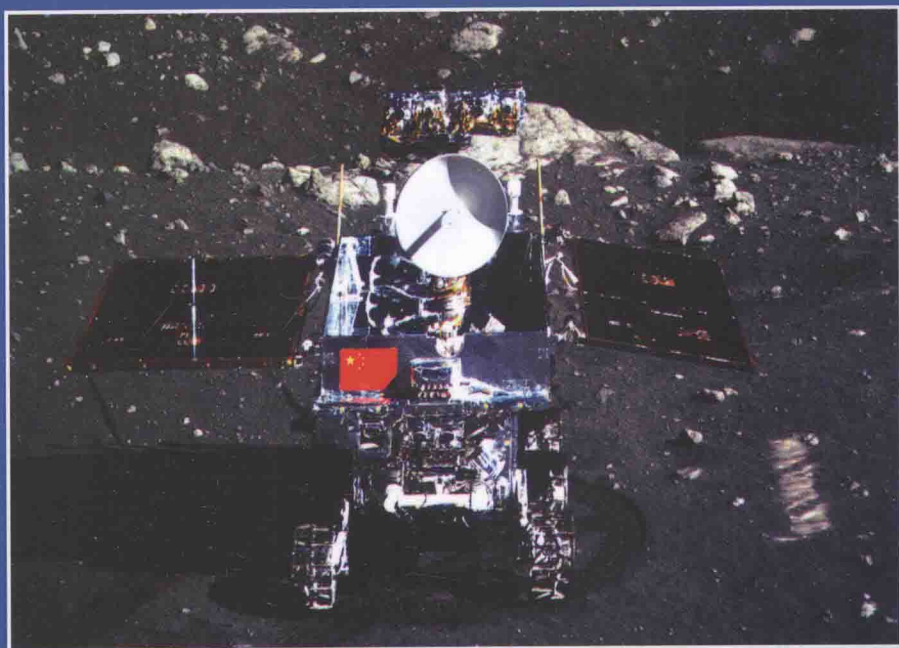


2014

高技术发展报告

High Technology Development Report

中国科学院



科学出版社

2014高技术发展报告

2014 High Technology Development Report

● 中国科学院

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是中国科学院面向公众、面向决策人员的系列年度报告——《高技术发展报告》的第十五本。全书在综述 2013 年高技术发展动态的同时,以材料技术和能源技术为主题,着重介绍了材料技术和能源技术开发新进展、材料技术和能源技术产业化情况与方向、高技术产业国际竞争能力与创新能力、高技术与社会等人们普遍关注的重大问题,提出了若干促进我国高技术及高技术产业发展的思路和政策建议。

本报告有助于社会公众了解高技术,特别是材料技术和能源技术发展及产业化的动态与思路。本书可供各级领导干部、有关决策部门和社会公众参考。

图书在版编目(CIP)数据

2014 高技术发展报告 / 中国科学院编. —北京: 科学出版社, 2014. 3
(中国科学院科学与社会系列报告)
ISBN 978-7-03-039833-8

I. ①2… II. ①中… III. ①高技术发展—研究报告—中国—2014
IV. ①N12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 030446 号

责任编辑: 侯俊琳 牛 玲 / 责任校对: 张怡君
责任印制: 赵德静 / 封面设计: 无极书装

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

*

2014 年 4 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2014 年 4 月第一次印刷 印张: 25 1/2 插页: 2

字数: 420 000

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

创新，让更多人成就梦想

(代序)

白春礼

科技史上有几个著名的“预言”。100多年前，德国物理学家普朗克的老师菲利普·冯·约利教授曾忠告他，“物理学基本是一门已经完成了的科学”。1899年，美国专利局局长查尔斯·杜尔断言，“所有能够发明的，都已经发明了”。IBM董事长老沃森也曾预言，“全球计算机市场的规模是5台”。显然，这些预言都未成为事实，但这些人都是那个时代本领域最杰出的人才。他们预言的失败，不是因为短视，而是因为经济社会发展的需要动力远远超出了所有人的预测，人类创新的潜能更远远超出了所有人的想象。

今天，我们可以在几分钟之内就了解到发生在地球另一端的新闻事件，可以随时随地和世界任何角落的人进行通信交流、研讨工作、召开会议，也可以在家里购买自己喜欢的商品。创新，推动了这样一个前所未有的历史巨变，改变了我们的生产方式、生活方式；创新，也让很多人梦想成真。

