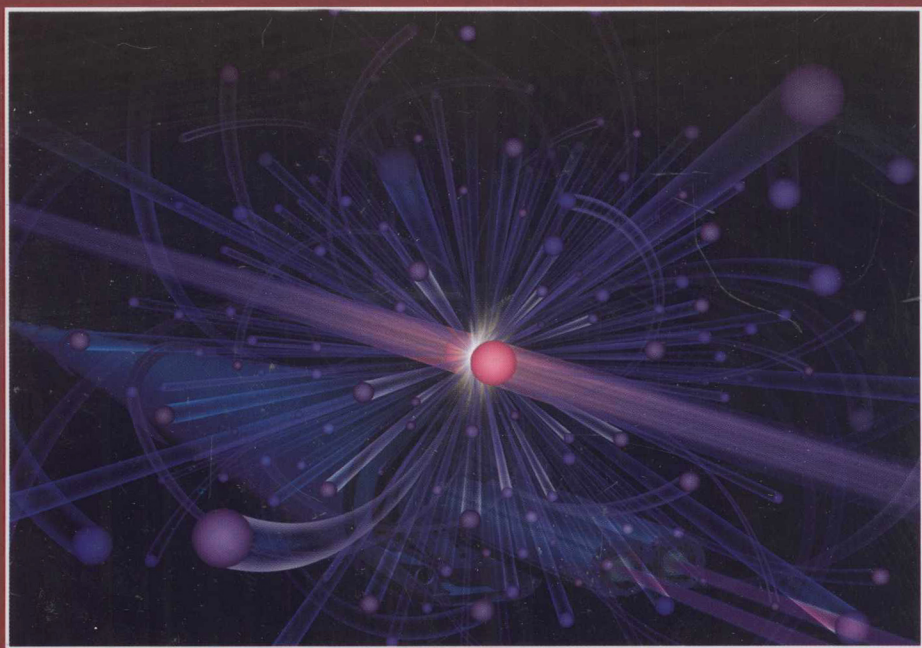


2013

科学发展报告

Science Development Report

中国科学院



科学出版社

2013科学发展报告

2013 Science Development Report

● 中国科学院

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本报告是中国科学院发布的年度系列报告《科学发展报告》的第十六本,旨在综述 2012 年度世界科学前沿进展,展望重要科学领域发展趋势,评述诺贝尔奖科学成果,报道我国科学家具有代表性的研究成果,聚焦公众关注的科学热点问题,介绍我国科学发展的整体状况,分析科技发展的战略与政策,介绍科学在我国实施创新驱动发展战略和建设创新型国家中所起的重要作用,并向国家提出有关中国科学发展的战略和政策建议,为高层科学决策提供参考。

本报告对各级决策部门、立法部门、行政部门具有连续的参考价值,可供各级决策和管理人员、科研院所科技人员、大专院校师生以及社会公众阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

2013科学发展报告/中国科学院编.—北京:科学出版社,2013.3
(中国科学院科学与社会系列报告)
ISBN 978-7-03-036755-6

I. ①2… II. ①中… III. ①科学技术—发展战略—研究报告—
中国—2013 IV. ①N12②G322

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第034997号

责任编辑:郭勇斌 邹 聪 樊 飞 侯俊琳/责任校对:刘小梅
责任印制:赵德静/封面设计:无极书装

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>

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3月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2013年3月第一次印刷 印张:21 1/2

字数:458 000

定价:88.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

中国科学院科学与社会系列报告

专家委员会

(按姓氏笔画排序)

丁仲礼 杨国桢 杨福愉 陆 埏
陈凯先 姚建年 郭 雷 曹效业

总体策划

曹效业 潘教峰

课 题 组

组 长 张志强
成 员 王海霞 叶小梁 刘峰松 申倚敏
苏 娜 裴瑞敏

审稿专家

(按姓氏笔画排序)

丁仲礼 于在林 习 复 白登海 叶 成
吕厚远 刘国詮 李 卫 李玉同 李永舫
李喜先 杨福愉 吴善超 邱举良 邹振隆
张利华 张树庸 郝青振 赵 刚 赵见高
赵保京 祝学衍 贺 泓 夏建白 郭兴华
陶宗宝 黄 矛 曹效业 龚 旭 程光胜
谭宗颖 潘教峰



