”“领跑”。

完善创新治理体系，充分释放各类创新要素的活力。充分调动创新主体的积极性，释放创新要素的活力，让一切创新源泉充分涌流。要进一步明确企业、科研院所、政府在科技创新中的不同作用，让企业成为技术创新决策、研发投入、科研组织、成果转化的主体；科研院所和高校要加快建立现代院所治理结构，完善管理制度，提供有效科技供给。要建设一支规模宏大、结构合理、素质优良的创新人才队伍。要积极营造有利于创新的气氛和环境，尊重科技创新活动的区域集聚规律，建设具有全球影响力的科技创新中心和国家综合性科学中心，在支撑国家创新驱动发展中发挥重要的示范和带动作用。

培育创新文化，形成崇尚创新、尊重创造的社会氛围。没有全民科学素质普遍提高，就难以建立起宏大的高素质创新大军，难以实现科技成果快速转化。大力弘扬创新精神，充分尊重基础科学研究灵感瞬间性、路径不确定性的特点，鼓励科学家勇于进行颠覆性创新思维，厚植创新沃土。营造敢为人先、宽容失败的良好氛围。完善鼓励创新的激励机制，从制度倾向、舆论导向上鼓励创新，建立公平竞争氛围，营造良好的创新环境，让敢创新、会创新、能创新的人受尊重、有舞台。充分激发企业家精神，调动全社会创业创新积极性，汇聚成推动创新发展的磅礴力量。同时，要进一步加强科学道德和科学伦理的制度建设，让创新活动在规范有序的框架下运行。

四、围绕服务经济发展促进科技成果转化

党的十九大报告强调，要深化科技体制改革，建立以企业为主体、市场为导向、产学研深度融合的技术创新体系，加强对中小企业创新的支持，促进科技成果转化。科技服务经济发展本质上是一个经济对科技“需求”和科技对经济“供给”之间的匹配性问题。一直以来，科技创新和经济发展存在“两张皮”问题，主要是因为经济“需求”的动力不足和科技“供给”的能力不强。一方面，在特定的经济发展阶段，经济主体通过要素的简单扩张就能获得较为丰厚的利润，缺乏通过科技创新获得发展的内在动力；另一方面，我国的科技管理模式和科技资源配置模式，使得科技创新

的主体提供有效科技供给的能力相对不足。

目前，这种状况已经发生了根本性变化。首先，传统的依靠要素扩张的发展模式已难以为继，企业要生存要发展必须转到依靠科技创新的道路上来，因此，市场主体真正有了进行科技创新的需求和动力。其次，随着科技创新体制改革的深入推进，科技资源配置模式的持续调整，科研机构也有了主动对接市场，服务经济发展的动力和能力。随着两大主体同向发力，科技和经济“两张皮”的问题将会得到有效解决。

面向未来，我们要进一步细化落实国家已出台的鼓励科技成果转移转化的相关政策文件，构建体系完整、运转高效的科技成果转化机构网络，打造专业化的服务科技成果转化的高素质人员队伍，完善知识产权创造与保护体系，充分激发科研人员投身“大众创业、万众创新”的积极性，促进产学研深度合作，打通科技创新活动的“最后一公里”。大力推动大众创业万众创新。

五、肩负起建设世界科技强国的历史使命

党的十九大是在全面建成小康社会决胜阶段、中国特色社会主义进入新时代的关键时期召开的一次十分重要的大会，开启了中国特色社会主义新征程。我们将坚决贯彻落实党的十九大精神，将习近平总书记提出的“三个面向”“四个率先”要求作为新时代的办院方针，团结带领广大干部和职工，攻坚克难，勇攀高峰。

发挥国家重大科技战略中的骨干作用。把北京上海科技创新中心以及合肥综合性国家科学中心、雄安新区和国家实验室建设作为重要抓手，集聚世界一流科学家和顶尖创新创业人才，科学合理配置创新资源，建设成为具有全球影响力的创新高地，辐射和带动我国区域创新能力的整体跃升。要在经济供给侧结构性改革、“一带一路”建设、军民融合、“大众创业、万众创新”中发挥重要科技支撑作用，促进经济社会转型发展，切实保障国家战略利益安全。

持续产出更具影响力的重大创新成果。在基础和前沿领域取得一批具有前瞻性的原创成果，牵头组织实施一批以我为主的国际大科学工程和大

科学计划；在重大创新领域产出更多有效满足国家战略需求的技术与产品；在产业创新上发展具有颠覆性的引领性关键核心技术，推动一大批重大示范转化工程落地生根，加快推动自主创新能力的整体提升，推动科技与经济深度融合，大幅提升高端科技供给，从根本上解决低水平重复、低端低效产出过多等问题，率先实现科学技术跨越发展。

