



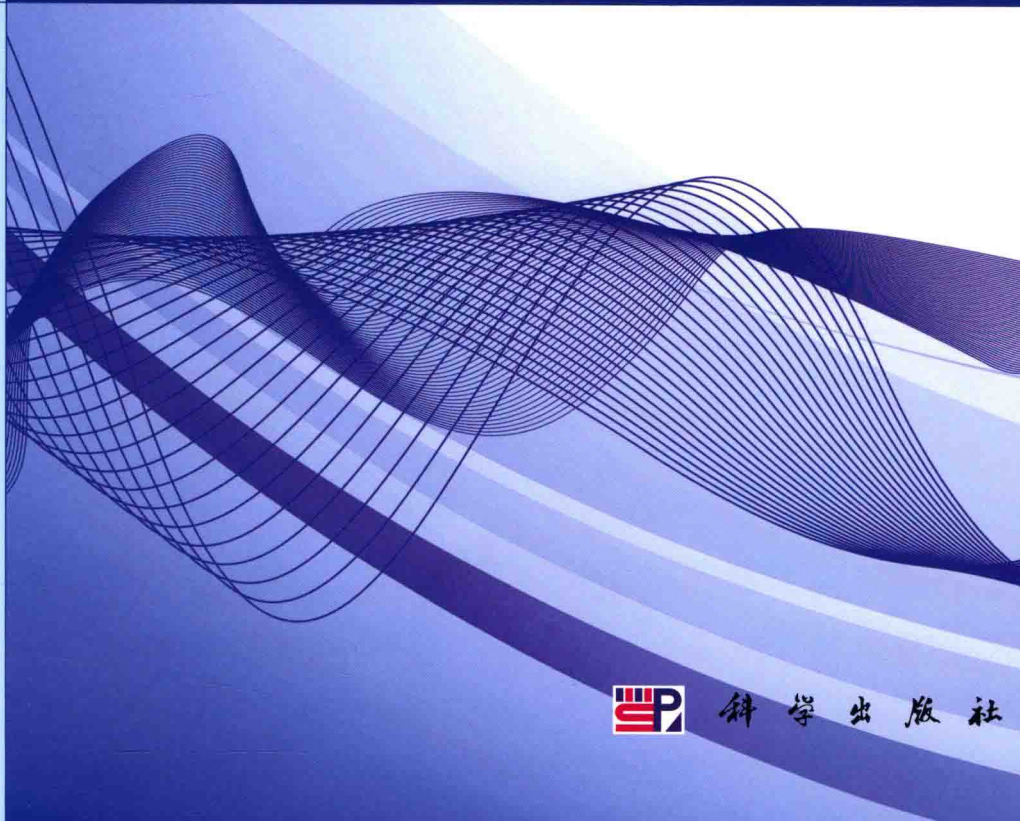
中国科学院年度报告系列

2015

科学发展报告

Science Development Report

中国科学院



科学出版社

2015

科学发展报告

Science Development Report

中国科学院



科学出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

2015 科学发展报告/中国科学院编. —北京: 科学出版社, 2015. 5

(中国科学院年度报告系列)

ISBN 978-7-03-044402-8

I. ①2… II. ①中… III. ①科学技术-发展战略-研究报告-中国-2015
IV. ①N12②G322

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 102815 号

责任编辑: 侯俊琳 朱萍萍 牛 玲 / 责任校对: 张凤琴

责任印制: 张 倩 / 封面设计: 众聚汇合

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

*

2015 年 6 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2015 年 6 月第一次印刷 印张: 25 3/4 插页: 2

字数: 520 000

定价: 98.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

专家委员会

(按姓氏笔画排序)

丁仲礼 杨福愉 陈凯先
姚建年 郭 雷 曹效业 解思深

总体策划

曹效业 潘教峰

课 题 组

组 长：张志强

成 员：王海霞 苏 娜 裴瑞敏 叶小梁
谢光锋 刘益东 姚大志 高 璐

审 稿 专 家

(按姓氏笔画排序)

丁仲礼	王 东	习 复	叶 成	吕厚远
朱 敏	刘国詮	李 卫	李喜先	杨福愉
吴乃琴	吴善超	邹振隆	张利华	林其谁
赵见高	姚建年	聂玉忻	夏建白	顾兆炎
郭 雷	郭兴华	席 鹏	黄 矛	黄有国
龚 旭	章静波	程光胜	解思深	