今天，包括中国、印度在内的20亿~30亿人将致力于实现现代化，许多发展中国家也在大力发展工业化。现代化的进程，对能源、资源、食品、健康、教育、文化等各个方面提出极大的需求，也对现有的发展方式提出极大的挑战。破解发展难题，创新发展模式，根本出路在于创新。

从科技创新发展自身看，以绿色、智能、安全、普惠为特征，已成为主要趋势，并取得了一系列重大突破。

比如，科学家已经制造出“人造树叶”，其光合作用的效率比天然树叶高10倍，这将为发展新能源开辟一条有效的途径。可以预计，可再生能源和安全、可靠、

清洁的核能，将逐步替代化石能源，我们将迎来后化石能源时代和资源高效、可循环利用时代。

信息产业正在进入跨越发展的又一个转折期。智能网络、云计算、大数据、虚拟现实、网络制造等技术突飞猛进，将突破语言文字壁垒，发展新的网络理论、新一代计算技术，创造新型的网络应用与服务模式等。

先进材料和制造领域已能够从分子层面设计、智能化制造新材料，过程将更加清洁高效、更加环境友好。3D 打印已经开始应用在设计领域，满足个性化需求，大幅节约产品开发成本和时间，将带来制造业新变革。现在提出了 4D 打印概念并在尝试中。

合成生物学的重大突破，将推动生物制造产业兴起和发展，成为新的经济增长点。现在，科学家在实验室中已经实现首个“人造生命”，打开了从非生命物质向生命物质转化的大门。基于干细胞的再生医学快速发展，有望解决人类面临的神经退行性疾病、糖尿病等重大医学难题，引发新一轮医学革命。

在一些基本科学问题上也出现革命性突破的征兆。2013 年诺贝尔物理学奖授予了希格斯粒子的发现者，这对揭开物质质量起源具有重大意义。科学家对量子世界的探索，已经从“观测时代”走向“调控时代”，这将为量子计算、量子通信、量子网络、量子仿真等领域的变革奠定基础。我们对生命起源和演化、意识本质的认识也在不断深入。这些基本科学问题的每一个重大突破，都会深刻改变人类对自然、宇宙的认知，有的还将对经济社会发展产生直接的、根本的影响。

综合判断，经济社会发展需求最旺盛的地方，就是新科技革命最有可能突破的方向。这是一个重要的战略机遇期，发达国家和后发国家都站在同一起跑线上。谁抓住了机遇，谁就将掌握发展的主动权。谁丧失了机遇，就会落在历史发展的后头。

我国改革开放 30 多年来，变化之大如天翻地覆，主要动力靠的是改革开放释放出的巨大能量。当前，我国经济社会发展处于重要的转型时期。一方面，资源驱动、投资驱动的发展方式，受到能源、资源、生态环境等方面的严重制约；另一方面，在产业链中的不利分工，也难以支撑经济在现有规模上的持续增长。

前不久召开的十八届三中全会，是全面深化改革的又一次总动员、总部署，也再一次强调要把全社会的创新活力充分激发出来。这是站在更高发展起点上的改革，是面向未来的改革，是增强经济发展的内生动力、走内涵式发展道路的必然选择。

作为一个科技工作者，我深切感受到，我们的科技创新与国家和社会的期望还有很大差距。其中既有历史的原因，也有现行体制上的问题。我国科技创新起点不高、基础薄弱。记得 1987 年我从美国回来的时候，国内科研投入很少、研究条件也差，小到实验室所需的电阻、电容等器件，都需要自己到中关村电子一条街一家

一家跑。那时我们的科研成果很少。90年代后期，这一状况才开始有所改变，但真正重大原创成果还是凤毛麟角。

现在我国科研条件大幅改善，2012年研发投入超过1万亿元，位居世界第二。我国发表的SCI论文数量已升至世界第二，高水平产出明显增多，比如我们在中微子研究、量子反常霍尔效应、量子通信、超导研究等方面，都取得了一批重大原创成果。国际专利大幅增长，中兴、华为的申请数已位居世界前列。人才队伍整体能力和水平也在显著提升，越来越多的留学人员选择回国创新创业，据统计，近5年留学回国人员已近80万人。这些迹象表明，我国科技创新已经开始从量的扩增向质的提升转变。