在国家科技体制改革中发挥示范带动作用。把深化研究所分类改革作为着力点和突破口，清除各种有形无形的栅栏，打破院内院外的围墙，让机构、人才、装置、资金、项目都充分活跃起来，形成推进科技创新发展的强大活力。要进一步深化与高等院校、企业与地方的战略合作，大力推进各项改革举措落到实处。要加强现代院所治理体系建设，健身瘦体，建立符合科研活动规律的科研院所管理制度，率先建设世界一流科研机构。

加强科技条件和人才队伍建设，全面提升创新能力。充分发挥国家大科学装置与平台的集群优势，构建开放共享的运行机制，提升装置设备的使用效率和水平，组织开展高水平多学科交叉研究，在解决重大科学问题、产出重大创新成果中发挥国之利器的作用。以提升人才队伍质量、优化人才队伍结构为重点，在全球范围内吸引一大批高端科技人才；通过组织实施重大科技任务、开展重大国际科技合作，培养造就一支具有国际影响力的战略科学家队伍，率先建成国家创新人才高地。

发挥好高端科技智库在国家决策中的支撑作用。切实做好国家高端智库建设试点，组织专家队伍，开展高水平常态化学科发展战略和创新发展决策咨询研究，积极推动制定新一轮国家中长期科技发展规划，主动承担和参与国家重大战略任务的第三方评估，认真做好国家重大科技任务和项目布局的前瞻研究与建议。在国家科技规划、科学政策、科技决策等方面发挥重要影响，率先建成国际高水平科技智库。

（本文刊发于2017年12月15日《学习时报》，收入本书时略作修改）

前 言

2017年，党的十九大胜利召开，我国开启了全面建设社会主义现代化国家新征程。创新型国家建设加快推进，高技术领域聚焦关键共性技术、前沿引领技术、现代工程技术、颠覆性技术创新，取得了国产大型客机C919首飞、世界首台超越早期经典计算机的光量子计算机、首艘国产航母下水、“海翼”号深海滑翔机完成深海观测、首次海域可燃冰试采成功等一系列重大突破，为培育发展新动能、构建现代化产业体系提供了有力支撑。

《高技术发展报告》是中国科学院面向决策、面向公众的系列年度报告之一，每年聚焦一个主题，四年一个周期。《2018高技术发展报告》以“材料与能源技术”为主题，共分七章。第一章“2017年高技术发展综述”，系统回顾2017年国内外高技术发展最新进展。第二章“材料技术新进展”，介绍金属材料、增材制造材料、陶瓷材料、纳米材料、钙钛矿材料、光电子材料及材料计算设计技术等方面的最新进展。第三章“能源技术新进展”，介绍天然气水合物、生物质能、海洋能、地热能、先进磁约束核聚变、制氢、新型电网、电池储能、综合能源系统技术等方面的最新进展。第四章“材料和能源技术产业化新进展”，介绍半导体硅材料、低维碳材料、稀土功能材料、高性能碳纤维、海洋工程重防腐材料、煤炭间接液化、煤基制烯烃、核能、风电、先进储能电池等方面技术的产业化进展情况。第五章“高技术产业国际竞争力与创新能力评价”，关注我国高技术产业国际竞争力和创新能力的演化。第六章“高技术与社会”，探讨了纳米生物学的科学意义和社会价值、重大科技基础设施的社会价值、水电工程的生态影响、大数据伦理规制、人工智能对教育的影响等社会公众普遍关心的热点问题。第七章“专家论坛”，邀请知名专家就制造业创新驱动数字转

型发展、能源科技发展、战略性新兴产业知识产权问题、智能经济、国际科技合作等重大问题发表见解和观点。

《2018 高技术发展报告》是在中国科学院白春礼院长亲自指导和众多两院院士及有关专家的热情参与下完成的。中国科学院发展规划局、学部工作局、科技战略咨询研究院的有关领导和专家对报告的提纲和内容提出了许多宝贵意见，李喜先、徐坚、马隆龙、高志前、王昌林、张培富、胡志坚等专家对报告进行了审阅并提出了宝贵的修改意见，在此一并表示感谢。该报告的组织、研究和编撰工作由中国科学院科技战略咨询研究院承担。课题组组长是穆荣平，副组长是樊永刚，成员有张久春、杜鹏、王婷、苏娜、曲婉和赵超。

中国科学院《高技术发展报告》课题组
2018年12月13日

目 录

全面深入推进世界科技强国建设（代序）	白春礼	i
前言	中国科学院《高技术发展报告》课题组	vii
第一章 2017 年高技术发展综述	张久春 任志鹏 樊永刚	1
第二章 材料技术新进展		67
2.1 金属材料技术新进展	刘 林 甘 斌 杨文超	69
2.2 增材制造材料技术新进展	周 廉	77
2.3 陶瓷材料技术新进展	陈立东	84
2.4 纳米材料研究新进展	曹昌燕 宋卫国	93
2.5 有机-无机杂化钙钛矿材料研究新进展		
.....	陈永华 王建浦 黄 维	99
2.6 光电子材料与器件技术新进展	张 韵 王智杰 刘 喆	107
2.7 材料计算设计技术新进展	杜 强 谢建新	115
第三章 能源技术新进展		125
3.1 天然气水合物开采技术新进展	李小森	127
3.2 生物质能技术新进展	蒋剑春 孙云娟 孙 康	134
3.3 海洋能开发利用技术新进展	游亚戈 王正伟 李 伟	145
3.4 地热能技术新进展	李克文 赵国翔 韩 昀	152
3.5 先进磁约束核聚变技术新进展	万宝年	168

