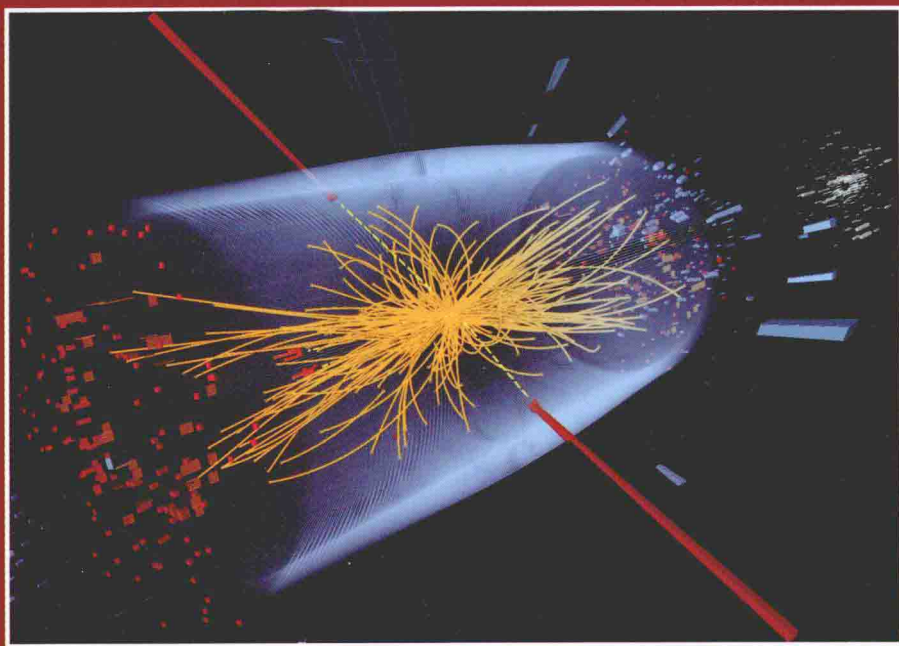


2014

科学发展报告

Science Development Report

中国科学院



科学出版社

2014科学发展报告

2014 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》的第十七本,旨在综述 2013 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,介绍我国科学的整体发展状况,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的发展战略和政策的建议,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、大专院校师生及社会公众阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

2014科学发展报告/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 978-7-03-039834-5

I.①2… II.①中… III.①科学技术—发展战略—研究报告—
中国—2014 IV.①N12②G322

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第030428号

责任编辑:郭勇斌 邹 聪 樊 飞 侯俊琳/责任校对:李 影

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

*

2014年4月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2014年4月第一次印刷 印张:22

字数:443 000

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 陆 埏 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 叶小梁 刘春杰 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	方亚泉	叶 成
田立德	田志远	田英杰	白登海	吕厚远
刘国詮	苏昊然	李永舫	李喜先	吴善超
邱举良	余四旺	邹振隆	张 军	张利华
张树庸	陈学雷	赵见高	赵黛青	钟元元
姚檀栋	骆永明	聂玉忻	夏建白	郭兴华
黄 矛	曹效业	龚 旭	崔 峻	章静波
程光胜	解思深	蔡长塔	谭宗颖	潘教峰



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求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，将突破语言文字壁障，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全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 and 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人、工程师和企业家人，也要依靠下一代、下两代科学家、企业家人。未来，是他们以中国科学家、企业家人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

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的科学素养的提高。

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的发展状况，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国际上的位置。

《2014 科学发展报告》是该系列报告的第十七本，主要包括以下八部分内容：

一、科学展望；二、科学前沿；三、2013年诺贝尔科学奖评述；四、2013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、中国科学的发展概况；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，得到了中国科学院发展规划局、中国科学院学部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、杨福愉、林其谁、陆埏、

陈凯先、姚建年、郭雷、曹效业、解思深、潘教峰、于在林、习复、田英杰、白登海、吕厚远、刘国詮、李永舫、李喜先、吴善超、邱举良、张军、张利华、赵见高、赵黛青、钟元元、骆永明、聂玉忻、夏建白、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，中国科学院发展规划局蔡长塔、董萌同志对本报告的工作给予了帮助。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

