

科技发展新态势 与面向2020年的战略选择

Vision 2020: The Emerging Trends in Science & Technology and
Strategic Option of China

中国科学院



科学出版社

013934326

G322.0
C2

科技发展新态势 与面向2020年的战略选择

Vision 2020: The Emerging Trends in Science & Technology and
Strategic Option of China

中国科学院



科学出版社
北京



北航

C1641657

G322.0
32

内 容 简 介

本报告在《创新 2050：科学技术与中国的未来》科技发展路线图和学科发展研究的基础上，前瞻未来 10 年世界科技发展，提出在一些重要科学问题和关键技术将发生革命性突破，产生一批在世界范围内有广泛影响的重大科技事件，同时，深入分析中国转型发展对科技的新需求和可能发生的重大科技突破，提出了面向 2020 年科技发展战略选择的建议。

本报告可作为政府部门、科研机构、大学、企业进行科技战略决策的重要参考，可供国内外专家、学者研究和参考。

图书在版编目(CIP)数据

科技发展新态势与面向 2020 年的战略选择 / 中国科学院. —北京：科学出版社，2013. 4

ISBN 978-7-03-037100-3

I. ①科… II. ①中… III. ①科技发展-科技政策-中国 IV. ①G322.0

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 049066 号

责任编辑：李 敏 / 责任校对：赵桂芬

责任印制：钱玉芬 / 整体设计：黄华斌

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>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 4 月第 一 版 开本：889×1194 1/16

2013 年 4 月第一次印刷 印张：17 3/4

字数：400 000

定价：80.00 元

(如有印装质量问题，我社负责调换)

“科技发展新态势与面向 2020 年的战略选择” 研究组织

总负责

白春礼

总体研究组

潘教峰 张柏春 张 凤 张志强 赵兰香 霍国庆

能源科技战略研究组

严陆光	汪集旸	徐建中	方守贤	刘光鼎	匡廷云	陈 勇
杨长春	赵黛青	肖立业	吴能友	袁振宏	韩怡卓	王志峰
戴松元	罗晓容	郝天珧	庞忠和	黄 芳	杨春虹	蔡国田

资源科技战略研究组

胡瑞忠	刘昌明	王 毅	黄宏文	匡廷云	刘建明	翟明国
毕献武	李浩然	侯西勇	苏利阳	康 明	姜鲁光	

材料与制造科技战略研究组

王天然	张 懿	卢 柯	解思深	王 琛	谭若兵	于海斌
崔 平	杨 辉	王飞跃	宋 宏	梁 炜	朱云龙	刘 胜
郑晓龙	陈洪章	葛 蔚	张香平	李会泉	李秀艳	任红轩

信息科技战略研究组

李国杰	郑厚植	郭光灿	林惠民	吴德馨	陈润生	侯自强
封松林	王飞跃	徐志伟	赵 卫	史忠植	刘志勇	洪学海

农业科技战略研究组

赵其国	黄季焜	段子渊	张爱民	张佳宝	刘公社	孙 波
褚海燕	段增强	朱 桢	王慧研	曲乐庆	杨维才	桂建芳
杨 军						

人口健康科技战略研究组

陈凯先	林其谁	吴家睿	陈 雁	段恩奎	傅小兰	高 福
郭爱克	黄 力	蒋华良	赖 仞	林 旭	孟安民	倪福弟
裴端卿	沈竞康	施蕴渝	孙 兵	王海滨	王丽萍	徐 涛
于 军	于建荣	袁志明	赵国屏	周 琪	周江宁	