3.6	制氢技术新进展	刘茂昌 金辉 郭烈锦	175
3.7	新型电网技术新进展	肖立业 韦统振 裴玮 孔力	185
3.8	电池储能技术新进展	张华民	192
3.9	综合能源系统技术新进展	穆云飞 贾宏杰 王成山	200
第四章 材料和能源技术产业化新进展			211
4.1	半导体硅材料技术产业化新进展	张果虎 肖清华	213
4.2	低维碳材料产业化新进展	任红轩 刘鸣华 张超星 冷伏海	219
4.3	稀土功能材料产业化新进展	杨占峰	231
4.4	高性能碳纤维产业化新进展	曹维宇 徐坚	238
4.5	海洋工程重防腐材料产业化新进展	侯保荣 王静	247
4.6	煤炭间接液化技术产业化新进展	杨勇 相宏伟 李永旺	253
4.7	煤基制烯烃技术产业化新进展	沈江汉 杜国良 叶茂 马行美 刘中民	259
4.8	核能技术产业化新进展	叶奇蓁	268
4.9	风电技术产业化新进展	许洪华 胡书举 马蕊	276
4.10	先进储能电池产业化新进展	黄学杰	282
第五章 高技术产业国际竞争力与创新能力评价			289
5.1	中国高技术产业国际竞争力评价	曲婉 蔺洁	291
5.2	中国高技术产业创新能力评价	王孝炯	313
第六章 高技术与社会			333
6.1	纳米生物学的科学意义与社会价值	赵超 焦健 胡志刚 范克龙 杜鹏 梁兴杰 阎锡蕴	335
6.2	国家目标引导下的国家重大科技基础设施建设及其社会价值——以 FAST 为例	樊潇潇 张海燕 姜言彬 彭良强 曾钢 郑晓年	346
6.3	生态文明视野下水电工程的生态影响及其可持续发展的 问题与建议	张志会	355
6.4	大数据产业的伦理规制	李伦 胡晓萌	364

6.5 人工智能对未来教育的影响	杜 鹏 曹 芹	371
第七章 专家论坛		381
7.1 中国制造业创新驱动数字转型发展的战略思考	穆荣平 陈 芳	383
7.2 关于我国能源科技发展的战略思考	赵黛青 漆小玲 陈 勇	390
7.3 中国战略性新兴产业知识产权问题分析与发展对策		
.....	宋河发 武晶晶 廖奕驰	397
7.4 加快发展智能经济的思路与对策建议	李修全 王 革 韩秋明	407
7.5 深化国际科技合作的战略思考	曲 婉 穆荣平 蔺 洁	415

CONTENTS

Comprehensively and Deeply Promote the Construction of a World's Science and Technology Power	i
Introduction	vii
Chapter 1 Overview of High Technology Development in 2017	1
Chapter 2 Progress in Material Technology	67
2.1 Metallic Materials	69
2.2 Additive Manufacturing of Materials	77
2.3 Advanced Ceramics	84
2.4 Nanomaterial Research	93
2.5 Organic-Inorganic Hybrid Perovskite Materials	99
2.6 Optoelectronic Materials and Devices	107
2.7 Materials Design and Simulation Technology	115
Chapter 3 Progress in Energy Technology	125
3.1 Hydrate Production Technology	127
3.2 Bio-energy Technologies	134
3.3 Marine Energy Resources Utilization	145
3.4 Geothermal Energy	152
3.5 Magnetically Confined Fusion Technology	168

3.6	Hydrogen Production Technology	175
3.7	Power Grid Technology	185
3.8	Energy Storage Batteries	192
3.9	Technique of Integrated Energy System	200
Chapter 4 Progress in Commercialization of Materials and Energy Technology ...		211
4.1	Commercialization of Semiconductor Silicon Materials Technology	213
4.2	Commercialization of Low-dimensional Carbon Materials	219
4.3	Commercialization of Rare Earth Functional Materials	231
4.4	Commercialization of High Performance Carbon Fiber	238
4.5	Commercialization of Ocean Engineering Heavy-duty Material	247
4.6	Commercialization of Indirect Coal-to-Liquid Technology	253
4.7	Commercialization of Methanol to Olefin Technologies	259
4.8	Commercialization of Nuclear Power Technology	268
4.9	Commercialization of Wind Power Technology	276
4.10	Commercialization of Advanced Battery for Energy Storage	282
Chapter 5 Evaluation on High Technology Industry International Competitiveness and Innovation Capacity		289
5.1	The Evaluation of International Competitiveness of Chinese High Technology Industry	291
5.2	The Evaluation of Innovation Capacity of Chinese High Technology Industry	313
Chapter 6 High Technology and Society		333
6.1	Nanobiology: Its Scientific Significance and Social Values	335
6.2	The Large Research Infrastructure and the National Goal: A Case Study on FAST	346
6.3	Ecological Impacts of Hydropower Projects from the Perspective of Ecological Civilization and Problems and Suggestions for Sustainable Development	355