深化体制机制改革 释放科技创新潜能

白春礼

党的十八大提出实施创新驱动发展战略，这是我国立足全局、面向未来的重大战略，是促进社会进步和加快转变经济发展方式、破解经济发展深层次矛盾和问题、增强经济发展内生动力和活力的根本措施。在我国从科技大国向创新强国迈进的关键历史阶段，要让创新成为引领发展的第一动力，就必须打通从科技强到产业强、经济强的通道，充分释放科技创新的潜能。

一、科技创新是强国之本

20 世纪中叶以来，成功实现现代化的国家，无不走过了一条从引进模仿向自主创新的跨越式发展道路。通过消化吸收先进技术，提升制造能力和产业发展水平，初步奠定了赶超国家的经济基础；通过加大科技投入、鼓励创新，突破产业发展的技术瓶颈，成功实现制造中心和创新中心的融合。日本曾一度比肩美国，韩国快速兴起，充分证明创新驱动和技术进步是一个国家崛起和实现现代化的根本动力。美国自己认为，“美国领导 20 世纪世界的经济，是因为领导着世界的创新”（《美国创新战略：推动可持续增长和高质量就业》）。应该看到，在追赶型国家中，一大批国家实现了由贫困向中等收入国家的转变，但最终进入发达国家行列的却屈指可数。

当前，新一轮的科学革命、技术革命和产业变革正在孕育兴起，高技术替代常规技术、智能型技术替代劳动密集型技术趋势明显，科技创新链条更加灵巧，技术更新和成果转化更加快捷，产业更新换代步伐加快，我

国正处在不进则退的十字路口。新常态下，要实现保持经济中高速增长、迈向中高端水平的“双目标”，破解能源资源生态环境的瓶颈约束，提高全民生活质量和提供更多高质量就业岗位，我们只有抢抓新一轮科学革命、技术革命和产业革命历史机遇，坚定不移地走创新驱动发展道路，向创新要发展，向创新要资源，向创新要效益，向创新要质量。

二、繁荣科技创新关键在改革

实施创新驱动发展战略就是要推进以科技创新为核心的全面创新。创新本身涉及多方面，人们往往更多关注经济活动，强调的是生产要素的重新组合，产出可以是新产品或服务，也可以是提高劳动生产效率、降低生产成本。但是在众多生产要素中，科技不同于土地、资金、劳动力等，它是最具革命性的，也是唯一能够引发生产函数改变的要素。虽然科技创新不是创新的全部，其中必须有管理创新、商业模式创新等，但其他形式的创新或多或少地都与科技发展有紧密联系。比如说，没有互联网技术的发展就一定没有阿里巴巴在电子商务领域的重大商业模式创新，没有智能终端技术的发展就一定没有腾讯微信业务带来的人们沟通和社交方式的革命性变化。

改革是释放创新潜能的关键。我国研发经费投入总量居世界第二位，研发经费投入强度也达到了中等发达国家水平。研发人员总量雄踞全球榜首，几乎是美国、日本和俄罗斯的总和。科技成果数量庞大，国内发明专利申请量全球第一，国际科技论文发表数量位居前列。为什么我们还没有实现创新驱动呢？这里面因素很多，有创新能力不够强、创新水平不够高的问题，更多的是体制机制中还有许多制约创新的藩篱，科技成果顺畅转化为现实生产力还有许多障碍。

最近两年，中央把深化体制机制改革作为实施创新驱动发展战略的根本任务，研究出台了一系列重大改革举措。特别是今年3月，党中央、国务院印发了《关于深化体制机制改革加快实施创新驱动发展战略的若干意见》，为当前和今后一个时期深化体制机制改革指明了方向。当前的工作重

点应该是把国家的各项改革举措落实好，坚决破除制约科技创新的思想障碍和制度藩篱，让机构、人才、装置、资金、项目都充分活跃起来。

三、创新的目的是驱动发展

全力打造创业创新的新引擎和改造升级的传统引擎，是实现保持中高速增长和迈向中高端水平的“双目标”的根本保证。2013年10月至2015年3月间，国务院常务会先后近20次研究创业创新工作，并推出一系列有很高“含金量”的政策措施。在多项政策措施的综合作用之下，市场需求变了，创新要求变了，发展环境变了，各种新技术、新产品、新业态、新商业模式层出不穷，对科技创新提出了更为紧迫的要求。科技创新必须与时俱进，在鼓励发表论文、申请专利和申报科技成果的同时，要更加强调切实贯彻中央经济工作会议关于“创新必须落实到创造新的增长点上，把创新成果变成实实在在的产业活动”的精神。