生态与环境科技战略研究组

王会军	姚檀栋	朱永官	马耀明	王 毅	曲久辉	赵景柱
崔胜辉	姜大膀					

空间科技战略研究组

吴 季	郭华东	顾逸东	相里斌	吕达仁	王 赤	龚建村
张双南	孙丽琳	杨 新	马建文	刘迎春	赵光恒	姜鲁华
任丽文	文丽琛					

海洋科技战略研究组

孙 松	相建海	李风华	李铁刚	王 凡	杨红生	张 偲
黄良民	王东晓	周名江	程培周	尹 宏	李超伦	于仁成
王 兵	孟庆勇	申 辉	姜 鹏	李富超	黄 朋	

重大基础与前沿交叉战略研究组

于 录 郭 雷 陈和生 赵国屏 高小山 姜晓明 赵宏武
陈增兵 秦 波 李 森 张鹏杰 邢志忠 武向平 李惕培
阎永廉 吴自玉 金 铎 徐洪杰 严 俊 张双南 曹 俊

科技革命与国家现代化研究组

张柏春 刘益东 田 森 方在庆 王作跃 周 程 鲍 鸥
姚大志

科技政策情报研究组

张志强 胡智慧 王建芳 李 宏 裴瑞敏 任 真 张秋菊

参与咨询的专家

施尔畏 李静海 詹文龙 丁仲礼 阴和俊 张亚平 方 新
李志刚 邓麦村 何 岩 曹效业 谭铁牛 邓 勇 吴建国
安芷生 王占国 徐建中 朱道本 欧阳钟灿 沈文庆 林惠民
郭光灿 秦大河 洪茂椿 朱日祥 李 灿 方精云 陈晓亚
傅伯杰 李 婷 周德进 刘鸣华 张知彬 范蔚茗 王越超
孙殿义 孔 力 李和风 马 扬 李 定 孙建国 樊 菁
李明树 叶甜春 田 静 穆荣平 何传启

工作组

张 凤 陶 诚 张月鸿 蒋 芳 杨 明

序

世界范围内的生产力、增长方式、生活方式和经济社会发展格局正在发生深刻变革。在现代化和全球化进程的强大需求拉动下，世界新科技革命发展势头迅猛，孕育着新的重大突破。科技创新成为当今世界最活跃、最具革命性的因素，彰显出这个时代区别于以前各个时代的鲜明特征。培育新的经济增长点、抢占科技制高点已经成为各国发展的战略选择。特别是 2008 年国际金融危机爆发后，世界各国纷纷将复苏希望寄托在科技的革命性突破上，把握科技革命可能发生的领域和方向，加快前瞻部署，着力培育和发展战略性新兴产业，以谋取新一轮竞争发展的主动权。

在若干重要科技领域，外部技术变革和内在矛盾推动一些基本科学问题的大突破，其结果可能会深刻影响人类的生产和生活方式，深刻影响社会发展的进程，深刻影响国家的国际竞争优势和地位。我们必须及时分析科技发展的态势，把握新一轮科技革命的战略机遇，大幅提升我国科技创新与产业化能力。

面对时代赋予的历史使命和重大机遇，中国科学院作为科技国家队和国家科学思想库，始终重视战略研究，充分发挥科学家洞悉未来科技态势的优势，前瞻并掌握全球科技发展的趋势。中国科学院已发布了面向长周期的《创新 2050：科学技术与中国的未来》路线图系列研究报告。在科技突飞猛进的背景下，我们还需要关注近中期的科技发展态势，重点思考未来 10 年三个方面的问题：一是世界科技发展态势，在哪些方面有可能产生重大突破？二是中国经济社会发展和国家安全急需解决的重要科技问题，在哪些领域可能产生重大突破？三是面对新趋势新需求，中国在哪些方面应加强前瞻布局？为此，中国科学院组织开展了面向 2020 年科技发展新态势的研究，形成了《科技发展新态势与面向 2020 年的战略选择》研究报告。

本报告凝聚了众多高水平科技专家的智慧，希望它能够对中国实施创新驱动发展战略、建设创新型国家产生积极的影响和作用。

白春礼

2013 年 2 月

前言

中国科学院始终高度关注科技发展的战略问题。2012 年年初，白春礼院长要求集中研究“在‘十二五’乃至‘十三五’期间中国最为迫切需要解决的问题是什么，其中科技能发挥什么作用？今后一段时间，在中国可能产生重大影响的科技事件是什么？中国科学院作为科技国家队在其中能发挥什么作用？”为此，中国科学院组织“18 个重要领域科技发展路线图”^① 研究组的 200 多位专家开展了面向 2020 年科技发展新态势的研究。