6.4	Ethical Regulation of Big Data Industry	364
6.5	Influences of Artificial Intelligence on Education in the Future	371
Chapter 7	Expert Forum	381
7.1	Strategic Thoughts on the Digital Transformation of the Innovative Development in Chinese Manufacturing Industry.....	383
7.2	Strategic Thoughts on Developing Advanced Energy Technology in China...	390
7.3	Intellectual Property Issues Analysis and Development Countermeasures for the Strategic Emerging Industries in China	397
7.4	Some Thoughts and Suggestions on Accelerating the Development of Intelligent Economy in China	407
7.5	Strategic Thoughts on Deepening International S&T Cooperation	415



第一章

2017 年高技术 发展综述

Overview of High
Technology
Development
in 2017

2017 年高技术发展综述

张久春 任志鹏 樊永刚

(中国科学院科技战略咨询研究院)

2017 年,主要发达经济体经济增速普遍提升,新兴市场和发展中经济体平稳回升,全球经济增速达到 3.0%,为 2011 年以来最好水平。主要国家围绕信息技术、生命与健康、先进制造、先进材料、能源资源、空天海洋等重点领域,持续加大创新投入力度。美国特朗普政府在“美国优先”理念下,重点关注云计算、大数据、人工智能、量子计算、虚拟现实和机器学习等战略高技术和颠覆性技术,以及核能、海上石油、清洁煤等能源技术。欧盟发布《新地平线:欧盟科技创新政策未来场景》报告,探索科技创新可能的主题、新方法和优先领域,为制定下一期研发框架计划奠定基础。英国积极推进科学研究与创新体系改革,发布数字化战略、5G 战略、清洁增长战略、国防技术战略、机器学习和人工智能等方面报告,以应对脱欧带来的挑战。日本发布《科技创新综合战略 2017》,持续推进超智能社会(“社会 5.0”)建设,不断夯实创新基础。党的十九大胜利召开,强调创新是引领发展的第一动力,是建设现代化经济体系的战略支撑,明确我国将深入实施创新驱动发展战略,加快推进创新型国家和世界科技强国建设,为社会主义现代化强国建设提供有力支撑。

一、信息和通信技术

2017 年,信息和通信技术领域取得多项重大突破。在集成电路领域,碳化硅(SiC)半导体集成电路、大规模数据存储方案、5nm 制程的半导体芯片、新磁存储器、低能耗“迷你”加密芯片等方面取得突破性进展。在高性能计算领域,开发出纳米级别的 DNA 多米诺电路、复杂的由 RNA 制成的生物计算机。在人工智能领域,以“认知草图”为基础的新计算模型、AutoML 智能系统、人脸识别技术、神经网络芯片、新“阿法狗”、可实战的“算法战”等新进展值得关注。在云计算和大数据方面,国内首个 80nm 自旋转移矩-磁随机存储器器件、超级稳定的光存储技术、新颖的有机存储薄膜等给人留下深刻印象。在网络与通信领域,科学家成功破解了一代安全哈希算法,太赫兹发射器、具有最小体声波的滤波器、“激光通信中继验证”项目、5G 国际标准都有不同程度的进展。在量子计算和通信领域,量子区块链系统、量子

计算机、量子计算机芯片、超高性能新型量子神经网络原型机等方面的成就尤为突出；我国在单光子的量子模拟机、量子纠缠分发、量子密钥分发、量子隐形传态等方面取得突破，国际上首次验证了水下量子通信的可行性。

1. 集成电路

2月，美国位于俄亥俄州的美国国家航空航天局（National Aeronautics and Space Administration, NASA）格伦研究中心，开发出可在恶劣环境下长时间使用的SiC（碳化硅）半导体集成电路^[1]。任何到达金星表面的航天器的寿命都会因其表面的高温高压变得非常短。该电子元件在模拟金星表面的高热高压等恶劣环境中至少可以存活521个小时，其寿命是此前探测金星任务中的苏联电子元件的100倍，未来可用于制造携带更多仪器的金星探测器。

