



中国科学院年度报告系列

2017

高技术发展报告

High Technology Development Report

中国科学院



科学出版社

2017

高技术发展报告

High Technology Development Report

中国科学院

科学出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

2017 高技术发展报告/中国科学院编. —北京: 科学出版社, 2017. 9
(中国科学院年度报告系列)

ISBN 978-7-03-053782-9

I. ①2… II. ①中… III. ①高技术发展—研究报告—中国—2017 IV. ①N12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 138778 号

责任编辑: 侯俊琳 邹 聪 程 凤 / 责任校对: 何艳萍

责任印制: 张 倩 / 封面设计: 有道文化

编辑部电话: 010-64035853

E-mail: houjunlin@mail. sciencep. com

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>

三河市骏杰印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 9 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2017 年 9 月第一次印刷 印张: 24 1/2 插页: 2

字数: 490 000

定价: 88.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

科学谋划和加快建设世界科技强国

(代序)

白春礼

在2016年5月30日召开的全国科技创新大会、两院院士大会、中国科学技术协会第九次全国代表大会上，习近平同志发表重要讲话，发出了建设世界科技强国的号召。建设世界科技强国，是党中央立足国家发展全局，在奋力实现“两个一百年”奋斗目标的关键时期、在我国科技创新发展的关键阶段作出的重大战略决策，是我国创新发展的必由之路。建设世界科技强国目标宏伟、任务艰巨，需要全党全社会持续不懈地努力奋斗。

一、深刻认识建设世界科技强国的重大战略意义

当前，我国已成为世界第二大经济体，单纯靠资源投入和投资驱动，难以从根本上保证经济持续健康发展。而且，从长远来看，预计到2028年左右我国人口将达到峰值，老龄人口比例将超过1/4，老龄化将成为影响我国经济社会发展的一个关键问题，同时能源资源瓶颈制约也会更加凸显。这些都决定了我们只有牢固树立新发展理念，科学谋划和加快建设世界科技强国，将创新作为引领发展的第一动力，不断提升自主创新能力，才能为经济发展注入新动能、创造新动力，真正实现科技强、产业强、经济强、国家强。

从世界科技发展态势来看，随着经济全球化、社会信息化深入发展，各类创新要素充分流动和优化配置，国际科技创新合作更加广泛深入，大大加快了新一轮科技革命和产业变革的步伐。宇宙起源、物质结构、生命起源、脑与认知等一些基本科学问题孕育着革命性突破，先进制造、清洁

能源、人口健康、生态环境等重大创新领域加速发展，深空深海深地深蓝成为各国竞争的焦点，人工智能、大数据、虚拟现实等成为竞相发展的重点。这些领域将持续涌现一批颠覆性技术，有可能从根本上改变现有的技术路径、产品形态、产业模式、生活方式，成为重塑世界格局、创造人类未来的关键变量。当前，发达国家都在深入研究并积极应对未来二三十年内可能出现的这一重大变革。面对世界科技发展的新形势，我们要有全球视野，站在长远发展的战略高度，紧紧把握难得的战略机遇，科学谋划和加快建设世界科技强国，使我国在未来国际科技竞争中赢得先机、占据主动。

二、准确把握建设世界科技强国面临的新形势

近现代以来，以两次科学革命和三次技术革命为标志，重大科学发现、重大技术突破层出不穷，推动了新兴产业的兴起和发展，催生了以英国、法国、德国、美国、日本等国为代表的科技强国，其主要特征是科技创新综合实力处于全球领先地位，主要产业处于高端水平，劳动生产率位居世界前列。目前，美国的科技创新实力依然处于全面领先地位，德国、日本、英国、法国处于第二方阵并在一些重点领域保持国际领先水平，我国的排名大致在第20至30位之间。但随着我国在科技创新方面的迅速崛起，这一格局正在发生新变化，东亚在全球科技创新中的竞争力、影响力、吸引力不断提升，北美、欧洲、东亚三足鼎立之势将在未来一个时期重塑全球创新格局。