我们要依靠科技创新加快产业升级和结构调整，攻克高端装备、智能制造、关键元器件、新材料等关键核心技术，促进制造业向价值链中高端跃升，创造新的经济增长点和就业机会；依靠科技创新抢占空天海洋、信息安全、能源资源等战略必争领域制高点，扭转关键核心技术长期受制于人的被动局面，大幅增强我国的综合国力和国际竞争力；依靠科技创新推进云计算、移动互联网、大数据、生物技术等开发与应用，加快培育新业态和新产业，创造新的市场需求，扩大就业和创业空间；尤其要依靠科技创新保障和改善民生，让更多的人过上幸福生活，享有更好的教育、更高水平的医疗卫生服务、更优美的生活环境。

前言

当今时代，科学技术的发展正呈现出前所未有的突破性发展态势，各种颠覆性技术的发展和正在全面塑造着新的发展业态、改变着社会思潮、引领着社会进步。科学技术的迅猛发展及其对经济与发展的超常规巨大推动作用，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，它的发展已成为政府和社会共同关注的焦点之一。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，有责任也有义务向国家宏观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态势和趋势，对科学技术与经济社会的未来发展进行前瞻性思考和展望，促进和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提高全民族的科学素养。

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》，按年度连续综述分析国际科学研究进展与发展趋势，评述科学前沿动态与重大科学问题，报道介绍我国科学家所取得的代表性突破性科研成果，系统介绍科学发展和应用在我国实施“科教兴国”与“可持续发展”两大战略中所起的关键作用，并向国家提出有关中国科学的发展战略和政策的建议，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。随着国家深入实施“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》将致力于连续揭示国际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。

从1997年开始，各年度的《科学发展报告》采取了报告框架基本固定

的逻辑结构，一般包括“科学展望”“科学前沿”“诺贝尔科学奖评述”“中国科学家代表性成果”“公众关注的科学热点”“科技战略与政策”“中国科学发展概况”“科学家建议”等内容，以期连续反映国际科学发展的整体态势和总体趋势，以及我国科学发展的水平在其中的位置。但受篇幅所限，每年所呈现的内容往往难以呈现国际与我国科学发展的全貌，只能重点从当年受关注度最高的科学前沿领域和中外科学家取得的重大成果中，择要进行介绍与评述。

为了进一步提高《科学发展报告》的科学性、前沿性、系统性、指导性等特点，《2015 科学发展报告》进行了一定的改版，整合或调整了“诺贝尔科学奖评述”“公众关注的科学热点”“科技战略与政策”等栏目，增加了“科技领域发展观察”栏目，以期更系统、全面地观察和揭示国际重要科学领域的研究进展、发展战略和研究布局。

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，得到了中国科学院发展规划局、学部工作局的指导和直接支持。中国科学院文献情报中心承担本报告的组织、研究与撰写工作。丁仲礼、杨福愉、林其谁、解思深、陈凯先、姚建年、郭雷、曹效业、潘教峰、夏建白、邹振隆、李喜先、赵见高、聂玉忻、黄矛、习复、王东、叶成、刘国詮、吴善超、龚旭、张利华、顾兆炎、吴乃琴、朱敏、郭兴华、程光胜、黄有国、章静波、李卫等专家参与了本年度报告的咨询与审稿工作，本年度报告的部分作者也参与了审稿工作，中国科学院发展规划局智库建设处刘清、张月鸿同志对本报告的工作也给予了帮助。在此一并致以衷心感谢。