3月，美国哥伦比亚大学和纽约基因组中心合作，采用一种新方法将数据编码进DNA，之后可以大规模从中提取信息，从而创造出最高密度的大规模数据存储方法^[2]。DNA存储有很多优势：超级紧凑；在寒冷干燥的地方可保存数十万年；人类只要还在读取和书写DNA，就能够解码这些信息；可制作几乎不受数量限制的无差错文件副本。以往的方法远不能达到DNA存储信息能力的理论最大值，新方法可用1g DNA存储215Pb（2.15亿Gb）数据，即原则上可将人类有史以来的所有数据存储在一个大小和重量相当于两辆小货车的存储容器中。目前，该技术实用化的主要障碍是成本问题。

6月，美国IBM公司与格罗方德、三星公司合作，采用堆叠硅纳米片而非鳍式场效应晶体管（FinFET）的方法，成功制备出5nm制程的半导体芯片^[3]。当设定与10nm制程相同的能耗时，它的速度比10nm制程快约40%。芯片性能的提升，可加速智能计算、物联网和云计算等领域的研发，推动技术的发展，以满足人工智能、虚拟现实和移动设备的需求；能耗的节省，意味着智能手机和移动设备的电池在一次充电后的使用时间可延长2~3倍。

7月，美国麻省理工学院（MIT）和斯坦福大学合作，开发出一种全新的高能效、高存储率纳米电子系统^[4]。该系统在低温（低于200℃）下通过集成碳纳米管场效应晶体管和电阻式随机内存器（RRAM），把输入/输出、计算和数据存储能力集中在一块三维（3D）芯片上，突破了计算机的重大通信瓶颈——数据需要在芯片外的存储器和芯片上的逻辑电路之间转换从而限制了芯片处理数据能力的提高。该系统与传统的硅电路兼容，未来有望支持摩尔定律的延续，成为开发许多变革性应用的平台。

9月，瑞士苏黎世联邦理工学院（ETH Zurich）找到一种可以大幅度提高磁存储

速度的方法^[5]。传统磁存储器通过带电线圈产生的磁场变化来改变存储介质的磁性，以存储信息，已无法满足现今计算机处理器对其速度的要求。新方法用给特殊半导体薄膜通电的方式来改变存储介质的磁性，以实现磁存储；比传统磁存储器速度快、能耗小（不因线圈电阻而消耗能量）。该技术用于计算机的内存，可使计算机断电后仍保留数据，同时大大减少开机启动的时间。

9月，美国英特尔公司开发出第八代酷睿台式计算机处理器家族，比第七代酷睿性能提高40%^[6]。虽然采用14nm工艺制程，但新处理器家族还是实现了全方位的巨大升级，比过去的处理器运算速度更快、功能更强大，可以满足游戏玩家、内容创造者及高性能标准用户的需求。其中性能最高的是被英特尔公司称为“史上最好的游戏处理器”酷睿 i7-8700K。

10月，美国空军研究实验室开发出新型“迷你”加密芯片，用于保护系统之间（如无人机或排爆机器人之间）信息和数据的安全^[7]。新芯片是一种很轻的加密工具，在保护前线作战人员的信息和通信安全的同时不会产生额外的负担。它能够产生基于对话的“密钥”，其密钥管理系统满足美国国家安全局的数据保护标准，功耗仅为400mW，并可批量生产。

2. 高性能计算

7月，美国微软公司与华盛顿大学合作，利用DNA折纸术构造脚手架结构，并在此基础上构建出排列DNA分子的逻辑门和信号传输线^[8]。这是一种纳米级别的DNA多米诺电路，信息的传递不像以前的DNA计算机那样随机进行，而是发生在相邻的电路之间，因而具有很快的速度。这会大幅提高DNA生物计算机的分子运算能力。包含3个输入链的“与门”由新DNA计算机运行只需7分钟，而此前设备需要4小时。这是DNA计算机发展的一大步。未来该技术可用于病原体的体内诊断、生物制造、智能化治疗以及生物实验的高精度成像和探测等方面。

8月，美国亚利桑那州立大学与哈佛大学维斯生物工程研究所、MIT等机构合作，开发出当时最复杂的由RNA（核糖核酸）制成的生物计算机^[9]。基于RNA具有的可预测性，研究人员先用计算机软件设计所需的RNA序列，再利用这些RNA之间的相互作用，构筑生物电路。这种电路能像微型机器人和数字计算机一样执行计算指令，是生物计算机领域的重大突破。利用这种电路构建的计算机可在大肠杆菌活细胞内对12种不同指令（这是细胞可以处理的最大数量的指令）同时做出反应，以控制细菌细胞的行为，合成出所需的蛋白质。新成果在智能药物设计、智能给药系统、绿色能源生产、低成本诊断技术，以及捕捉肿瘤细胞方面具有重要意义。