经过多年的积累和发展，尤其是《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》实施以来，我国科技创新能力和水平快速提升，产出数量位居世界前列，产出质量大幅提高，已成为具有重要影响力的科技大国，科技创新能力正处于从量的积累向质的飞跃、从点的突破向系统提升转变的重要时期。我国与世界科技强国的差距主要表现为：创新基础比较薄弱、重大原创成果不多、很多高端技术仍然受制于人、中低端产出占比过大、创新体制政策不够健全等。虽然差距明显，但我国的发展潜力不可低估：我国已经形成了持续、高强度的研发投入能力，目前已超过日本、

德国，位居世界第二，这是未来我国科技跨越式发展的重要基础；我国拥有完整的工业体系和创新链条，还有源源不断的人才队伍，这是建设世界科技强国的关键保障；我国经济规模、人口规模为科技创新提供了强劲需求动力；新科技革命的战略机遇为我国在更高起点上实现弯道超车创造了有利条件。

三、科学确立建设世界科技强国的目标任务和方式路径

习近平同志关于建设世界科技强国的重要讲话，指明了我国科技创新的前进道路和努力方向，赋予广大科技工作者新的使命和任务。中国科学院深入学习贯彻讲话精神，积极发挥国家高端科技智库作用，组织一批科技专家和科技政策与管理专家，对建设世界科技强国的深刻内涵、战略目标、重大任务、发展路径以及重点领域等进行深入研究，进一步深化了对建设世界科技强国的认识。在谋划和建设世界科技强国的过程中，我们既不能急于求成，也不能犹豫不前，需要搞好顶层设计，找准关键问题和薄弱环节，制定分阶段实施的目标任务和路线图。

习近平同志提出的建设世界科技强国“三步走”战略，是立足我国科技发展实际、着眼国家全局和长远发展的战略安排。近中期建设创新型国家的目标，就是要从整体上提升创新能力、提高创新效率、优化创新体制，为建设世界科技强国打下坚实基础。在此基础上，再经过20年的努力，在若干重大创新领域产出一批代表国家水平、在国际上领先的重大成果，培育若干新兴产业，综合科技实力进入世界前列。从现在起，我们就要按照建设世界科技强国的战略目标要求，在全面贯彻落实《国家创新驱动发展战略纲要》基础上，组织动员全国科技专家和相关力量，研究制定面向2030年的科技中长期发展规划，进一步明确细化近中期的目标任务和战略举措。同时，要对2050年我国经济社会发展需求进行深入系统的情景分析，尤其要科学把握新科技革命可能突破的重大方向，组织制定面向2050年的科技发展远景规划，有力指导和加快推进世界科技强国建设。

四、走出一条中国特色科技强国建设之路

建设世界科技强国，国际上的成功经验可以学习借鉴，但决不能简单

模仿和照搬。我们要发挥自身的优势特色，找准突破口，抓住关键问题，扬长避短、趋利避害，走出一条中国特色科技强国建设之路。为此，要牢牢把握以下几个方面。

1. 坚持集中力量办大事

这是我国独特的制度优势，“两弹一星”工程、载人航天与探月工程等的成功经验充分证明了这一点。坚持集中力量办大事，就是在事关国家全局和长远发展的重大创新领域，集中全国优势科技资源，组织力量开展协同创新和科技攻关，着力解决一批战略性科技问题；按照择优择重的原则，进一步调整科技投入结构和重点方向，创新资源应更多向创新能力强、创新产出高、创新效益好的科研院所、研究团队聚集，做优做强国家战略科技力量。把国家实验室建设作为体制机制改革的突破口，进一步加强政策设计、完善体制机制，充分发挥国家战略科技力量的率先引领和关键核心作用，加快带动我国科技创新实现整体跨越。把北京、上海科技创新中心建设以及合肥综合性国家科学中心建设作为重要抓手，特别是要发挥雄安新区建设这一有利条件，高起点、高标准建设若干具有全球影响力的国家创新高地，有效集聚全球优质创新资源，辐射和带动我国创新能力的整体跃升。