从一些后发国家的经验看，科技赶超跨越一般都要经过20年左右的持续积累后，才能真正实现质的飞跃。按照目前的发展态势，我相信，再有十到十五年时间，我国科技创新可望实现质的飞跃。我们将有一批具有国际水平的科学家活跃在世界科技舞台，一些重要科技领域将走在世界前列，一批具有国际竞争力的创新型企业也将发展壮大起来。

实现这样一个发展图景，需要科技界共同努力，更需要全社会的大力支持。我们的科技体制还存在很多制约发展的突出问题，需要我们以改革的精神、务实的态度去解决。更重要的是，我们要立足未来10~15年的发展图景，认真思考迫切需要解决的几个关键问题，未雨绸缪，做好充分准备。

第一，要推动科技与经济社会发展紧密结合，形成良性互动的机制。促进科技与经济结合，是深化科技体制改革的核心，也是落实创新驱动发展战略的关键。科技创新要坚持面向经济社会发展的导向，积极发挥市场对技术研发方向、路线选择、要素价格、各类创新要素配置等的主导作用，围绕产业链部署创新链，加强市场竞争前关键共性核心技术的研发。产业界特别是企业，要强化在技术创新决策、研发投入、科研组织和成果转化中的主体作用。通过建立定位明确、分工合作、利益共享、风险分担的产学研协同创新机制，着力解决科技创新推动经济增长的动力不足、应用开发研究与实际需求结合不紧、转移转化渠道不畅等问题，消除科技创新中的“孤岛”现象，提升国家创新体系的整体效能，在全社会形成强大的创新合力。

第二，要为新科技革命和产业变革做好前瞻布局。随着科学技术不断进步，从科学发现到技术应用的周期越来越短。在能源、信息、材料、空天、海洋等经济社会发展的关键领域，我们要加强前沿布局和先导研究，通过科技界和产业界密切合作、共同攻关，培育我国未来新兴产业的基础和核心竞争力。要推动基础研究与产业发展融合，加强原始创新能力建设。一直有人问我，基础研究有什么用？我想，庄子所说的“无用之用，是为大用”，明代徐光启所说的“无用之用，众用之基”，

都是很好的回答。法拉第也曾表示，问基础研究有什么用，就好像问一个初生的婴儿有什么用。基础研究的“用”，首先体现在它对经济社会发展无所不在的作用，在我们现实生活中广泛使用的半导体、计算机、激光技术等，都是基础研究成果的实际应用。现在知识产权保护已从基础研究阶段开始，原始性创新是核心关键技术的源泉。基础研究还体现了人类不断追求真理、不懈创新探索的精神，也培育了创新人才，是现代社会文明、进步、发展的重要基石。

第三，要创造一个鼓励创新、支持创新、保护创新的社会环境。20 世纪 80 年代，美国涌现出一批像比尔·盖茨、乔布斯这样的成功创业者，分析他们的成长经历，当时美国社会良好的创新条件和环境起到了非常重要的作用。我们要从国家和社会两个层面，建立和完善公平竞争的法律制度体系、广泛的社会扶持政策和创新激励机制，提高全社会的知识产权意识，尊重和保护创新者的贡献与权益。只有这样，才能出现中国的比尔·盖茨、乔布斯，才能涌现出更多的柳传志、马云。

中国科技创新的跨越发展，不仅要依靠现在活跃在科研一线的科学家、工程师和企业家们，也要依靠下一代、下两代科学家、企业家。未来，是他们以中国科学家、企业家的身份站在世界创新的舞台上。失去这一两代人，中国将会失去未来。我们必须打破现有的利益格局，为培养下一代科学家、企业家做好充分准备，让一切优秀的、有潜质的、有抱负的青年人才，得到更好的培养和更广阔的舞台，让一切劳动、知识、技术、管理和资本的活力竞相迸发，让一切创造社会财富的源泉充分涌流。

这是一个创新的时代，是通过创新实现梦想的时代。中国科学院作为国家战略科技力量，将秉承“创新科技、服务国家、造福人民”的价值理念，与社会各界携手合作，共同谱写中国科技创新的新篇章，成就中华民族伟大复兴的中国梦！