经过近一年的深入研究，分析了新科技革命带来的机遇和挑战，提出了中国“十二五”乃至“十三五”期间需要着力解决的重大科技问题及建议国家采取的若干政策举措，形成了研究总报告，以及能源、资源、材料与制造、信息、农业、人口健康、生态与环境、空间、海洋、重大基础前沿与交叉 10 个科技领域的分报告。在此基础上，最终形成《科技发展新态势与面向 2020 年的战略选择》。本报告分为总论、分论、专论三个部分。总论预测和描述了未来 5—10 年重要领域科技发展的图景，提出了 22 个世界可能发生的重大科技事件，19 个中国可能产生的重大科技突破和若干需要加强或加快布局的科技战略重点；分论重点针对 10 个重要领域发展的新趋势新特点进行阐述，拓展与丰富了总论的观点和判断；专论分别从历史和未来的视角，阐述了科技革命与国家现代化的关系，归纳凝练了世界主要国家面向 2020 年的科技战略，为中国科技战略的选择提供了借鉴。

面向 2020 年科技发展新态势研究涉及领域、专家众多，科技前沿把握和预测难度大，为此进行了整体设计、系统安排。

^① 2007 年下半年，中国科学院组织 300 多位高水平专家，围绕能源、矿产资源、油气资源、水资源、先进材料、纳米、先进制造、信息、农业、人口健康、生态与环境、空间、海洋、生物质资源、重大科技基础设施、区域、重大交叉前沿、国家安全等 18 个领域，开展了“中国至 2050 年重要领域科技发展路线图的战略研究”，经过 2 年的集中研究，完成了《创新 2050：科学技术与中国的未来》系列战略研究报告，在国内外产生了重要影响，得到了国家层面的高度重视和认同。

一是成立总体研究组，开展报告结构和关键问题研究。在白春礼院长的领导下，成立了由潘教峰任组长，张柏春、张凤、张志强、赵兰香、霍国庆参加的总体研究组，起草总报告，对报告框架结构、世界和中国可能发生的重大科技突破的界定和判断标准等关键内容和问题进行研究。中国科学院规划战略局作为主管部门，具体负责组织与协调相关研究组和咨询工作。

二是明确研究报告基本要求。这次研究主要依托“18 个重要领域科技发展路线图”研究组，在每年科技发展态势研究的基础上开展面向 2020 年重要领域科技发展新态势研究。各领域研究报告力求突出重点、不求面面俱到，注重前瞻性、战略性，时间尺度重点放在国家“十二五”和“十三五”阶段。每个领域研究报告主要包括未来 5—10 年本领域科技发展新趋势新特点、建设创新型国家对本领域科技的重大需求及面向 2020 年的科技战略重点三个方面的内容。

三是各领域研究组研究起草分报告，并与总体研究组互动研讨。根据中国科学院规划战略局的总体要求，各领域研究组多次集中研讨，形成了分领域研究报告，凝练提出了本领域未来 5—10 年可能发生的重大科技突破及中国应采取的政策建议。在总报告框架稿形成后，总体研究组分别与各领域研究组的专家进行了深入研讨，集中撰写和修改了分领域报告。

四是更广泛听取专家意见。2012 年 6 月中国科学院规划战略局在北京组织召开了“面向 2020 年科技发展新态势研讨会”，相关领域 30 多位院士和专家从能源、材料、信息、人口健康、航空、地球科学、交叉前沿等领域分别提出了未来 5—10 年可能发生的重大科技突破和政策建议。之后，广泛听取有关专家意见，修改和完善研究报告。

