



中国科学院年度报告系列

2018

高技术发展报告

High Technology Development Report

中国科学院



科学出版社

2018

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

2018高技术发展报告 / 中国科学院编. —北京: 科学出版社,
2018.12

(中国科学院年度报告系列)

ISBN 978-7-03-060327-2

I. ①2… II. ①中… III. ①高技术发展—研究报告—中国—
2018 IV. ①N12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第297385号

责任编辑: 侯俊琳 杨婵娟 / 责任校对: 韩 杨

责任印制: 张克忠 / 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>

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12月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

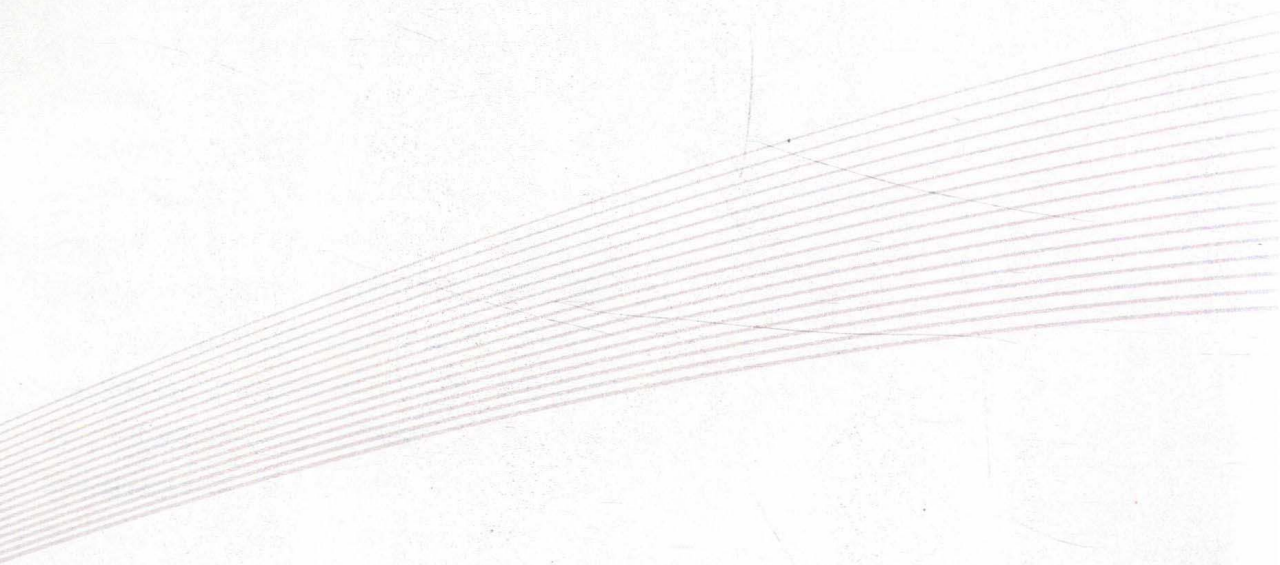
2018 年12月第一次印刷 印张: 27 1/2 插页: 2

字数: 537 000

定价: 158.00元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

—— 中国科学院年度报告系列 ——



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氛围和环境，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”。

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