2. 树立重大创新产出导向

过去我们强调“原始创新、集成创新、引进消化吸收再创新”，主要是基于当时我国科技创新水平总体不高、创新能力整体不强的现实。新形势下，我们要按照建设世界科技强国的总目标、总要求，在更高起点上进一步明确与我国科技创新转型发展相适应的创新政策、创新体制、创新文化，引导科技界在思想观念、组织体制和科技评价上实现根本转变，强调增强创新自信，强化重大创新产出导向，在基础和前沿方向上努力取得具有前瞻性的原创成果，在重大创新领域开发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，加快推动自主创新能力的整体跃升，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。

3. 打牢基础、补齐短板、紧抓尖端

从科技创新规律出发，加快建设一批世界一流的科研院所、研究型大学，加强产学研用深度合作，紧密结合国家需求和区域发展战略，进一步优化学科布局，加强专业学科基础建设，构建高效完善的中国特色国家创新体系，筑牢发展的科技根基。抓住发展基础薄弱、需求迫切、关键核心技术受制于人的战略领域（如信息技术、先进制造、医药健康、能源资源等），创新组织管理模式，加快突破，缩小差距，迎头赶上。积极开展重大创新领域发展战略研究，准确研判新一轮科技革命和产业变革可能突破的重大前沿方向（如人工智能、神经科学、量子计算等），及时进行重点布局，力争率先取得新突破、孕育新优势，抢占未来科技竞争的制高点。

4. 加快建设一支高水平创新人才队伍

充分利用全球人才流动的有利机遇，以优化人才结构、提升人才质量为重点，强化需求导向，进一步完善人才政策体系，培养造就一支“高精尖缺”创新人才队伍。建立健全人才竞争择优、有序流动机制，打破围墙、拆除栅栏，激发各类人才创新活力和潜力，逐步提高人才队伍水平。赋予科研院所和科研团队更大的用人自主权，以创新质量、贡献、绩效分类评价各类人才，进一步规范既有效激励又公平合理的分配政策，充分激发科研人员的积极性、主动性和创造性，营造良好的创新环境，实现人尽其才、才尽其用。

（本文刊发于2017年5月31日《人民日报》，收入本书时略作修改）

前言

2016 年是我国科技和创新历史上具有里程碑意义的一年。全国科技创新大会、两院院士大会、中国科学技术协会第九次全国代表大会胜利召开，习近平总书记在会上发表重要讲话，向全党和全国各族人民发出建设世界科技强国的号召，吹响了我国建设世界科技强国的号角。《国家创新驱动发展战略纲要》颁布实施，创新驱动发展战略向纵深推进，全社会撸起袖子加油干，取得了 500 米口径球面射电望远镜落成启用、全球首颗量子通信卫星发射成功、“神舟十一号”飞船与“天宫二号”自动交会对接、万米深海科考等一系列重大创新成果，更多科技领域从跟跑转向并跑甚至领跑。

《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。《2017 高技术发展报告》以“生物技术”为主题，共分六章。第一章“2016 年高技术发展综述”，系统回顾 2016 年国内外高技术发展最新进展。第二章“生物技术新进展”，介绍基因组学、蛋白质组学、干细胞与再生医学、合成生物学、基因组编辑技术、转基因生物技术、新型生物农药、纳米生物技术、海洋生物技术、医药生物技术、工业生物技术、环境生物技术、免疫治疗技术等方面的最新进展情况。第三章“生物技术产业化新进展”，介绍新型抗体药物和疫苗、特色创新中药、海洋生物医药、生物种业、工业生物制造、生物质能源等方面技术的产业化进展情况。第四章“医药制造业国际竞争力与创新能力评价”，关注我国医药制造业国际竞争力和创新能力的演化。第五章“高技术与社会”，探讨精准医学、基因编辑、科学同行争议、人工智能、虚拟现实、负责任创新等社会公众普遍关心的热点问题。第六章“专家论坛”，邀请国内知名专家就高新区转型发展、军民融合创新、高技术产业开放发展、生物经济、精准医疗产业等重大问题发表见解和观点。