准确预见未来发展特别是未来 5—10 年重大科技事件是一项富有挑战的工作。本报告的研究和撰写，凝聚了众多专家的智慧 and 心血。在此谨向参加报告撰写、提出建议和参与讨论的专家们表示衷心感谢。由于这次战略研究涉及领域多、判断难度大，加之认识本身的局限，本报告还存在不足之处，欢迎国内外各方专家、学者提出宝贵意见。

总体研究组

2013 年 2 月

目 录

序
前言

第一部分 总 论

第一章 未来 10 年世界科技发展新趋势新特点	003
一、世界科技发展新态势	003
二、未来 10 年世界若干可能取得重大突破的重要领域	004
三、未来 10 年世界可能发生的重大科技事件	008
第二章 中国创新驱动发展对科技的重大需求	014
一、中国经济社会转型对科技的迫切需求	014
二、未来 10 年中国可能发生的重大科技突破	016
第三章 中国面向 2020 年的科技战略选择	022
一、国家需要加强布局的科技战略重点	022
二、建议国家采取的若干政策举措	031

第二部分 分 论

第四章 能源科技：加速能源多元化和低碳化转型	035
一、未来 10 年能源领域科技发展新趋势新特点	035
二、建设创新型国家对能源科技的重大需求	041
三、国家需要加强布局的能源科技战略重点	045

第五章 资源科技：保障资源供给，推动可持续利用	057
一、未来 10 年资源领域科技发展新趋势新特点	057
二、建设创新型国家对资源科技的重大需求	061
三、国家需要加强布局的资源科技战略重点	065
第六章 材料与制造科技：聚焦材料基因组，推进绿色智能制造	073
一、未来 10 年材料与制造领域科技发展新趋势新特点	073
二、建设创新型国家对材料与制造科技的重大需求	084
三、国家需要加强布局的材料与制造领域科技战略重点	088
第七章 信息科技：加速人-机-物三元融合	093
一、未来 10 年信息领域科技发展新趋势新特点	093
二、建设创新型国家对信息科技的重大需求	103
三、国家需要加强布局的信息科技战略重点	106
第八章 农业科技：促进生态高值，保障食物安全	112
一、未来 10 年农业领域科技发展新趋势新特点	112
二、建设创新型国家对农业科技的重大需求	118
三、国家需要加强布局的农业科技战略重点	121
第九章 人口健康科技：学科汇聚开创生物医学新时代	131
一、未来 10 年人口健康领域科技发展新趋势新特点	131
二、建设创新型国家对人口健康科技的重大需求	139
三、国家需要加强布局的人口健康科技战略重点	143
第十章 生态与环境科技：认知自然规律，寻求可持续路径	149
一、未来 10 年生态与环境领域科技发展新趋势新特点	149
二、建设创新型国家对生态与环境科技的重大需求	153
三、国家需要加强布局的生态环境科技战略重点	157
第十一章 空间科技：探索发现宇宙基本规律，开发利用空间战略资源	167
一、未来 10 年空间领域科技发展新趋势新特点	167
二、建设创新型国家对空间科技的重大需求	173
三、国家需要加强布局的空间科技战略重点	177

第十二章 海洋科技：聚焦深海与全球变化	182
一、未来 10 年海洋领域科技发展新趋势新特点	182
二、建设创新型国家对海洋科技的重大需求	186
三、国家需要加强布局的海洋科技战略重点	191
第十三章 重大基础前沿与交叉：揭示深层规律，孕育重大突破	198
一、未来 10 年重大基础前沿与交叉领域科技发展新趋势新特点	198
二、建设创新型国家对重大基础前沿与交叉科技的战略需求	205
三、国家需要加强布局的重大基础前沿与交叉科技战略重点	207