中国科学院“科学发展报告”课题组

目 录

深化体制机制改革 释放科技创新潜能	白春礼	i
前言	中国科学院“科学发展报告”课题组	v
第一章 科学展望		1
1.1 空间科学：基础前沿科学探索的先锋	顾逸东	3
1.2 微纳光子学发展现状与展望	王启明	22
第二章 科学前沿		33
2.1 追逐彗星的“罗塞塔”号探测器	刘建军 邹小端 李春来	35
2.2 核物理前沿科学问题	叶沿林	41
2.3 中微子物理研究进展与趋势	王贻芳	45
2.4 手性科学与技术 ——一个跨尺度、跨领域的物质科学前沿方向	丁奎岭	50
2.5 光子功能金属-有机框架材料研究进展	崔元靖 钱国栋	54
2.6 煤炭清洁高效转化中的碳—化学与催化研究进展	郭向云 王建国	60
2.7 新一代基因组编辑技术的崛起与发展趋势	高彩霞 单奇伟	65
2.8 “脑功能联结图谱”研究进展	郭爱克	70
2.9 乳腺癌分子靶向治疗的现状及展望	徐兵河 王佳玉	78
2.10 艾滋病病毒的潜伏与治疗研究新进展	庞 伟 郑永唐	84
2.11 大气中超细颗粒物的健康效应研究进展	朱 彤 韩逸群	90
2.12 冷冻电子显微学研究与应用进展	王宏伟 隋森芳	94
2.13 高效蓝光二极管 ——2014 年诺贝尔物理学奖评述	李晋闽 王军喜 刘 喆	99
2.14 超分辨率荧光显微技术 ——2014 年诺贝尔化学奖评述	席 鹏 孙育杰	103

2.15	大脑的“内置 GPS” ——2014 年诺贝尔生理学或医学奖评述	叶 菁 张生家	108
第三章 2014 年中国科研代表性成果			115
3.1	希尔伯特第十八问题获重要进展	刘小平	117
3.2	黑洞热吸积领域的研究突破	袁 峰	119
3.3	在常温固态系统中实现抗噪的几何量子计算	清华大学交叉信息研究院	122
3.4	纳米催化剂的活性界面从一维向三维发展	陈光需 傅 钢 郑南峰	125
3.5	麦克斯韦妖式量子算法冷却的实现	李传锋	128
3.6	等离激元诱导的非线性电子散射现象	陈向军	130
3.7	核酸适体在分子药物中的应用	谭蔚泓	133
3.8	高性能、低成本的量子点发光二极管	金一政 戴兴良 彭笑刚	137
3.9	过渡金属元素高氧化研究获得重要进展	周鸣飞	141
3.10	乙炔法制氯乙烯无汞催化剂的研究进展 ——氮掺杂的纳米碳复合催化材料 SiC@N—C	潘秀莲 马 昊 包信和	144
3.11	染色质二级结构的突破 ——30 纳米染色质双螺旋结构解析	李国红 朱 平	147
3.12	肌肉细胞分化过程中小 RNA 的调控机制	张晓荣	153
3.13	互补序列介导的外显子环形 RNA 产生机制研究进展	陈玲玲 杨 力	155
3.14	TET 蛋白家族在体细胞诱导重编程中的作用	程时颂 徐国良	158
3.15	水稻代谢组的生化及遗传基础研究进展	罗 杰	162
3.16	极体基因组移植预防遗传线粒体疾病	朱剑虹	166
3.17	中国手足口病疫苗研发的最新临床研究成果	车艳春 李琦涵	168
3.18	肝硬化患者肠道菌群的变化	李兰娟	173
3.19	卵透明带缺失致病基因的发现	肖红梅	177
3.20	天然免疫与自身免疫疾病分子机制研究	刘 娟 曹雪涛	180
3.21	鸟类起源整合性研究进展	徐 星	184
3.22	热带生态系统碳源汇功能对气候变化的响应	朴世龙 王旭辉	187
3.23	地球深部与高压晶体学研究进展	张 莉	189

