

中国科协高端科技创新智库丛书

2040年

中国科技与社会愿景

可再生能源与低碳社会

中国可再生能源学会 编著



中国科学技术出版社
CHINA SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

中国科协高端科技创新智库丛书

2019年

中国科技与社会愿景

可再生能源与低碳社会

中国可再生能源学会 编著

中国科学技术出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

可再生能源低碳社会/中国可再生能源学会编著. —北京: 中国科学技术出版社, 2016. 1

(2049年中国科技与社会愿景)

ISBN 978-7-5046-6949-0

I. ①可… II. ①中… III. ①再生能源—能源发展—研究—中国 ②节能—经济发展—研究—中国 IV. ①F426.2 ②F124

中国版本图书馆CIP数据核字 (2015) 第137391号

策划编辑 王晓义
责任编辑 王晓义 孙红霞
责任校对 何士如
责任印制 张建农
封面设计 周新河
版式设计 北京潘通印艺文化传媒·ARTSUN

出 版 中国科学技术出版社
发 行 科学普及出版社发行部
地 址 北京市海淀区中关村南大街16号
邮 编 100081
发行电话 010-62103130
传 真 010-62179148
投稿电话 010-62176522
网 址 <http://www.cspbooks.com.cn>

开 本 720mm×1000mm 1/16
字 数 330千字
印 张 25.75
印 数 1—3000册
版 次 2016年第1版
印 次 2016年1月第1次印刷
印 刷 北京盛通印刷股份有限公司

书 号 ISBN 978-7-5046-6949-0/F·804
定 价 98.00元

(凡购买本社图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换)

2015 年中国科技与社会愿景

丛书策划组

策 划 罗 晖 苏小军 陈 光

执 行 周大亚 朱忠军 孙新平 齐志红 马晓琨

薛 静 徐 琳 张海波 侯米兰 马骁骁



2015年中国科技与社会愿景

可再生能源与低碳社会

主 编 李宝山

编 委 (按姓氏笔画为序)

马 驰 王志峰 韦东远 史宏达

吕 芳 仲继寿 任东明 祁和生

许洪华 肖明松 吴钟瑚 何建坤

张正敏 张希良 林 宝 罗振涛

周宏春 赵 颖 胡秀莲 秦海岩

袁振宏 徐 伟 徐文珍 蒋利军

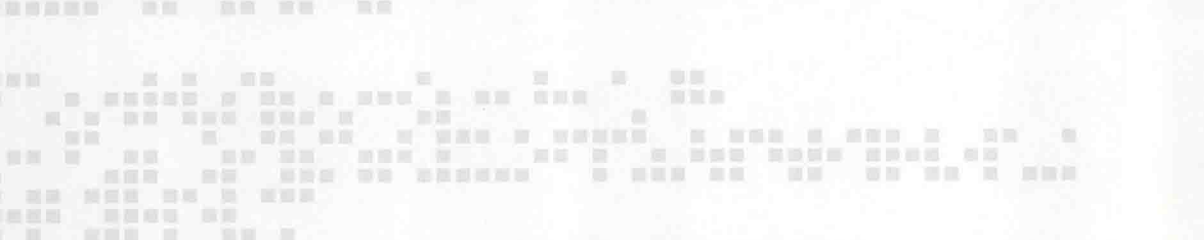
鲁 瑾

秘 书 肖明松(兼)

总序

科技改变生活，科技创造未来，科技进步的根本特征就在于不断打破经济社会发展的既有均衡，给生产开拓无尽的空间，给生活带来无限便捷，并在这个基础上创造新的均衡。当今世界，新一轮科技革命和产业革命正在兴起，从后工业时代到智能时代的转变已经成为浩浩荡荡的世界潮流，以现代科技发展为基础的重大科学发现、技术发明及其广泛应用，推动着世界范围内生产力、生产方式、生活方式和经济社会发生前所未有的变化，科学技术越来越深刻地给这个急剧变革的时代打上自己的烙印。作为世界最大的发展中国家和世界第二大经济体，中国受科技革命的影响似乎更深刻、更广泛一些，科技创新的步伐越来越快，新技术的广泛应用不断创造新的奇迹，智能制造、互联网+、新材料、3D打印、大数据、云计算、物联网等新的科技产业形态令人目不暇接，让生产更有效率，让人们的生活更加便捷。

按照邓小平同志确定的我国经济社会发展三步走的战略目标，2049年新中国成立100周年时我国将进入世界中等发达国家行列，建成社会主义现代化强国。这将是全面建成小康社会之后在民族复兴之路上攀上的又一个新的高峰，也是习近平总书记提出的实现中华民族伟大复兴中国