10月，美国IBM公司在一台超级计算机上模拟了56个量子比特的量子计算

机^[10]。以往的研究认为，49 个量子比特是目前超级计算机模拟的极限。此次模拟对超级计算机内存的要求很高。研究人员将模拟任务划分为多个并行的模块，并在一台超级计算机上使用多个处理器，满足了模拟 56 个量子比特的量子计算机所需要的效率。该成果对量子计算机的算法和硬件的发展具有重要促进作用。

3. 人工智能

1 月，美国西北大学开发出一款新的计算模型，可按照人类的智力水平进行标准的智力测试^[11]。新的计算模型以福伯斯实验室开发的人工智能平台“认知草图”为基础，“认知草图”具有解决视觉问题和理解草图以提供即时互动反馈的能力。新计算模型的测试分数达到美国成人智力标准的 75%，高于成人测试分数的平均值。该模型的成功开发是人工智能系统迈向能够像人一样观察和理解世界的重要一步。

5 月，美国“谷歌大脑”（Google Brain）研发出可自己发明加密算法并产生自己的“子 AI”系统的自动人工智能 AutoML^[12]。现在这种人工智能的“子 AI”系统已打败人类设计的 AI。在试验中，作为神经网络控制器的 AutoML 为特定任务开发出一个名为 NASNet 的“子 AI”。NASNet 在经过数千次的训练和提升后，在 ImageNet 图像分类和 COCO 目标识别两个数据集上进行测试，结果表明：NASNet 的正确率达到 82.7%，比同类 AI 产品的结果高 1.2%，系统效率高 4%，且计算成本非常低。未来 NASNet 可用于发展智能机器人和车辆的无人驾驶技术。新成果也存在一些有待解决的问题，例如，如何避免系统产生有偏见的子系统，以及在自动驾驶方面制定什么规则等。

7 月，日本 NEC 公司在 2017 国际刑警组织大会（INTERPOL World 2017）上展示了新的人脸识别技术。NEC 利用特征点提取技术和深度学习技术，让人工智能学习大量的面具、画像及真人的脸，使其掌握皮肤质感等差异，从而开发出“世界首创”的可实时识别移动人脸的技术。该技术被美国国家标准与技术研究院（NIST）认定识别准确度世界第一^[13]，这是 NEC 的人脸识别技术连续第四次在类似的评价中获得冠军。同月该技术被用于在土耳其举办的听障奥运会上。

9 月，美国英特尔公司开发出一款名为“Loihi”的人工神经网络芯片^[14]。深度学习类智能系统需要事先进行强化训练才能获得某种识别能力，如遇到从未接触过的特定场景，其智能就会大打折扣。Loihi 芯片采用“异步激活”的全新计算方式来模仿人脑的神经网络，不需事先接受学习训练，而是利用数据进行自主学习和推理，使学习能力随时间的推移变得越来越强。利用美国标准数据库进行识别对比发现，Loihi 的学习速度比其他智能芯片高 100 万倍，且能耗更少。新芯片在自动化制造和个性化机器人等领域拥有无限潜力。

10月,美国谷歌深度思维(DeepMind)公司开发出一款新版的“阿法狗”(AlphaGo)计算机程序^[15]。旧版“阿法狗”需要来自人类的围棋数据。新“阿法狗”——AlphaGo Zero 强大而又简单,仅用一台机器和4个谷歌公司的专用智能芯片,就能够从空白状态起,在没有任何人类指导的条件下,迅速“自学成才”,以100比0的战绩打败了旧版“阿法狗”。新成果也可用于解决现实世界中的问题,如制造新的建筑材料、开发新药、促进蛋白质的研究等。

12月,美军“算法战”开始投入实战,即使用计算机(采用特殊算法),对“扫描鹰”无人机在中东地区所拍的视频展开识别^[16]。“算法战”的核心是基于人工智能的“智能+”战争。最初几天,计算机对人员、车辆、建筑等物体的识别准确率达到60%,一周后达到80%。未来,“算法战”将促进大数据分析、人工智能、机器学习、计算机视觉算法和卷积神经网络技术的开发,提高情报分析的自动化水平,加速人工智能技术在情报分析、辅助决策、精确协同、智能指挥等军事领域的应用。

4. 云计算和大数据

5月,中国科学院微电子研究所与北京航空航天大学合作,利用可兼容传统CMOS集成电路的工艺方法和流程,成功制备出国内首个80nm自旋转移矩-磁随机存储器(STT-MRAM)器件^[17]。传统存储器能耗大且在断电后会丢失数据。STT-MRAM是一种接近“万能存储器”的极具应用潜力的下一代存储器解决方案,以磁状态存储数据,具有天然的抗辐照、高可靠性以及接近无限次的读写次数等优势,且可能被美国、日本、韩国等国垄断。该器件具有良好的性能,相关关键参数已达到国际领先水平,有望应用于电脑(死机或断电后会保留所有数据)、大型数据中心(降低功耗)和各类移动设备(提高待机时间)。