把握世界科技发展的新趋势 深入实施创新驱动发展战略

白春礼

党的十八大提出实施创新驱动发展战略，对我国加快转变经济发展方式，从经济大国走向经济强国具有重大意义。深入分析全球科技发展新趋势新特点和国家重大战略需求，理清我国科技发展的方向与着力点，将有利于更好地抓住新科技革命的难得历史机遇，实现我国科技的跨越发展，支撑引领我国走创新驱动、内生增长的道路。

一、世界科技发展呈现出新的特点和趋势

在经历了 20 世纪科学革命、技术革命以及浪潮迭起的产业革命后，当今世界科技正呈现出新的发展态势和特征，孕育着新一轮科技革命。科技发展呈现多点突破、

交叉汇聚的态势，大数据科学将成为新的科研范式，人类可持续发展的重大问题成为全球科技创新的焦点。世界各国更加重视利用科技创新培育新的经济增长点，产业科技、国家科技和学院科技三足鼎立、协同发展，创新资源配置呈现出全球化竞争与加速流动的趋势。科技革命必将引发产业革命，最近国际上热议的“第三次工业革命”集中反映了这一趋势。在强大需求与知识体系创新的驱动下，一些重要科学问题与关键技术发生革命性突破的先兆已经显现，大数据浪潮、信息技术和制造业的融合，以及能源、材料、生物等领域的技术突破，将可能催生新产业，引发产业的革命性变革，产生一批影响全球的重大科技事件，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。

在能源与资源领域，受化石能源日渐耗竭和环境保护的双重约束，现代社会必将面临能源的再次转型和革命，即主要由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。化石能源的高效与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。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，信息技术与新能源相结合将产生新型工业模式。重要成矿区带成矿规律的认识将更加深入，找矿向覆盖区和地球深部发展，矿产资源高效清洁利用成为科技创新的重要任务；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。

在信息网络领域，“后摩尔时代”“后 PC 时代”以及“后 IP”时代正在到来。新型信息功能材料、器件和工艺不断出新，智能传感器、大数据存储将取得突破。云计算、物联网、工业互联网等技术的兴起促使信息技术渗透方式、处理方法和应用模式发生变革，促进人机物融合，消费者将更大程度地参与设计和制造过程，甚至成为生产过程的一个重要环节，生产方式将从大规模生产向个性化生产转变。光学和光电子学在信息处理、通信和数据存储方面潜力巨大，将推动互联网的重大变革。人工智能技术重新兴起，类脑计算机、类人机器人发展迅速。

在农业领域，粮食安全和农副产品需求压力持续加大，高产稳产、高效安全、优质生产始终是农业科技创新的主题；生命科学重大理论创新成果推动农业基础科学快速发展，农业生物组学和动植物分子设计育种已成为农业科技的前沿热点；环境和气候变化对农业的影响备受关注，农业防灾减灾、重大疫病防治和低碳发展等的应对研究成为热点。

在人口健康领域，孕育着对人类基因组及其在生命过程中的功能调控，特别是对细胞命运调控机制等基本问题的重大理论突破；传统医学模式正在发生深刻变化，健

康医学将迎来全新发展机遇,合成生物学技术将为基因治疗和生物治疗带来新的机遇,癌症、代谢性疾病等非传染性疾病的治疗性疫苗将为创新药物研究开启新方向。

在材料与制造领域,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,材料更加绿色化、个性化,更加清洁、高效、可循环利用。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。3D 打印技术成为新的热点;智能与绿色是制造业发展的主流趋势,人机共融的智能制造模式是智能制造技术发展的基本特征。

在生态与环境领域,全球范围的生态环境监测体系与系统模拟正在形成,全球生态与环境研究正逐步向可测量、可报告、可评价和可动态模拟的方向发展;将寻找能源、食物、水资源相互联系的综合解决方案,重视研究大规模人类活动对生态系统的影响。

在空间与海洋领域,空间探测以月球、火星和小行星探索为主线,向更深更遥远的宇宙迈进,持续探索宇宙起源、演化、暗物质暗能量的本质,揭示太阳爆发机制;国际空间站主体建造完成,预期将不断产生新的科学认知和效益;围绕国家安全与海洋权益、资源可持续利用和深海探索三大方向,海域国家重视建立基于生态系统的近海管理体系和走向深海大洋,深海资源探测与开发高度依赖于技术的发展,海洋新技术的突破正在催生新型蓝色经济的兴起与发展。