（全文曾发表在 2014 年 1 月 8 日出版的《光明日报》上，个别文字略有修改。）

前 言

2013 年，全国上下奋发有为、开拓进取、锐意创新、扎实工作，深入实施创新驱动发展战略，科技体制改革取得新突破，创新型国家建设取得新进展。“嫦娥三号”登月探测器月面软着陆并开展科学探测，“神舟十号”飞船发射成功，“天河二号”蝉联世界超级计算机冠军，世界最大单机容量核能发电机研制成功，H7N9 禽流感病毒溯源和 H5N1 禽流感跨种间传播机制研究获重要突破……我国取得了一大批具有国际影响力的高技术成果，源源不断地为经济社会发展注入新动力。

《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。《2014 高技术发展报告》以“新材料技术”和“新能源技术”为主题，共分七章。第一章“2013 年高技术发展综述”，回顾 2013 年国内外高技术发展最新进展。第二章“材料技术新进展”，介绍稀土永磁材料、陶瓷材料、高分子材料、复合材料、纳米材料、光电子材料、材料设计等方面技术的最新进展情况。第三章“能源技术新进展”，介绍煤炭、核裂变能、核聚变能、太阳能、页岩气、石油和天然气、风能、生物质能和氢能领域，以及多能互补、储能、智能电网、新能源汽车等方面技术的最新进展情况。第四章“材料和能源技术产业化”，介绍半导体硅材料、稀土永磁材料、高性能碳纤维、废旧稀贵金属循环利用、煤炭间接液化、煤制烯烃、第三代核电、特高压输电、先进储能电池、IGCC 联产等技术的产业化进展。第五章“高技术产业国际竞争力与创新能力评价”，监测和分析我国高技术产业国际竞争力和创新能力变化。第六章“高技术与社会”，探讨剖析纳米技术、合成生物技术、干细胞技术、大数据、互联网发展对社会的影响等公众关心的热点问题。第七章“专家论坛”，邀请国内知名专家就科技体制改革、科技对外开放合作、财政科技资源配置、企业创新发展、制造科学发展和页岩气开发等重大问题发表见解和观点。

《2014 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。报告由中国科学院副秘书长曹效业和潘教峰总策划，中国科学院发展规划局对报告的提纲和内容提出了许多宝贵意见。中国科学院发展规划局蔡长塔、董萌等同志在报告完成过程中给予了帮助。报告的组织、研究和编撰工作由中国科学院科技政策与管理科学研究所承担。课题组组长是穆荣平，副组长是任中保，成员有李真真、张久春、杜鹃、樊永刚、曲婉和陈芳等。

中国科学院《高技术发展报告》课题组

2014 年 2 月 13 日

目 录

创新, 让更多人成就梦想 (代序)	白春礼	(i)
前言	中国科学院《高技术发展报告》课题组	(v)
第一章 2013 年高技术发展综述	任中保	(1)
第二章 材料技术新进展		(41)
2.1 稀土永磁材料研究新进展	闫阿儒 陈仁杰	(42)
2.2 新型陶瓷材料技术新进展	李龙土 周 济	(49)
2.3 先进高分子材料研究新进展	杨振忠	(56)
2.4 先进复合材料技术新进展	益小苏 贺德龙 郭妙才	(64)
2.5 纳米材料技术新进展	唐智勇 吴树仙	(72)
2.6 材料设计技术新进展	孙 强 朱贵之	(80)
2.7 锑化物基光电子材料和器件的新进展		
	徐应强 王国伟 张 宇 牛智川	(89)
第三章 能源技术新进展		(99)
3.1 洁净煤技术新进展	任相坤	(100)
3.2 先进核裂变能源技术新进展	徐瑚珊 顾 龙	(108)
3.3 先进磁约束核聚变能源技术新进展	李建刚	(115)
3.4 太阳能技术新进展	沈文忠 王如竹	(121)
3.5 页岩气勘探开发技术新进展	马永生 赵培荣	(130)
3.6 油气勘探开发技术新进展	马永生 赵培荣	(136)
3.7 风能技术新进展	贺德馨	(143)
3.8 生物能源技术新进展	程 序	(151)
3.9 氢燃料电池技术新进展	毛志明 邵 默 毛宗强	(159)