第三部分 专 论

第十四章 历史启示：科技革命与国家现代化	215
一、科学革命、技术革命与现代化的内涵和特征	215
二、科学革命与技术革命对国家现代化的推动	220
三、现代化对科技革命的影响	224
四、科学技术的国家化与国立科研机构	226
五、启示	227
第十五章 未来竞争：世界其他主要国家或地区面向 2020 年的科技战略 ...	231
一、世界其他主要国家或地区面向 2020 年科技战略	231
二、世界其他主要国家或地区面向 2020 年科技战略目标分析	237
三、世界其他主要国家或地区面向 2020 年科技战略的重点领域布局	242
四、世界其他主要国家或地区面向 2020 年科技发展的主要政策措施	249
重要英文缩略词语对照表	263

第一部分

总 论

经过 30 多年的快速发展，中国已发展成为世界经济大国，未来 10 年面临着如何从经济大国转变为经济强国的挑战。纵观近代以来大国崛起和发展的历史，可以发现，英国、法国、德国、美国、日本等国都抓住了当时的科技革命机遇，率先发展了战略性、支柱性产业，建立了科技引领经济社会持续发展的机制，从而成为世界强国。新兴经济国家往往在经过以中低端产业快速发展为特征的阶段后，会遭遇“中等收入陷阱”和“高技术壁垒”，只有转向科技创新引领的经济发展方式，才能从根本上突破壁垒、摆脱陷阱，成为现代化强国。当今世界科技呈现出新一轮革命的征兆，世界政治经济格局也经历着第二次世界大战以来最深刻的变化，新兴国家日益成为全球经济增长的引擎，对美国主导的现有格局产生了强有力的挑战。抓住新科技革命的难得历史机遇，走创新驱动、内生增长的道路，将使中国实现经济社会转型发展并在国际竞争中赢得主动、占得先机。

第一章

未来 10 年世界科技发展新趋势新特点

一、世界科技发展新态势

经历了 20 世纪的科学革命、技术革命以及浪潮迭起的产业革命后，当今世界科技发展正呈现出新的态势。

1. 科技发展呈现多点突破、交叉汇聚的景象

物质科学探索不断向宏观拓展、微观深入和极端条件方向发展，生命科学向精确化、可再造、可调控方向发展，人类正在进入用信息和信息技术精细调控物质和能量的时代，许多基本科学问题面临突破，学科间交叉、融合与汇聚，不断催生新的学科生长点，“整体统一”的科学方法成为地球系统科学、复杂系统科学等学科发展的方向和追求的目标。

2. 大数据科学成为新的科研范式

互联网技术、互联网经济学、超级计算、环境科学、生物医药等研究产生海量数据，催生了大数据（bigdata）科学这一新的科研范式。与实验科学、理论分析和计算机模拟这三种经典科研范式相比，其特征是：将计算技术与科学工程领域有机结合，实现各领域海量数据的获取、存储、管理、深度分析和可视化展现，大数据分析可以做到没有模型和假设也能从数据中发现新知识、新规律。主要发达国家积极部署大数据研究计划和平台，将引起科研组织方式的深刻变化，并使知识的创造和应用更加紧密结合。

3. 人类可持续发展的重大问题成为全球科技创新的焦点

当今世界共同面临着能源、环境、人口健康、海洋资源利用、宇宙开发等关系可持续发展的紧迫问题，其中蕴涵着大量跨学科的共性、复杂性科学问题，迫使人类谋求科学突破和重大技术变革。这成为推动科技创新的强大

驱动力，引领科技创新的方向，推动众多科学领域协同创新和交叉发展。科技“双刃剑”的特点更加凸显，转基因、网络、核能等在为人类带来福祉和便利的同时，引发新的伦理问题或社会风险，对社会治理机制与国家安全等产生重大影响，带来了一系列非传统安全问题。

4. 世界各国更加重视利用科技创新培育新的经济增长点

近年来，世界主要发达国家竞相推出新兴产业发展规划和国家竞争力计划，不约而同地选择节能环保、清洁能源、新材料、生物、医疗健康、智慧地球、创意内容产业等作为优先发展的战略性新兴产业，纷纷加大科技创新投入和政策支持力度，制定和实施具有更强针对性、时效性和专业性的专项规划或行动计划，更加重视通过科技创新来优化就业结构、驱动可持续发展和提升国家竞争力。