创新，让更多人成就梦想（代序）	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 生命的曙光 ——再生医学发展与展望	吴祖泽 王立生 崔春萍等	2
1.2 大化学与技术革命是第六次科技革命的核心内容之一	徐光宪	12
第二章 科学前沿		23
2.1 2012年9月至2013年8月物理学、化学、生物学、医学前沿的 热门课题	王海霞 叶 成 王浩鑫等	24
2.2 平方千米阵——SKA	陈学雷	34
2.3 石墨烯在信息技术领域的应用研究进展	郭海明 高鸿钧	39
2.4 微流控芯片进展与展望	方 群 祝 莹 潘建章	44
2.5 肿瘤纳米药物：新梦想与新希望	苏昊然 赵宇亮	49
2.6 癌症化学预防研究前沿	杨中枢 余四旺	54
2.7 大数据的进展与展望	石 勇	58
2.8 2013年世界科技发展综述	王海霞 邹振隆 帅凌鹰等	64
第三章 2013年诺贝尔科学奖评述		83
3.1 上帝粒子：高能物理学家们半个世纪的追求 ——2013年诺贝尔物理学奖评述	方亚泉 娄辛丑	84
3.2 复杂化学体系的多尺度模拟 ——2013年诺贝尔化学奖评述	高毅勤	89
3.3 囊泡运输系统：生命健康的运营者 ——2013年诺贝尔生理学/医学奖评述	李 雪 林鑫华	92

第四章 2013 年中国科学家代表性成果	97
4.1 同余数问题的新进展	田野 98
4.2 X 射线极亮天体的第一例成功的动力学质量测量	刘继峰 101
4.3 北京谱仪实验国际合作组发现 Zc(3900) 新粒子	沈肖雁 104
4.4 量子反常霍尔效应的实验发现	何珂 马旭村 陈曦等 107
4.5 纳米金属材料研究获得重要进展 ——金属镍中发现超硬超高稳定性二维纳米层片结构	张洪旺 卢柯 111
4.6 单分子化学识别取得重大突破 ——实现分辨率突破 1 纳米的单分子拉曼成像	董振超 侯建国 114
4.7 分子间氢键的实空间成像研究	裴晓辉 程志海 118
4.8 光控开关致能的新型光学成像：应对荧光探测现实挑战的创新性 解决方案	田志远 120
4.9 仿生化学固氮研究取得新进展 ——以硫桥联双铁氨基配合物作为固氮酶模拟物生成氨李阳 李莹 陈延辉等	125
4.10 从二氧化碳到甲醇的转化新方法：环状碳酸酯的催化加氢韩召斌 丁奎岭	129
4.11 囊泡货物在靶细胞膜上的卸载机制	刘佳佳 134
4.12 诱导多能干细胞研究新进展	裴端卿 136
4.13 H7N9 禽流感病毒：来源、跨种传播与耐药性施一张蔚刘翟等	139
4.14 DNA 去甲基化过程关键酶 TET2 的催化机制研究	徐彦辉 142
4.15 肝癌复发的细胞基础和靶向治疗药物张志谦 赵威 邢宝才等	145
4.16 独脚金内酯信号途径的“开关” ——DWARF53 蛋白在调控水稻株型中的重要作用	周峰 万建民 148
4.17 多纤毛细胞中心粒扩增与陆生脊椎动物进化朱学良 鄢秀敏 赵惠杰	150
4.18 全颌鱼研究改写有颌脊椎动物早期演化历史	朱敏 朱幼安 154
4.19 西南印度洋洋中脊大面积出露地幔岩的发现及其对“地幔羽” 假说的挑战	周怀阳 亨利·迪克 157

4.20	青藏高原降水稳定同位素揭示了西风和印度季风相互作用的三种模态	姚檀栋 高 晶 田立德等	160
4.21	中国氮素沉降显著增加	刘学军 张 颖 韩文轩等	164
4.22	长江东流水系诞生于渐新世 / 中新世之交	郑洪波 王 平 何梦颖等	166
第五章	公众关注的科学热点		171
5.1	“旅行者号”的太空之旅	崔 峻 李春来	172
5.2	“嫦娥三号”成功登陆月球	孙辉先	178
5.3	我国大气灰霾成因及控制的科学思考	贺 泓 马庆鑫 马金珠等	184
5.4	我国人感染 H7N9 禽流感疫情的防控及挑战	舒跃龙	188
5.5	食品添加剂与食品安全	王 静 孙宝国	192
5.6	中国页岩气的勘探开发现状与利用前景	邹才能 张国生 董大忠等	196
第六章	科技战略与政策		201
6.1	关于国家财政科技资金分配与使用情况的调研报告	全国人大财政经济委员会等	202
6.2	关于加强科教结合推进国家创新体系建设的思考	孙福全 彭春燕 王 元	211
6.3	未来 10 年我国学科发展战略研究的部署	曹效业 张柏春 高 璐	218
6.4	2013 年世界主要国家和组织科技与创新战略新进展	胡智慧 张秋菊 葛春雷等	223
第七章	中国科学的发展概况		255
7.1	2013 年科技部基础研究管理工作进展	陈文君 沈建磊 傅小锋等	256
7.2	2013 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	263
7.3	2013 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	266
7.4	2012 年度国家自然科学奖情况综述	张婉宁	268