《2017 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、高福、薛勇彪、高志前、王昌林、徐飞、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。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、李真真、杜鹏、睦纪刚、王孝炯、曲婉和蔺洁。

中国科学院“高技术发展报告”课题组

2017年7月25日

目 录

科学谋划和加快建设世界科技强国（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 2016 年高技术发展综述	樊永刚 张久春	1
第二章 生物技术新进展		71
2.1 基因组学技术新进展	冯 旗 黄 涛 韩 斌	71
2.2 蛋白质组学技术新进展	赵 群 张丽华 张玉奎	80
2.3 干细胞与再生医学技术新进展	周 琪	87
2.4 合成生物学技术新进展	刘 晓 熊 燕 王 勇	94
2.5 基因组编辑技术新进展	陈坤玲 高彩霞	106
2.6 转基因生物技术新进展	王友华 孙国庆 张春义	114
2.7 新型生物农药——RNA 杀虫剂新进展	苗雪霞	123
2.8 纳米生物技术新进展	陈义祥 申有青 王树涛	130
2.9 海洋生物技术新进展	王广策 张久春	137
2.10 医药生物技术新进展	陈志南	146
2.11 工业生物技术新进展	陈 坚	155
2.12 环境生物技术新进展	邓 晔 庄国强	163
2.13 免疫治疗技术新进展	于益芝 曹雪涛	170
第三章 生物技术产业化新进展		179
3.1 新型抗体药物和疫苗产业化新进展	卫江波	181
3.2 特色创新中药产业化新进展	刘海涛 孙晓波	189

3.3	海洋生物医药产业化新进展		
	 史大永 吴 宁 李祥乾 江 波 王立军 郭书举	196	
3.4	生物种业技术产业化新进展	薛勇彪 景海春 张可心	206
3.5	工业生物制造技术产业化新进展	王钦宏 马延和	217
3.6	生物质能源技术产业化新进展	马隆龙	226
第四章	医药制造业国际竞争力与创新能力评价		239
4.1	中国医药制造业国际竞争力评价	曲 婉 蔺 洁	241
4.2	中国医药制造业创新能力评价	王孝炯	260
第五章	高技术与社会		279
5.1	精准医学的未来审视	王国豫 李 磊	281
5.2	基因编辑的伦理争议	范月蕾 王慧媛 于建荣	291
5.3	公共视野中的科学同行争议	杜 鹏 王孜丹 曹 芹	302
5.4	人工智能——“以人为本”的设计和创造	李真真 齐昆鹏	311
5.5	虚拟现实技术的社会伦理问题与应对	段伟文	319
5.6	负责任的产业创新——以中国智慧养老产业为例		
	 廖 苗 赵延东	331	
第六章	专家论坛		341
6.1	深化全面改革创新，推进高新区转型发展	穆荣平 冯海红	343
6.2	推动军民融合创新体制机制改革的思路与对策		
	 游光荣 赵林榜 廉振宇 赵 旭	351	
6.3	我国高技术产业开放发展现状、问题与建议	顾学明	361
6.4	努力将我国发展成为生物经济强国	王昌林 韩 祺	368
6.5	加快发展我国精准医疗产业的政策思考	王甲一 李 青	375

CONTENTS

Planning Scientifically and Speeding up the Construction of World's Scientific and Technological Power	i
Introduction	vii
Chapter 1 Overview of High Technology Development in 2016	1
Chapter 2 Progress in Biotechnology	69
2.1 Genomics Technology	79
2.2 Proteomics	87
2.3 Stem Cell and Regenerative Medicine	93
2.4 Synthetic Biology	105
2.5 Genome Editing	113
2.6 Transgenic Research	123
2.7 RNA Insecticides	129
2.8 Nano-Biotechnology	136
2.9 Marine Biotechnology	145
2.10 Pharmaceutical Biotechnology	155
2.11 Industrial Biotechnology	162
2.12 Environmental Biotechnology	169
2.13 Immunotherapy	177
Chapter 3 Progress in Commercialization of Biotechnology	179
3.1 Commercialization of Antibody Drug and Vaccine	189
3.2 Commercialization of Traditional Chinese Medicine	195
3.3 Commercialization of Marine Biological Medicine	205