梦的关键节点。为了实现这一宏伟目标，党中央始终坚持科学技术是第一生产力的科学论断，把科技创新作为国家发展的根本动力，全面实施创新驱动发展战略。特别是在刚刚闭幕的十八届五中全会上，以习近平同志为总书记的党中央提出了创新、协调、绿色、开放、共享五大发展理念，强调创新是引领发展的第一动力，人才是支撑发展的第一资源，要把创新摆在国家发展全局的核心位置，以此引领中国跨越“中等收入陷阱”，进入发展新境界。那么，科学技术将如何支撑和引领未来经济社会发展的方向？又会以何种方式改变中国人的生产生活图景？我们未来的生产生活将会呈现出怎样的面貌？为回答这样一些问题，中国科协调研宣传部于2011年启动“2049年的中国：科技与社会愿景展望”系列研究，旨在充分发挥学会组织优势、人才优势和专业优势，依靠专家智慧，科学、严谨地描绘出科技创新未来的生产生活全景，展望科技给未来生产生活带来的巨大变化，展现科技给未来中国带来的发展前景。

“2049年的中国：科技与社会愿景展望”项目是由中国科协学会服务中心负责组织实施的，得到全国学会的积极响应，中国机械工程学会、中国可再生能源学会、中国人工智能学会、中国药学会、中国城市科学研究会、中国可持续发展研究会率先参与，动员260余名专家，多次集中讨论，对报告反复修改，经过将近3年的艰苦努力，终于完成了《制造技术与未来工厂》《生物技术与未来农业》《可再生能源与低碳社会》《生物医药与人类健康》《城市科学与未来城市》5部报告。这5部报告科学描绘了绿色制造、现



代农业、新能源、生物医药、智慧城市以及智慧生活等领域科学技术发展的最新趋势，深刻分析了这些领域最具代表性、可能给人类生产生活带来根本性变化的重大科学技术突破，展望了这样一些科技新突破可能给人类经济社会生活带来的重大影响，并在此基础上提出了推动相关技术发展的政策建议。尽管这样一些预见未必准确，所描绘的图景也未必能够全部实现，我们还是希望通过专家们的理智分析和美好展望鼓励科技界不断奋发前行，为政府提供决策参考，引导培育理性中道的社会心态，让公众了解科技进展、理解科技活动、支持科技发展。

研究与预测未来科学技术的发展及其对人类生活的影响是一项兼具挑战性与争议性的工作，难度很大。在这个过程中，专家们既要从总体上前瞻本领域科技未来发展的基本脉络、主要特点和展示形式，又要对未来社会中科技应用的各种情景做出深入解读与对策分析，并尽可能运用情景分析法把科技发展可能带给人们的美好生活具象地显示出来，其复杂与艰难程度可想而知。尽管如此，站在过去与未来的历史交汇点，我们还是有责任对未来的科技发展及其社会经济影响做出前瞻性思考，并以此为基础科学回答经济建设和科技发展提出的新问题、新挑战。基于这种考虑，“2049年的中国：科技与社会愿景展望”项目还将继续做下去，还将不断拓展预见研究的学科领域，陆续推出新的研究成果，以此进一步凝聚社会各界对科技、对未来生活的美好共识，促进社会对科技活动的理解和支持，把创新驱动发展战略更加深入地贯彻落实下去。

最后，衷心感谢各相关全国学会对这项工作的高度重视和热烈响应，感谢参与课题的各位专家认真负责而又倾心的投入，感谢各有关方面工作人员的协同努力。由于这样那样的原因，这项工作不可避免地会存在诸多不足和瑕疵，真诚欢迎读者批评指正。

中国科协书记处书记 王春法

前言

在中国经济社会发展进入新的历史阶段的关键时刻，党中央明确提出了建设节约型社会的发展方向。建设节约型社会就是要在社会生产、建设、流通、消费的各个领域，在经济和社会发展的各个方面，切实保护和合理利用各种资源，提高资源利用效率，以尽可能少的资源消耗获得最大的经济效益和社会效益。这是关系到我国经济社会发展和中华民族兴衰，具有全局性和战略性的重大决策。

本研究报告从可再生能源和低碳经济的内涵及未来发展愿景入手，阐述了可再生能源与低碳经济、社会相辅相成、相互协调发展的关系，提出可再生能源是低碳经济发展的重要基础和有效保障，低碳经济发展是可再生能源发展的原动力，并提出促进低碳经济建设的对策措施。