3.10	多能互补利用技术新进展	隋 军 许 达 刘启斌	(165)
3.11	储能技术新进展	来小康 王松岑 陈立泉	(171)
3.12	智能电网技术新进展	肖立业 李耀华 齐智平	(180)
3.13	新能源汽车技术新进展	张俊智 苟晋芳	(186)
第四章 材料和能源技术产业化			(195)
4.1	半导体硅材料产业化新进展	张果虎 郭 希 肖清华	(196)
4.2	稀土永磁材料产业化新进展	马志鸿	(203)
4.3	高性能碳纤维产业化新进展	何天白 陈友记	(211)
4.4	废旧稀贵金属循环利用技术产业化新进展		
	 栾东海 彭保旺 牛川森 董 献 徐志博		(216)
4.5	煤炭间接液化产业化新进展	李永旺 杨 勇 相宏伟	(222)
4.6	煤制烯烃技术产业化进展	沈江汉 穆 昕 刘中民	(229)
4.7	第三代核电技术产业化新进展	叶奇蓁	(237)
4.8	特高压输电技术产业化新进展	刘振亚	(246)
4.9	先进储能电池产业化新进展	陈 杰	(251)
4.10	IGCC 联产技术研发及产业化新进展		
	 肖云汉 王 波 赵丽凤		(260)
第五章 高技术产业国际竞争力与创新能力评价			(267)
5.1	中国高技术产业国际竞争力评价	曲 婉 蔺 洁	(268)
5.2	中国高技术产业创新能力评价	陈 芳 王伟光	(293)
第六章 高技术与社会			(311)
6.1	纳米技术的伦理问题及其应对	王国豫 刘 莉	(312)
6.2	合成生物学发展中的话语分析——基于创新、风险和管控的维度		
	 张文霞 赵延东		(320)
6.3	干细胞应用的伦理争议	黄小茹	(328)
6.4	大数据的伦理挑战与应对	李真真 缪 航	(335)
6.5	治理视角下的互联网规范	杜 鹏	(344)

第七章 专家论坛	(353)
7.1 深化科技和创新管理体制改革的若干建议	穆荣平 (354)
7.2 扩大我国科技对外开放合作的战略思考	靳晓明 赵 刚 (361)
7.3 优化财政科技经费配置的若干关键问题思考	
..... 薛 澜 史冬波 康小明	(367)
7.4 发展制造科学的若干问题思考	熊有伦 张小明 (374)
7.5 我国页岩气开发的风险分析与策略建议	
..... 范 英 孙德强 蔡圣华 朱 磊	(380)
7.6 推动企业走创新驱动发展道路的若干建议	
..... 任中保 郭京京 樊永刚	(386)

Contents

Innovation: Make Dreams Come True	<i>Bai Chunli</i> (i)
Preface	(v)
Chapter 1 Overview of the High-tech Development in 2013 ...	<i>Ren Zhongbao</i> (39)
Chapter 2 Advancement in Materials Technology	(41)
2.1 Recent Advancement in Rare Earth Permanent Magnetic Materials	<i>Yan Aru, Chen Renjie</i> (49)
2.2 Recent Progress in New Ceramics Technology	<i>Li Longtu, Zhou Ji</i> (56)
2.3 Recent Progress in Advanced Polymeric Materials	<i>Yang Zhenzhong</i> (63)
2.4 R&D Progress in Advanced Composite Materials Technology	<i>Yi Xiaosu, He Delong, Guo Miaocai</i> (72)
2.5 Recent Advancement in Nanomaterial Research	<i>Tang Zhiyong, Wu Shuxian</i> (80)
2.6 Recent Advancement in Materials Design Technology	<i>Sun Qiang, Zhu Guizhi</i> (88)
2.7 Recent Advancement in Antimonide-Based Optoelectronic Materials and Devices	<i>Xu Yingqiang, Wang Guowei, Zhang Yu, Niu Zhichuan</i> (97)
Chapter 3 Advancement in Energy Technology	(99)
3.1 Recent Progress in Clean Coal Technology	<i>Ren Xiangkun</i> (107)
3.2 Recent Development in Nuclear Fission Energy Technology	<i>Xu Hushan, Gu Long</i> (115)