3.4	Commercialization of Bio-Seed	216
3.5	Commercialization of Industrial Biomanufacturing	225
3.6	Commercialization of Bio-Energy Technology	237
Chapter 4	Evaluation on Pharmaceutical Industry Competitiveness and Innovation Capacity	239
4.1	International Competitiveness of Chinese Pharmaceutical Industry	258
4.2	Innovation Capacity of Chinese Pharmaceutical Industry	277
Chapter 5	High Technology and Society	279
5.1	Reflections on the Future of Precision Medicine	290
5.2	The Ethical Issues of Gene Editing Technology	301
5.3	Controversy between Fellow Scientists in Public View	310
5.4	Artificial Intelligence—Design and Creation Based on “People-Oriented”	318
5.5	Social and Ethical Issues of VR-Technology and Response	330
5.6	Responsible Research and Innovation in Industry: A Case Study of Smart Elderly Care Industry in China	340
Chapter 6	Expert Forum	341
6.1	To Promote Transformation of High-Tech Industrial Development Zone by Deepening the Comprehensive Innovation and Reform	349
6.2	The Development Plan and Strategy for Promoting the System and Mechanism Reform of Civil-Military Integration in China	360
6.3	Present Status, Problems and Suggestions of High-Tech Industry in China	368
6.4	To Build an Innovation-Driven Bio-Economic	374
6.5	Some Thoughts on Promoting the Development of Precision Medical Industry in China	380

第一章

2016年高技术 发展综述

Overview of High Technology
Development in 2016

2016 年高技术发展综述

樊永刚 张久春

(中国科学院科技战略咨询研究院)

2016 年,面对新一轮科技革命和产业变革的机遇与挑战,世界主要国家持续强化科技创新投入,围绕新一代信息技术、生命与健康、先进制造、先进材料、能源资源、空天海洋等新兴技术和战略高技术的竞争日趋激烈。美国发起寻找癌症治愈疗法的“登月计划”、“全民联网”的宽带网普及计划及“国家微生物组计划”等,以确保其头号科技强国地位。英国在“脱欧”公投后提出启动“国家生产力投资基金”(NPIF),支持科技创新和基础设施,重点支持机器人、人工智能、生物科技、卫星、先进材料等新兴科技领域。德国发布《新高科技战略——德国创新》,重点发展数字经济与社会、可持续经济和能源、健康生活、智能交通等领域。法国调整“新工业法国”战略,聚焦数字经济、智慧物联网、新型能源、未来交通、未来医药等 9 大领域,并加大投资力度。日本出台《第五期基本计划》,提出加快发展“超智能社会”(“社会 5.0”)。中国发布《国家创新驱动发展战略纲要》,启动实施《中国制造 2025》,高技术在推动产业结构转型升级、培育经济发展新动能中发挥着不可替代的作用,有力地支撑了创新型国家和小康社会建设。

一、信息技术

2016 年,信息技术领域取得多项重大突破。集成电路领域,在利用原子和分子自组装复杂组件、DNA“折纸术”等新制造工艺方面取得突破性进展。超算领域,中国再次夺冠且实现核心部件国产化,日本在绿色超算领域继续保持领先。人工智能领域,因“阿尔法狗”(AlphaGo)事件,人工智能领域受到空前关注,人脑结构图谱绘制、运动转换成语言、识别银行黑客系统、车对车(V2V)网络等进展也值得关注。云计算和大数据方面,多维存储技术、DNA 存储技术、相变存储技术、12U 微型数据中心技术等令人印象深刻。网络与通信领域,太赫兹激光器、实用高性能硅激光器、适用于边远地区的移动宽带新技术都有不同程度进展。量子计算和通信领域,量子叠加延长、一维量子超材料、“薛定谔的猫”同时两地的发现、量子计算机模拟实验、量子光学结构集成到芯片上、超导传输量子自旋信息等成就尤为突出。