二、我国经济社会转型发展的科技需求 将推动重大科技突破

在我国经济社会转型的进程中,能源资源、产业结构、农业现代化、人口健康与老龄化、生态环境与城市化、空天海洋拓展、公共安全等领域,面临着日益紧迫的问题。例如,我国能源和资源短缺问题日益突出,已探明的油气资源与大宗矿产资源严重短缺,生物资源的认知、收集、贮备和发掘严重不足,主要栽培农作物品种和园艺品种90%以上的种子供应被国外垄断,水资源的短缺、污染、生态恶化与灾害加剧等问题凸显并且可能发生严重的水危机。又如,我国制造业总体处于价值链的低端,材料产业整体水平不高,资源消耗过大,关键核心技术对外依存度过高,出口增长主要由低价格和数量推动,发达国家的再工业化、可能发生的“第三次工业革命”将对我国要素成本优势、产业结构调整升级、国际产业与技术竞争带来新的冲击,我们要密切关注、认真分析、积极应对,努力化挑战为机遇。

解决这些问题，对相关领域的研发提出了迫切需求，必将加快对我国科技与经济社会发展有重大影响的重大科技突破。综合判断，未来 5 ~ 10 年我国可能在若干方面发生重大科技突破。

量子通信将可能率先取得重大突破。有可能在城域与城际两个方向实现规模化应用，形成新的战略性新兴产业。在星地量子通信和星地量子力学完备性实验检验等空间量子实验方面，我国有可能在国际上率先取得突破，取得具有重大国际显示度的成果。

自主可控的基础软硬件平台将产生重大突破。信息技术领域以重大信息化应用和系统整机为牵引，以重大产品为目标，将能够攻克并掌握核心器件、高端通用芯片和操作系统软件的关键技术，全面形成核心电子器件、高端通用芯片和基础软件产品的自主发展能力，扭转我国基础信息产品在安全可控自主保障方面的被动局面。

干细胞整体研究水平将进入国际第一阵营。我国干细胞部分科研成果已达到国际领先水平，有望在细胞命运调控的基础理论方面取得突破，获得多能干细胞的新技术，干细胞和再生医学研究的大动物模型产业化前景明朗，基于基础研究的干细胞转化工作将得到加强，形成稳定可靠的细胞治疗技术，实现规范化的临床试验与应用。

先进材料可能实现原创突破和全面提升。高性能钢铁等基础原材料的质量有望达到世界先进水平。高铁、核电、大飞机等国家重点工程的关键材料，将实现自给，并形成自主标准。铁基超导体和纳米孪晶强化等研究有望取得原创性重大突破，形成新理论，并可望获得实际应用。

除此之外，我国还有望在普惠计算方面取得重大进展，生物医药领域实现局部跨越式发展，工业生物制造技术进入世界先进行列，泛在制造信息感知与网络技术可能率先取得重大突破，煤炭资源清洁高效综合利用将形成新兴产业，规模化可再生能源发电及分布式电网有望实现商业应用，载人航天、“嫦娥”工程及其他空间重大工程将产生重大突破，深海探测勘察技术将实现跨越发展。

在重要基础前沿研究领域，我国在若干方面已具有深厚的积累，也孕育着新的突破，如暗物质、新粒子发现、河内巡天，有望深化人类对宇宙的认知；在高温超导与拓扑绝缘体、量子存储器、量子调控、介尺度科学等领域，有望探索发现新的物理和化学原理并产生应用价值；在合成生物学、脑科学等研究领域，探索生命的起源和创新科学思维方法成为可能；在数学与交叉科学等研究领域的突破，将极大推动其他学科领域的发展。

三、深入实施创新驱动发展战略

必须走中国特色自主创新道路，坚持自主创新、重点跨越、支撑发展、引领未来的方针，紧密围绕全面建成小康社会的战略需求，抓住新科技革命和由此引发的新工业革命的战略机遇，大幅提升自主创新能力，推动科技与经济紧密结合，加强协同创新，加快建设中国特色国家创新体系。