- 3.3 Progress of Magnetic Confined Fusion Energy Research *Li Jiangang* (121)
- 3.4 Recent Advancement in Solar Technology *Shen Wenzhong, Wang Ruzhu* (129)
- 3.5 New Progress of Technology in Shale Gas Exploration and Development *Ma Yongsheng, Zhao Peirong* (136)
- 3.6 New Progress of Technology in Oil & Gas Exploration and Development *Ma Yongsheng, Zhao Peirong* (142)
- 3.7 New Progress in Wind Energy Technology *He Dexin* (151)
- 3.8 Recent Advancement in Bioenergy Technology *Cheng Xu* (159)
- 3.9 Recent Progress of Hydrogen Fuel Cell Technology *Mao Zhiming, Shao Mo, Mao Zongqiang* (165)
- 3.10 Recent Advancement in Multi-energies Hybrid Utilizing Technology *Sui Jun, Xu Da, Liu Qibin* (170)
- 3.11 Recent Advancement in Energy Storage Technology *Lai Xiaokang, Wang Songcen, Chen Liquan* (179)
- 3.12 Recent Progress of Smart-grid Technology *Xiao Liye, Li Yaohua, Qi Zhiping* (185)
- 3.13 Recent Progress of New Energy Vehicle Technology *Zhang Junzhi, Gou Jinfang* (193)

Chapter 4 Industrialization of Materials Technology and Energy Technology

- (195)
- 4.1 Progress in Industrialization of Semiconductor Silicon Materials *Zhang Guohu, Guo Xi, Xiao Qinghua* (203)
- 4.2 Progress in Industrialization of Rare Earth Permanent Magnetic Materials *Ma Zhihong* (210)
- 4.3 Progress in Industrialization of High Performance Carbon Fiber *He Tianbai, Chen Yousi* (215)

4.4	Progress in Industrialization of Scrap Rare and Precious Metals Recycling ... <i>Luan Donghai, Peng Baowang, Niu Chuansen, Dong Xian, Xu Zhibo</i>	(221)
4.5	Progress in Industrialization of Indirect Coal-to-Liquid Technology <i>Li Yongwang, Yang Yong, Xiang Hongwei</i>	(228)
4.6	Progress in Industrialization of Methanol to Olefin Technology <i>Shen Jiangnan, Mu Xin, Liu Zhongmin</i>	(237)
4.7	Progress in Industrialization of Generation III Nuclear Power Technology <i>Ye Qizhen</i>	(246)
4.8	Progress in Industrialization of the Ultra High Voltage Transmission Technology <i>Liu Zhenya</i>	(251)
4.9	Progress in Industrialization of Advanced Energy Storage Technology <i>Chen Jie</i>	(259)
4.10	Progress in the R&D and Industrialization of Integrated Gasification Combined Cycle and Co-production Technology <i>Xiao Yunhan, Wang Bo, Zhao Lifeng</i>	(265)
Chapter 5	International Competitiveness Evaluation and Innovation Capability for High-tech Industry	(267)
5.1	The Evaluation of International Competitiveness of Chinese High-tech Industry <i>Qu Wan, Lin Jie</i>	(292)
5.2	Evaluation on Innovation Capacity for High-tech Industry in China <i>Chen Fang, Wang Weiguang</i>	(308)
Chapter 6	High-tech and Society	(311)
6.1	Ethical Issues of Nanotechnology and Their Solution <i>Wang Guoyu, Liu Li</i>	(320)
6.2	Innovation, Risk and Control: Three Main Discourses on Synthetic Biology in China <i>Zhang Wenxia, Zhao Yandong</i>	(328)
6.3	Ethical Controversy of Stem Cell Technologies Application <i>Huang Xiaoru</i>	(335)

6.4	Ethical Challenges and Coping Strategies of Big Data	<i>Li Zhenzhen, Miao Hang</i>	(343)
6.5	The Study on Regulation the Internet from the Perspective of Governance	<i>Du Peng</i>	(351)
Chapter 7	Expert Forum		(353)
7.1	Recommendations for Reforming S&T and Innovation Management System in China	<i>Mu Rongping</i>	(360)
7.2	Promote the Science and Technology Opening and Cooperation of China	<i>Jin Xiaoming, Zhao Gang</i>	(366)
7.3	Some Thinking on the Key Issues of Optimizing the Allocation of Public Expenditure	<i>Xue Lan, Shi Dongbo, Kang Xiaoming</i>	(373)
7.4	State-of-the-Art on the Development of Manufacturing Science	<i>Xiong Youlun, Zhang Xiaoming</i>	(379)
7.5	Risk Analysis and Policy Implication of Shale Gas Development in China	<i>Fan Ying, Sun Deqiang, Cai Shenghua, Zhu Lei</i>	(386)
7.6	Recommendations for Innovation-driven Development in Enterprises	<i>Ren Zhongbao, Guo Jingjing, Fan Yonggang</i>	(390)