本研究报告以大量数据资料、专家研讨、调研和现有政策措施论证为基础，通过情景模拟和对比分析，分析了可再生能源技术引领和改变生产生活的基本路径，准确把握了经济社会发展的基本趋势，重点揭示了可再生能源技术发展在21世纪上半期对经济社会发展的重大影响。本研究报告，展现了科学技术的强大动力，激发了公众对可再生能源技术创新与发展的兴趣。

编 者

2014年11月14日



目 录

总 序

前 言

第一章	概 述	1
第一节	什么是可再生能源	3
一.	概念、范围和种类	3
二.	可再生能源特点	8
第二节	什么是低碳型社会	9
一.	低碳的一般含义	9
二.	低碳型社会基本特征	13
三.	低碳型社会理念的提出	14
第三节	可再生能源是实现低碳社会的必然选择	15
一.	发达国家的选择	15
二.	我国的选择	24
三.	低碳经济任重道远	26
第四节	国内外可再生能源开发利用现状	30
一.	国外可再生能源的发展	30
二.	中国可再生能源的发展	48
第二章	中国可再生能源资源现状分析	55
第一节	水能资源的分布和潜力	57
一.	水电资源分布	57
二.	潜力	59
第二节	风能资源的分布和潜力	60
一.	风能资源储量	60
二.	潜力	64
第三节	太阳能资源的分布和潜力	65
一.	资源的分布	65
二.	开发潜力	68
第四节	生物资源的分布和潜力	71
一.	资源分布	71
二.	开发潜力	73
第五节	地热资源的分布和潜力	74



一. 资源概念	74
二. 资源特性	75
三. 资源储量与分布	75
第六节 海洋能资源的分布和潜力	76
一. 资源种类及分布	76
二. 资源分布特点	82

第三章 中国可再生能源技术发展展望 83

第一节 小水电技术发展展望	85
一. 技术描述	87
二. 发展现状	89
三. 经济成本	94
四. 应用前景	94
第二节 风电技术发展展望	96
一. 技术描述	96
二. 发展现状	99
三. 经济成本	109
四. 应用前景	114
第三节 太阳能技术发展展望	115
一. 光伏技术发展展望	115
二. 太阳热发电技术发展展望	131
三. 太阳热利用技术发展展望	146
第四节 生物质能技术发展展望	155
一. 成型技术发展展望	157
二. 生物能气化技术发展展望	176
三. 生物质能液化技术发展展望	214
第五节 地热利用技术发展展望	244
一. 地热发电技术发展展望	247
二. 地热供热发展展望	253
第六节 海洋发电技术发展展望	260
一. 技术描述	262
二. 发展现状	264
三. 经济成本	280
四. 应用前景	283

第七节 氢能技术发展展望	286
一、技术描述	288
二、发展现状	290
三、经济成本	296
四、应用前景与展望	299
第八节 储能技术发展展望	305
一、技术描述	307
二、发展现状	309
三、经济成本	310
四、应用前景	311

第四章 可再生能源与低碳型社会 315

第一节 可再生能源对经济的影响	317
一、发展低碳经济的条件	317
二、可再生能源与低碳经济	320
三、可再生能源是低碳经济的重要选择	321
第二节 可再生能源对能源的影响	323
一、能源形势	323
二、可再生能源是实现可持续发展的必然选择	325
第三节 可再生能源对环境改善的影响	327
一、对减排二氧化碳的贡献	327
二、对环境的改善	328
第四节 可再生能源对人们行为方式的影响	333
一、对衣、食、住的影响	333
二、对出行方式的影响	336
第五节 可再生能源对社会发展的影响和贡献	339
一、运输	341
二、公共交通领域的绿色能源转型	342
三、商业和住宅建筑	345

第五章 关键技术及未来情景 349

第一节 智能电网技术	352
一、技术简介	352
二、应用领域	359



三、愿景展望	361
第二节 储能技术	362
一、技术简介	362
二、应用领域	368
三、愿景展望	370
第三节 生物燃料技术	371
一、技术简介	372
二、应用领域	376
三、愿景展望	377
第四节 热岩技术	378
一、技术简介	379
二、应用领域	381
三、愿景展望	382
第五节 氢能技术	383
一、技术简介	383
二、应用领域	384
三、愿景展望	385

第六章 政策建议 387

第一节 政策	389
一、可再生能源发展政策必须与 常规能源系统有机结合	390
二、可再生能源与化石能源的平衡发展	391
三、发挥政策激励机制,促进高效低碳技术 的转变	393
第二节 建议	394
一、从国家战略高度积极应对气候变化	394
二、用低碳理念指导社会发展	395
三、多元化能源体系打造低碳经济	396
四、建立有利于温室气体减排的市场经济体系	397
五、充分调动全民参与积极性	398



第一章 概述