10月,俄罗斯先进研究项目基金会激光纳米玻璃实验室正在研发一种超级稳定的光存储技术^[18]。利用该技术制造出的新型光盘可在特定条件下将数据存储100万年。目前已开发出新光盘的原型样品。新光盘由石英玻璃制成,使用飞秒激光技术刻录,在正常保存条件下,可将数据原样存储超过100万年;不同条件下其存储能力和稳定性的测试工作正在进行。该光盘目前存储容量的目标为25GB,与现今主流光盘的容量相当,未来有望达到1TB。

10月,新加坡国立大学(NUS)纳米科学与纳米技术研究所科学家率领国际团队,开发出一种新颖的有机薄膜^[19]。该薄膜支持100万次的读写周期,可以存储和处理1万亿次循环的数据,比商业用闪存的功耗低1000倍,其尺寸可能小于25nm²,同时成本更低。新发明为灵活轻便设备的设计和开发开拓了新领域,有望扩展到新的应用领域。

11月，中国首次建成国家地质大数据共享服务平台“地质云1.0”，从而解决了“数据孤岛”与“信息烟囱”等难题，实现了国家层面十大类75个地质调查数据库、八大类2382个地学信息产品、部分软件系统及计算资源的互联互通与共享^[20]。“地质云1.0”遵循了“大平台、大数据、大系统、大集成”的理念，采用混合云技术架构，创新了分布式数据集成共享技术、地质调查业务系统整合协同应用、地质调查数据安全有序开放和分级共享机制，探索了云环境下智能地质调查工作的新模式，达到了国际上同行业的领先水平。它的建成意味着中国地质信息一站式云端服务的全新工作模式已经开启。

5. 网络与通信

2月，美国谷歌公司和荷兰阿姆斯特丹Centrum Wiskunde & Informatica研究所合作，基于哈希碰撞采用非穷举方案，在国际上首次成功破解了一代安全哈希算法（SHA-1）^[21]。哈希算法由美国国家安全局设计，已取得美国联邦信息处理标准认证，广泛用于互联网环境下的安全认证。此次破解，将可能严重威胁政府、银行及军事部门等机构内众多采用SHA-1加密机制的计算机系统的安全。

2月，日本广岛大学和松下公司合作，开发出一种频率在290~315GHz的太赫兹发射器^[22]。该发射器的单频道（300GHz波段）传送功率是此前发射器的10倍，其数据传输速度首次达到105Gbps，比之前快6倍。利用太赫兹波进行无线传输数据，可同时实现光速传输和最快速存取。此外，太赫兹波是非离子性的，对人体不会产生辐射危害。未来，太赫兹发射器可采用无线方式与卫星进行超高速连接，将极大促进动态网络连接的发展。下一步将研发300GHz的超高速无线电路，以与新型太赫兹发射器配合使用。

6月，美国能源部劳伦斯·伯克利国家实验室（Lawrence Berkeley National Laboratory, LBNL）在高速水声通信技术方面取得重大突破，首次验证了螺旋声波信号的高效并行传输技术的可行性^[23]。水声通信技术在水下全球定位系统中占据重要地位，对于了解海底世界具有重要意义。该技术可以把更多的声道放入单一频率中，从而有效地增加了可传输的信息量，比现有水声通信的速率高8倍。新成果有助于破解远距离水声通信速率低的难题，未来将对水下通信技术的发展产生重要影响。

6月，美国北卡罗来纳州的Qorvo公司推出具有最小体声波（BAW）的滤波器，该滤波器可处理平均输入功率为5W的无线电频率^[24]。电信运营商正在建设大规模MIMO设备，以提升LTE网络，并为发展大型交通领域的5G做好准备。而新滤波器的尺寸和功率容量的优势，可以解决大规模MIMO电信基础设施所涉及的可信性、组装、测试和空间约束带来的挑战，使运营商和制造商能够更有效地利用现有频谱，

实现更高的速度和更大的带宽。

8月,美国约翰·霍普金斯大学成功验证了海上两艘移动船舶间或近岸环境中的高带宽、自由空间光学通信系统,证明了自由空间光学技术可在海洋环境中应用^[25]。已有的商用自由空间光学通信系统在机动性、数据传输速率、尺寸等方面均不能满足军用的要求。新的高容量光学通信系统(10Gbps),比当前海军舰艇系统上的无线电射频通信能力高出几个数量级,且具有更远的工作范围,甚至在雾霾天仍能工作,是现有无线电射频和微波通信的补充,有可能改变未来的作战规则。

12月,美国NASA的“激光通信中继验证”(Laser Communications Relay Demonstration, LCRD)任务,开始在戈达德太空飞行中心进行集成与测试^[26]。新任务证明激光通信可指数级提高太空通信的能力。完成有效载荷的集成后,NASA需要对整个载荷进行电磁学、声学 and 热真空等飞行环境的测试。NASA在太空通信中一直采用无线电射频通信技术,使用激光通信则会把数据传输速率提高10~100倍,从而实现从太空传回视频及高精度的测量数据。LCRD继承了月球激光通信演示(LLCD)的遗产,是太空通信发展的重要一步,将促进太空高速互联网的建立。