一是要大幅提升自主创新能力，支撑加快转变经济发展方式。加快推进国家科技重大专项，加强重点产业关键核心技术、重大装备和关键产品研发，突破对产业竞争力整体提升具有全局性影响、带动性强的关键共性技术。推动信息化和工业化融合，加快高新技术向传统产业特别是支柱性的制造业扩散转移，推动传统产业升级。高起点建设现代产业体系，加快培育和发展战略性新兴产业，掌握关键技术及相关知识产权，形成新的经济增长点，培育未来支柱性、先导性产业。

二是要紧紧抓住新科技革命和新工业革命的战略机遇，抢占未来科技经济制高点。抓住关系国家全局与长远发展的关键领域和重大问题，聚焦新工业革命可能的战略领域方向，瞄准可能发生革命性变革的重要基础和前沿方向，凝练重大科学问题和关键核心技术问题，聚焦科技创新目标，超前部署具有前瞻性、探索性的战略先导研究，建设一流科研院所和高水平研究型大学，强化基础研究、前沿技术研究、社会公益技术研究，在关键领域取得重大变革性创新，在战略必争领域取得先导性成果，在科学原理层面取得原创性突破。

三是要大力推进协同创新，提高国家创新体系整体效能。发挥政府主导作用和市场在资源配置中的基础性作用，明确不同创新主体的功能定位，完善协同创新的体制机制，推动科技与产业协同创新，推动科技与区域协同发展，推动科教融合。以知识产权为纽带，以资本为要素，完善科技成果转移转化激励政策，畅通创新价值链，实现创新资源的合理配置、高效利用和开放共享。

四是要着力建设创新生态系统，营造激励创新的环境和氛围。通过财税、金融等政策保障科技投入的持续增长，健全竞争性经费和稳定支持经费相协调的投入机制。完善国家人才培养体系，优化人才队伍结构。健全科技人才竞争择优、开放流动机制，探索有利于创新人才发挥作用的多种分配方式。逐步建立和不断完善注重科技创新质量和实际贡献的科研评价体系。深化拓展国际科技合作，充分利用好全球科技创新资源。保障学术自由，鼓励学术争鸣，营造激励创新、宽松和谐的创新文化和氛围。

前 言

科学技术的迅猛发展及其对经济与社会发展的巨大推动作用，已成为当今社会的主要时代特征之一。科学作为技术的源泉和先导，作为现代文明的基石，它的发展已成为全社会关注的焦点之一。中国科学院作为我国科学技术方面的最高学术机构和自然科学与高技术的综合研究机构，有责任也有义务向决策层和社会全面系统地报告世界和中国科学的发展情况，这将有助于把握世界科学技术的整体发展脉络，对科学技术与经济社会的未来发展进行前瞻性思考，提高决策的科学化水平。同时，也有助于先进科学文化的传播和全民族科学素养的提高。

1997年9月，中国科学院决定发布年度系列报告《科学发展报告》，连续综述世界科学进展与发展趋势，评述科学前沿与重大科学问题，报道我国科学家所取得的突破性科研成果，介绍科学在我国实施“科教兴国”与“可持续发展”两大战略中所起的关键作用，并向国家提出有关我国科学发展的战略和政策的建议，特别是向全国人大和全国政协会议提供科学发展的背景材料，供国家宏观科学决策参考。随着国家实施创新驱动发展战略和持续推进创新型国家建设，《科学发展报告》将致力于连续揭示世界科学发展态势和我国科学发展状况，服务国家发展的科学决策。各年度的《科学发展报告》采取报告框架基本固定但内容与重点有所不同的方式，受篇幅所限每年所呈现的内容并不一定能体现科学发展的全部，重点是从当年关注度最高的科学前沿领域和中外科学家所取得的重大成果中，择要进行介绍与评述，进而连续反映世界科学发展的整体趋势，以及我国科学发展水平在其中的位置。

《2013 科学发展报告》是该系列报告的第十六本，主要包括以下八部分内容：

一、科学展望；二、科学前沿；三、2012 年诺贝尔科学奖评述；四、2012 年中国科学家代表性成果；五、公众关注的科学热点；六、科技战略与政策；七、中国科学发展概况；八、科学家建议。

本报告的撰写与出版是在中国科学院白春礼院长的关心和指导下完成的，得到了中国科学院规划战略局、中国科学院院士工作局的指导和直接支持。中国科学院国家科学图书馆承担本报告的组织、研究与撰写工作。丁仲礼、杨国桢、杨福愉、陆埏、