5. 产业科技、国家科技和学院科技三足鼎立、协同发展

世界各国都着眼于应对危机、掌握发展主动权，从各自发展的阶段和需求出发，通过建设国家创新体系对产业科技、国家科技与学院科技进行合理的布局和统筹安排。产业科技是发明与技术创新的主战场，在需求拉动下，其通过市场机制配置各种资源，直接对经济增长作贡献；国家科技主要以国家利益与社会公益需求为驱动力，实施国家战略层面的研究计划、大科学工程等，提升国家科技竞争力；学院科技在兴趣与好奇心的驱动下为社会贡献新知识，源源不断地为经济增长与社会造就人才。

6. 科技创新资源配置呈现出全球化竞争与加速流动的趋势

世界发达国家凭借综合优势成为科技创新资源全球流动配置的主要受益国。科技先进国家继续增强高技术壁垒，着力竞争全球最优秀的青年人才。新兴国家纷纷推出科技创新政策和国家人才计划，积极参与科技创新资源流动配置的全球化竞争。全球性创新型企业利用新型研发模式凝聚全球智慧资源。未来科技创新资源全球流动配置的格局将深刻影响国家竞争力。

二、未来 10 年世界若干可能取得重大突破的重要领域

在强大需求与知识体系创新的驱动下，科技创新日新月异，一些重要科学问题与关键技术发生革命性突破的先兆初显端倪。新科技革命很可能表现

为技术革命与科学革命相继发生，甚至相伴互动的生动景象。科技突破将催生新产业与产业变革，对破解制约经济社会可持续发展的难题产生超出预期的影响。

1. 能源与资源领域

在能源领域，受化石能源日渐耗竭和环境保护要求的双重约束，现代社会必将面临能源的再次转型和革命，即由主要依赖化石能源逐步向核能和新能源系统转变，这个转型将是一个长期的过程。化石能源的高效清洁利用技术将得到大力发展，核能和新能源与可再生能源在能源结构中的比例将不断提高，天然气水合物将进入试开采。能源输送效率、稳定性、安全性和智能化技术将全面提升，多种能源将实现互补与系统融合。

在油气资源领域，油气地球物理勘探技术和装备不断升级换代，成熟盆地的勘探更加精细，潜在油气富集区带的勘探发现能力得到提升，开发采收率大幅提高。新型油气勘探技术在深海、极地、地表条件恶劣地区具有广阔前景。致密砂岩油气、页岩气、油砂-沥青矿、煤层气、油页岩等非常规油气资源将成为开发的重点。

在矿产资源领域，重要成矿区带成矿规律的认识将更加深入，找矿预测研究向覆盖区和地球深部发展，稀有金属矿产等战略性矿产资源的开发成为热点，矿产资源的高效清洁利用成为科技创新的重要任务，海洋和极地区域矿产资源的调查和研究受到高度关注。

在水资源领域，科学研究面临揭示水资源演变规律以及水问题复杂化的新挑战，人类需求增长与气候变化影响正在加剧全球水危机，带来显著的不确定性和风险。水资源与能源、土地与粮食、生态系统和生物多样性等之间的关系日益成为研究的重点。

2. 材料与制造领域

在材料领域，材料设计与性能预测科技发展迅速，环境协调和低成本合成制备技术受到重视，材料制造的工艺、流程以及结构与性能关系的研发面临新突破，“材料基因组计划”的实施可能使材料研发周期大幅缩短。材料研究对大型科学装置和科研平台的依赖性更强，复合材料、生物材料、信息功能材料、智能材料等将得到更多应用和发展。碳基电子学的发展将加快石墨烯等下一代电子器件材料的研发。纳米材料持续成为研发热点，其与纳米制