3.24	近百年气候变暖叠加于 500 年自然周期暖相位的发现	徐德克 吕厚远 储国强	193
3.25	我国灰霾 $PM_{2.5}$ 中二次气溶胶首次精准定量研究	黄汝锦 曹军骥	196
第四章	科技领域发展观察		201
4.1	基础前沿领域发展观察	刘小平 吕晓蓉 黄龙光等	203
4.2	人口健康与医药领域发展观察	吴家睿 徐 萍 许 丽等	213
4.3	生物科学领域发展观察	丁陈君 陈 方 陈云伟等	223
4.4	农业科技领域发展观察	董 瑜 袁建霞 邢 颖等	230
4.5	环境科学领域发展观察	曲建升 曾静静 张志强等	239
4.6	地球科学领域发展观察	张志强 郑军卫 赵纪东等	248
4.7	海洋科学领域发展观察	高 峰 王金平 王 宝等	258
4.8	空间科学领域发展观察	杨 帆 韩 淋 郭世杰等	267
4.9	信息科技领域发展观察	房俊民 王立娜 唐 川等	278
4.10	能源科技领域发展观察	陈 伟 张 军 赵黛青等	284
4.11	材料制造领域发展观察	万 勇 姜 山 谭若兵等	295
4.12	重大研究基础设施领域发展观察	李泽霞 金 铎 冷伏海	304
第五章	中国科学的发展概况		315
5.1	2014 年科技部基础研究管理工作进展	陈文君 沈建磊 傅小锋等	317
5.2	2014 年国家自然科学基金项目申请与资助情况	谢焕瑛	325
5.3	中国科学五年产出评估 ——基于 WoS 数据库论文的统计分析 (2009~2013 年)	岳 婷 杨立英 丁洁兰等	331
第六章	中国科学发展建议		345
6.1	关于建立“生态草业特区”探索草原牧区新发展模式的建议 中国科学院学部“探索牧区经济发展新模式战略研究” 咨询课题组		347
6.2	气候变化对青藏高原环境与生态安全屏障功能影响及适应对策 中国科学院学部“气候变化对青藏高原环境与生态 安全屏障功能影响及适应对策”咨询课题组		351

6.3	关于京津冀大城市群各部分功能定位及协同发展的建议 中国科学院学部“我国城镇化的合理进程与 城市建设布局研究”重大咨询课题组	355
6.4	关于进一步深化我国医药卫生体制改革的建议 中国科学院学部“我国国民健康需求以及 对我国医疗卫生体系的影响”咨询课题组	364
6.5	关于实施“材料基因组计划”推进我国高端制造业材料发展的建议 中国科学院学部“材料基因组计划”咨询课题组	372
附录		379
附录一	2014 年中国与世界十大科技进展	381
附录二	香山科学会议 2014 年学术讨论会一览表	390
附录三	2014 年中国科学院学部“科学与技术前沿论坛”一览表	393

CONTENTS

Deepen the Reform of System and Mechanism, Develop the Poteintial of Science, Technology and Innovation	i
Introduction	v
Chapter 1 An Outlook on Science	1
1.1 Space Science; the Pioneer in Basic Frontier Science Exploration	22
1.2 Development Prospect of Micro/Nano-Photonics	32
Chapter 2 Frontiers in Sciences	33
2.1 The Rosseta Mission; Catching A Comet	41
2.2 Major Research Problems in the Frontier of Nuclear Physics	45
2.3 Research Progress and Prospect of Neutrino Studies	49
2.4 Chiral Science and Chiro technology; A Multidimensional and Interdisciplinary Frontier in the Arena of Chemical Science	53
2.5 Photonics-Functional Metal-Organic Frameworks	60
2.6 C1 Chemistry and Catalysis in Clean and Efficient Conversion of Coal	65
2.7 Genome Editing; Development, Applications and Opportunities	70
2.8 Progress in the Study of “Mapping Brain Functional Connections”	77
2.9 Current Status and Prospect of Molecular Targeted Therapy for Breast Cancer	84
2.10 HIV-1 Latent Reservoir and Therapy	89
2.11 Health Effects of Ultrafine Particles in Ambient Air	93
2.12 Cryo-Electron Microscopy is Becoming the Major Research Tool of Structural Biology	98

2.13	Efficient Blue Light-emitting Diode —Commentary on the 2014 Nobel Prize in Physics	102
2.14	Super-resolution Fluorescent Microscopy —Commentary On the 2014 Nobel Prize in Chemistry	108
2.15	The Brain's Inner Global Positioning System (GPS) —Commentary on the 2014 Nobel Prize in Physiology or Medicine	113