12月,国际标准化组织——第三代合作伙伴计划(3GPP)在5G国际标准全会上正式宣布:面向非独立组网的第一版5G新空口(NR)国际标准完成^[27]。该标准覆盖低、中、高波段频谱,是一个过渡性标准。它的完成意味着全球业界有了第一个正式的5G网络相关标准,表明5G独立组网标准和产业化开始进入实质性加速阶段,为2019年5G的大规模试验和商业部署奠定了基础。

6. 量子计算和通信

5月,中国科学院开发出世界上第一台超越早期经典计算机的基于单光子的量子模拟计算机^[28]。新计算机在光学体系和超导体系方面都取得了突破,并在超导量子处理器上实现了快速求解线性方程组的量子算法。测试表明,它的“玻色取样”速度比国际同行类似的实验快至少24000倍。它的运行速度比人类历史上第一台电子管计算机和第一台晶体管计算机快10~100倍。

5月,俄罗斯量子中心和俄罗斯科学院合作,测试首个量子区块链系统,并在俄罗斯Gazprombank银行成功完成了验证^[29]。传统区块链主要采取基于哈希算法的密钥加密信息,现在这种密钥有可能被破译。新的量子区块链系统将量子密码中防窃听、防截获特性应用于区块链网络,因而具有极高的安全系数。这样的系统能够监测任何干扰和窃听,确保信息传输的安全与稳定。

8月,中国上海交通大学成功完成首个海水量子通信实验,在国际上首次验证了水下量子通信的可行性^[30]。实验表明,即使经历了海水巨大的信道损耗,仍有少量

单光子存活下来，依然建立起了安全密钥；这就证明了海水量子通信的可行性。新成果为量子通信技术上天、入地、下海的未来图景添加了浓重的一笔，补上了海洋作为未来海陆空一体化量子网络拼图的最后一块空缺。

8月，中国的全球首颗量子科学实验卫星“墨子号”圆满完成三大科学实验任务：量子纠缠分发、量子密钥分发、量子隐形传态^[31]。其中，千公里级星地10kbps速率双向的量子纠缠分发，比地面同距离光纤量子通信水平提高15个数量级以上。在千公里级星地量子密钥分发和地星量子隐形传态中，密钥分发速率比地面同距离光纤量子通信水平高20个数量级。这些成就为构建覆盖全球的天地一体化量子保密通信网络提供了可靠的技术支撑。该成果入选 *Nature* 和 *Science News* 评选的“2017年度重大科学事件”。

10月，美国英特尔公司生产出一种包含17个超导量子位的全新芯片，并由合作伙伴荷兰代尔夫特理工大学量子研究所（QuTech）对该芯片进行了各种性能测试^[32]。量子计算机的超导量子芯片需要在极低温度下才能工作。研究人员采用300nm“覆晶技术”，通过修改材料、电路设计以及不同组件之间的连接，克服了超导量子芯片需要低温集成的障碍，使制备出的芯片在更高温度下表现更加稳定，量子位之间的射频干扰也更小。

11月，日本电报电话公司（NTT）与国家信息研究所等机构合作，成功开发出具有超高性能的新型量子神经网络原型机，可以在网络上向公众开放使用^[33]。与谷歌公司等其他机构采取的方法不同，日本主要利用光的特性来实现高速计算，可以很快解析以往计算机不易解开的复杂算法。此外，该原型机能耗仅为1kW。NTT等机构表示，未来将进一步优化该量子神经网络原型机的性能。

11月，美国在量子模拟器方面取得重大突破^[34]：两项独立实验展示了量子模拟器的受控量子比特（相当于经典计算机中的比特）数量已达到50多个^[35]。在新的量子模拟器中，哈佛大学与MIT合作，使用51个不带电荷的铷原子；马里兰大学与国家标准与技术研究院合作，使用53个镱离子；两者的实验类似，但前者的量子比特只持续几秒，后者持续几小时。53个量子比特确实是一个里程碑。新成果有望为研究更大规模系统中的量子动力学和量子模拟提供一个前所未有的平台，也可用于研究经典计算机无法完成的交互任务，模拟出目前真实物理设备达不到的物理条件。

12月，德国康斯坦茨大学与美国普林斯顿大学及马里兰大学合作，利用电子自旋开发出一种稳定的基于硅双量子位系统的量子门，即量子计算机的基本切换系统^[36]。量子门作为量子计算机的基本元素，能够执行量子计算机所有必要的基本操作。量子计算机比传统计算机对外部的干扰要敏感得多，因此需要稳定的量子门。新量子门稳定，被称为量子计算机发展的里程碑。