陈凯先、姚建年、郭雷、曹效业、潘教峰、夏建白、于在林、习复、白登海、叶成、吕厚远、刘国詮、李卫、李永舫、李喜先、吴善超、邱举良、邹振隆、张利华、赵见高、郭兴华、黄矛、龚旭、程光胜、谭宗颖等专家参与了本报告的咨询与审稿工作，本报告的部分作者也参与了审稿工作，中国科学院规划战略局陶宗宝、蔡长塔、刘剑同志对本报告的工作给予了帮助。在此一并致以衷心的感谢。

中国科学院“科学发展报告”课题组

目 录

把握世界科技发展的新趋势 深入实施创新驱动发展战略	白春礼	i
前言	中国科学院“科学发展报告”课题组	vii
第一章 科学展望		1
1.1 新生物学：生命科学的第二次多学科交叉浪潮	吴家睿	2
1.2 加强海洋生态学及其观测技术研究 ——修复沿海、开发陆坡的生物资源	苏纪兰 周 朦	10
第二章 科学前沿		21
2.1 2011 年 9 月至 2012 年 8 月物理学、化学、生物学、医学前沿的 热门课题	王海霞 朱海峰 王浩鑫等	22
2.2 太阳系外类地行星探测的研究进展	赵 刚 刘玉娟	32
2.3 声子学研究进展	李保文	37
2.4 合成科学的革命 ——C—H 键直接官能团化	施章杰	41
2.5 选择性氟化 ——合成化学的新机遇	胡金波 倪传法	47
2.6 高致病性禽流感 H5N1 病毒研究新进展	周 梵 周保罗	51
2.7 干细胞与再生医学研究现状与展望	刘征鑫 朱宛宛 周 琪	56
2.8 2012 年世界科技发展综述	王海霞 帅凌鹰 张树庸等	63
第三章 2012 年诺贝尔科学奖评述		83
3.1 量子调控新纪元 ——2012 年诺贝尔物理学奖评述	韩永建 郭光灿	84
3.2 现代药靶的核心分子 G 蛋白偶联受体 ——2012 年诺贝尔化学奖评述	杨笃晓 孙金鹏	88

3.3 细胞命运的“返老还童”

——2012 年诺贝尔生理学 / 医学奖评述	裴端卿	97
------------------------------	-----	----

第四章 2012 年中国科学家代表性成果 103

4.1 大亚湾中微子实验发现新的中微子振荡模式	王贻芳	104
4.2 东方超环 2012 年度实验创两项世界纪录	李建刚 龚先祖 邓九安等	108
4.3 中国科学家实现百千米量级自由空间量子隐形传态与纠缠分发	印 娟 陈宇翱 彭承志等	111
4.4 量子信息研究获重大进展	唐建顺 周宗权 李传锋	115
——光的“波粒叠加”状态被首次制备		
4.5 利用强激光对日地磁场活动的实验室模拟	李玉同 董全力 仲佳勇等	120
4.6 超两亲分子自组装化学研究进展	张 希	124
4.7 宏观尺度纳米线组装体与功能	俞书宏	127
4.8 纳米碳三维导电网络结构锂离子电池和锂-硫电池电极材料研究 取得重要进展	郭玉国 万立骏	131
4.9 甲醛常温催化净化研究与应用取得重要进展	贺 泓 张长斌 刘福东	135
4.10 探索智力发育及其障碍的机制	张 旭	139
4.11 iPSC 研究新发现	陈捷凯 裴端卿	141
4.12 胚胎干细胞自我更新相关信号转导新机制的发现	李中伟 陈晔光	143
4.13 Presenilin/SPP 家族膜整合天冬氨酸蛋白酶的晶体结构最新成果	施一公	146
4.14 重要天然免疫系统信号分子 STING 的结构与功能研究取得重要 进展	欧阳松应 刘志杰	150
4.15 病原体天然免疫应答逃逸新机制	严大鹏 戈宝学	153
4.16 食管癌易感基因及其与饮酒交互作用的全基因组关联研究	吴 晨 于典科 林东昕	156
4.17 二倍体棉花雷蒙德氏棉基因组草图公布	喻树迅 叶武威 范术丽	159
4.18 中国抗病毒治疗能有效降低单阳配偶间的 HIV 传播	邵一鸣	162
4.19 最古老动物脑构造化石的发现及其意义	马晓娅 侯先光	166