Chapter 3 Representative Achievements of Chinese Scientific Research in 2014

3.1	Progress in Hilbert's 18 th Problem	119
3.2	Chinese Astronomer was Invited to Review Our Current Understanding of Black Hole Accretion	122
3.3	Experimental Realization of Universal Geometric Quantum Gates with Solid-state Spins	125
3.4	Upgrade Catalytic Interfaces of Nanocatalysts from One-Dimensional to Three-Dimensional	127
3.5	Demon-Like Algorithmic Quantum Cooling and Its Realization with Quantum Optics	130
3.6	Nonlinear Inelastic Electron Scattering Revealed by Plasmon-enhanced Electron Energy-loss Spectroscopy	133
3.7	Aptamers for Theranostics; Molecular Drug	136
3.8	Solution-processed, High-performance Light-emitting Diodes Based on Quantum Dots	140
3.9	Identification of An Iridium-containing Compound with A Formal Oxidation State of IX	143
3.10	Research Progress on Mercury-free Catalyst for Synthesis of Vinyl Chloride Via Acetylene Hydrochlorination; Nitrogen Doped Carbon Nanocomposites SiC@N—C	147
3.11	The Secondary Structure of Chromatin —Double Helical Model of the 30-nm Chromatin Fiber	152
3.12	MicroRNA Directly Enhances Mitochondrial Translation during Muscle Differentiation	155
3.13	Complementary Sequence-mediated Exon Circularization	158

3. 14	TET and TDG Mediate DNA Demethylation Essential for Mesenchymal-to-Epithelial Transition in Somatic Cell Reprogramming	162
3. 15	Genome-Wide Association Analyses Provide Genetic and Biochemical Insights into Natural variation in Rice Metabolism	165
3. 16	Polar Body Genome Transfer for Preventing the Transmission of Inherited Mitochondrial Diseases	167
3. 17	An Inactivated Enterovirus 71 Vaccine in Healthy Children	172
3. 18	Alterations of the Human Gut Microbiome in Liver Cirrhosis	176
3. 19	Mutant ZP1 in Familial Infertility	180
3. 20	Molecular Mechanism of Innate Immunity and Autoimmune Diseases	183
3. 21	An Integrative Approach to Understanding Bird Origins	186
3. 22	The Response of Tropical Terrestrial Carbon Cycle to Climate Change	189
3. 23	Deep Earth and Advances in High Pressure Crystallography	192
3. 24	500-Year Climate Cycles Stacking of Recent Centennial Warming Documented in Pollen Record	196
3. 25	The First Accurate, Comprehensive and Quantitative Study of Secondary Aerosol in PM _{2.5} During Haze Pollution in China	200
Chapter 4	Observations on Development of Science and Technology	201
4. 1	Observations on Development of Basic Sciences and Frontiers	213
4. 2	Observations on Development of Public Health Science and Technology	222
4. 3	Observations on Development of Biological Sciences	229
4. 4	Observations on Development of Agricultural Science and Technology	238
4. 5	Observations on Development of Environment Science	248
4. 6	Observations on Development of Earth Science	258
4. 7	Observations on Development of Oceanography	267
4. 8	Observations on Development of Space Science	277
4. 9	Observations on Development of Information Science and Technology	284
4. 10	Observations on Development of Energy Science and Technology	294

4.11	Observations on Development of Advanced Materials and Manufacturing	303
4.12	Observations on Development of Major Research Infrastructure Science and Technology	314
Chapter 5	Brief Accounts of Science Developments in China	315
5.1	Major Progress of the Work of the Department of Basic Research of Ministry of Science and Technology in 2014	324
5.2	Projects Granted by National Natural Science Fund in 2014	330
5.3	The Evaluation of Academic Production in China —Based on WoS Database (2009 – 2013)	343
Chapter 6	Suggestions on Science Developments in China	345
6.1	Building Special Zone of Ecological Prataculture, Exploring New Development Mode for Pastoral Area	351
6.2	Impact of Climate Change on Tibetan Plateau's Function of Environmental and Ecological Security Barrier and the Adaptive Strategies for It	355
6.3	Suggestions for Function Orientation and coordinating development of sub-regions within Jing-Jin-Ji Urban Agglomeration	364
6.4	Suggestions for Deepening Reform of Medical and Health System	372
6.5	Implementing Strategic Research on “Materials Genome”, and Promoting Material Development for Advanced Manufacturing Industry	378
Appendix		379
1.	2014's Top 10 S&T Advances in China and World	381
2.	Overview of Xiangshan Science Conference Academic Meetings 2014	390
3.	List of Forum on Frontiers of Science & Technology by Academic Divisions of CAS in 2014	393