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 (2008 ~ 2012 年)

..... 岳 婷 杨立英 丁洁兰等 276

第八章 科学家建议 291

8.1 科学引领我国城镇化健康发展的建议 中国科学院学部咨询组 292

8.2 我国土壤重金属污染问题与治理对策 中国科学院学部咨询组 299

8.3 加强国家药品应急信息化建设的建议 中国科学院学部咨询组 305

8.4 我国图像传感网技术和产业现状分析与发展建议
..... 中国科学院学部咨询组 309**附录**..... 315

附录一：2013 年中国与世界十大科技进展 316

附录二：2013 年中国科学院、中国工程院新当选院士名单 323

附录三：香山科学会议 2013 年学术讨论会一览表 328

附录四：2013 年中国科学院学部“科学与技术前沿论坛”一览表 329

CONTENTS

Innovation: Make Dreams Come True	<i>Bai Chunli</i>	i
Introduction		vii
Chapter 1 An Outlook on Science		1
1.1 Regenerative Medicine: The Dawn of Life		2
1.2 Big Chemistry and Technological Revolution is One of the Main Content of the Sixth Scientific and Technological Revolution		12
Chapter 2 Frontiers in Sciences		23
2.1 Leading-edge and Hot Topics in Physics, Chemistry, Biology and Medicine from September 2012 to August 2013		24
2.2 Square Kilometre Array —SKA.....		34
2.3 The Applications of Graphene Materials in Information Technologies		39
2.4 Advances and Prospect of Microfluidic Chip Research		44
2.5 Advances and Prospects of Nanotechnology Based Cancer Treatment		49
2.6 Frontiers in Cancer Chemoprevention		54
2.7 Advances and Prospects of Big Data		58
2.8 Summary of World S&T Achievements in 2013		64
Chapter 3 Commentary on the 2013 Nobel Science Prizes		83
3.1 The Pursuit of the God Particle by High Energy Physicists Over Half a Century —Commentary on the 2013 Nobel Prize in Physics		84
3.2 Multi-scale Modeling of Complex Chemical Systems —Commentary on the 2013 Nobel Prize in Chemistry		89

3.3 Vesicle Trafficking System: Executor of Life and Health —Commentary on the 2013 Nobel Prize in Physiology or Medicine	92
Chapter 4 Representative Achievements of Chinese Scientists in 2013	97
4.1 On Congruent Number Problem.....	98
4.2 Puzzling Accretion onto a Black Hole in an Ultraluminous X-ray Source M101 ULX-1	101
4.3 Observation of a Charged Charmoniumlike Structure Zc(3900) at BESIII ...	104
4.4 Experimental Realization of the Quantum Anomalous Hall Effect	107
4.5 Discovery of Ultrahard and Ultrastable Nanolaminated Structure in Ni	111
4.6 Single-molecule Raman Spectroscopic Mapping with Sub-nm Resolution	114
4.7 Real-space Image of Intermolecular Hydrogen Bonds Using Atomic Force Microscopy	118
4.8 Photoswitching-enabled Novel Optical Imaging: Innovative Solutions for Real-world Challenges in Fluorescence Detections	120
4.9 Ammonia Formation by a Thiolate-bridged Diiron Amide Complex as a Nitrogenase Mimic	125
4.10 A New Approach from CO ₂ to Methanol: Catalytic Hydrogenation of Cyclic Carbonates	129
4.11 Regulatory Mechanism for Unloading of Vesicular Cargoes at Target Membrane	134
4.12 New Progresses of iPSCs Research	136
4.13 Novel Influenza A (H7N9) Virus: Origin, “Host Jump” and Drug-resistance	139
4.14 Insight into the Mechanism of TET2-mediated 5-mC Oxidation	142
4.15 1B50-1, a mAb Raised Against Recurrent Tumor Cells, Targets Liver Tumor-Initiating Cells by Binding to the Calcium Channel α_{21} Subunit ...	145
4.16 DWARF53 Acts as a Repressor of Strigolactone Signaling to Participate in Regulating the Developmental Processes of Plant Architecture of Rice.....	148
4.17 Centriole Amplification of Multiciliating Cells and Its Implications in Tetrapod Evolution	150
4.18 <i>Entelognathus</i> Rewrites Early Evolution of Jawed Vertebrates	154