4.20	2.5 亿年前地球出现致命高温	赖旭龙 孙亚东 江海水	170
4.21	地球内核边缘存在形状不规则现象	温联星	172
4.22	我国黄土研究揭示当前温暖的间冰期可能至少持续 4 万年	郝青振 旺 罗 郭正堂	175
4.23	卫星追踪古冰盖地区水储量变化新途径	汪汉胜 贾路路 霍尔格·斯特芬等	179
第五章 公众关注的科学热点			185
5.1	科学家发现疑似希格斯玻色子	陈国明	186
5.2	火星生命信息的探测与“好奇号”火星车	欧阳自远 付晓辉	189
5.3	我国深海载人潜水器的发展和应用前景	徐芑南	195
5.4	转基因食品安全问题及其风险管理	李真真 缪 航	200
5.5	我国互联网隐私保护迫在眉睫	林东岱 章 睿	204
第六章 科技战略与政策			209
6.1	《关于深化科技体制改革加快国家创新体系建设的意见》起草的背景和意义	胥和平	210
6.2	实施“高等学校创新能力提升计划”加快高校发展方式转变	教育部科学技术司	213
6.3	大科学装置建设进展和进一步发展中要重视的问题	金 铎	218
6.4	2012 年世界主要国家和组织科技与创新战略新进展	胡智慧 李 宏 张秋菊等	223
第七章 中国科学发展概况			249
7.1	2012 年度科技部基础研究主要工作进展 ...	陈文君 周文能 沈建磊等	250
7.2	2012 年度国家最高科学技术奖概况	国家科学技术奖励工作办公室	256
7.3	2011 年度国家自然科学奖情况综述	张婉宁	259
7.4	2012 年度国家自然科学基金资助情况	国家自然科学基金委员会计划局项目处	265
7.5	中国科学五年产出评估 ——基于 WOS 数据库论文的统计分析 (2007 ~ 2011 年)	杨立英 岳 婷 丁洁兰等	268

第八章 科学家建议	281
8.1 基础研究与战略性新兴产业发展	中国科学院学部咨询组 282
8.2 水物理化学问题及其在环境保护与新能源中的应用 ——发展我国水科学基础研究的建议	中国科学院数学物理学部咨询组 289
8.3 我国核燃料循环技术发展战略研究	中国科学院学部咨询组 295
8.4 太阳电池技术与光伏新能源产业的发展态势和对策建议	中国科学院技术科学部咨询组 300
8.5 三江源区生态保护与可持续发展咨询建议	中国科学院地学部咨询组 304
附录	309
附录一：2012 年中国与世界十大科技进展	310
附录二：香山科学会议 2012 年学术讨论会一览表	320
附录三：2012 年中国科学院学部“科学与技术前沿论坛”会议一览表	322

CONTENTS

Understanding the New Tendency of Global S&T, Implementing the Strategy of Innovation-Driven Sustainable Development	<i>Bai Chunli</i>	i
Introduction		vii
Chapter 1 An Outlook on Science		1
1.1 New Biology: The Second Wave of Multidisciplinary Research in Life Science		2
1.2 Strengthening Ocean Ecosystem Studies and Ocean Observation Technology Development		
—Restoring Coastal Ocean Ecosystems and Exploring Deep Ocean Resources		10
Chapter 2 Frontiers in Sciences		21
2.1 Leading-edge and Hot Topics in Physics, Chemistry, Biology and Medicine from September 2011 to August 2012		22
2.2 Progress in Searching for the Earth-like Planet		32
2.3 Phononics: Manipulating Heat Flow and Processing Information with Phonons		37
2.4 Revolution of Synthetic Chemistry: Direct Functionalization of C–H Bond		41
2.5 Selective Fluorination: A New Opportunity for Synthetic Chemistry		47
2.6 Advance in Highly Pathogenic Avian Influenza H5N1 Research		51
2.7 Research Progress and Prospect of Stem Cell and Regenerative Medicine ..		56
2.8 Summary of World S&T Achievements in 2012		63
Chapter 3 Commentary on the 2012 Nobel Science Prizes		83
3.1 The Epoch of Quantum Manipulation		
—Commentary on the 2012 Nobel Prize in Physics		84