

“十三五”国家重点出版物出版规划项目·重大出版工程规划

中国工程院重大咨询项目成果文库

推动能源生产和消费革命战略研究系列丛书

(第一辑)

丛书主编 谢克昌

推动能源生产和 消费革命的支撑与保障

岑可法 等/编著



科学出版社

“十三五”国家重点出版物出版规划项目·重大出版工程规划

中国工程院重大咨询项目成果文库

推动能源生产和消费革命战略研究系列丛书

(第一辑)

丛书主编 谢克昌

推动能源生产和 消费革命的支撑与保障

岑可法 等 编著

本书系中国工程院重大咨询项目“推动能源生产和消费革命战略研究”第一期(2013年5月至2015年12月)研究成果

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书依托中国工程院重大咨询项目“推动能源生产和消费革命战略研究”，从煤炭分级转化与多级利用、污染物综合脱除与资源化回收、海上油气资源开发和海洋能利用、油气供给革命、核能革命性发展与利用、智慧能源网、重点耗能产业结构调整及工艺革新、新能源与可再生能源、政策与法律法规九个角度研究中国典型能源生产行业的现状和发展趋势，对如何支撑并保障中国能源生产消费革命进行系统的研究和分析。最终建议以“生态文明建设”作为顶层设计理念指导实践，通过技术创新、体质创新、重大工程建设和政策法规及标准体系建设支撑和保障能源生产消费革命。

本书可供从事火电、钢铁、建材、石化、化工等能源行业的相关专业技术人员、研究人员参考，也可供从事政策法规研究等工作的相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

推动能源生产和消费革命的支撑与保障 / 岑可法等编著. —北京: 科学出版社, 2017.4

(推动能源生产和消费革命战略研究系列丛书/谢克昌主编, 第一辑)

“十三五”国家重点出版物出版规划项目·重大出版工程规划 中国工程院重大咨询项目成果文库

ISBN 978-7-03-052397-6

I. ①推… II. ①岑… III. ①能源经济—研究—中国 IV. ①F426.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 065417 号

责任编辑: 马 跃 李 莉 / 责任校对: 赵桂芬

责任印制: 霍 兵 / 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

*

2017 年 4 月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2017 年 4 月第一次印刷 印张: 24 3/4

字数: 500 000

定价: 152.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

推动能源生产和消费革命战略研究系列丛书

(第一辑)

编委会成员名单

项目顾问

- 徐匡迪 中国工程院 第十届全国政协副主席、中国工程院主席团名誉主席、
原院长、院士
- 周 济 中国工程院 院长、院士
- 潘云鹤 中国工程院 原常务副院长、院士
- 吴新雄 国家发改委 国家发改委原副主任、国家能源局原局长
- 王玉普 中国石油化工集团公司 董事长、党组书记、中国工程院原副院长、
院士

项目负责人

- 谢克昌 中国工程院 原副院长、院士

课题负责人

- | | | |
|------|-------------------|---------|
| 第1课题 | 生态文明建设与能源生产消费革命 | 杜祥琬 |
| 第2课题 | 世界能源版图变化与能源生产消费革命 | 张玉卓 |
| 第3课题 | 第三次工业革命与能源生产消费革命 | 何继善 |
| 第4课题 | 能源生产革命的若干问题研究 | 黄其励、袁晴棠 |
| 第5课题 | 能源消费革命的若干问题研究 | 倪维斗、金 涌 |
| 第6课题 | 推动能源生产和消费革命的支撑与保障 | 岑可法 |
| 综合课题 | 推动能源生产和消费革命战略研究 | 谢克昌 |

课题六 推动能源生产和消费革命的支撑 与保障课题组编委会成员名单

组长

岑可法 浙江大学 院士

副组长

骆仲泐 浙江大学 教授、院长

成员

岳光溪	清华大学	院士
苏万华	天津大学	院士
黄维和	中国石油天然气股份有限公司	院士、副总裁
邓运华	中国海洋石油总公司	院士、副总地质师
倪明江	浙江大学	教授、院长
俞培根	中国核工业集团公司	副总经理
马重芳	北京工业大学	教授
周大地	中国能源研究会	研究员
孙 锐	电力规划设计总院	副院长
周华富	浙江省发展和改革委员会	副主任
姚 强	清华大学	教授
王辅臣	华东理工大学	教授
吴少华	哈尔滨工业大学	教授
马晓茜	华南理工大学	教授
董 宏	浙江大学	研究员、副院长
高 翔	浙江大学	教授
余潇枫	浙江大学	教授、主任
陈 臻	阳光时代律师事务所	研究员、主任
周劲松	浙江大学	教授
方梦祥	浙江大学	教授

王勤辉	浙江大学	教授
俞自涛	浙江大学	教授
程军	浙江大学	教授
肖刚	浙江大学	教授
薄拯	浙江大学	教授
罗坤	浙江大学	教授
吴学成	浙江大学	教授
郑成航	浙江大学	副教授
王涛	浙江大学	副教授
周章贵	阳光时代律师事务所	研究员、执行主任
张厚和	中海油研究总院	教授级高工、勘探规划总师
廖宗宝	中海油研究总院	高工
赫栓柱	中海油研究总院	高工
张理	中海油研究总院	高工、首席工程师
韩景宽	中国石油规划总院	教授级高工、副院长
陈进殿	中国石油规划总院	高工、室主任
田瑛	中国石油规划总院	高工
魏传博	中国石油规划总院	高工
孙春良	中国石油规划总院	教授级高工、副总工程师
黄敏刚	中国核工业集团公司	教授级高工、总经济师
王军	中国核工业集团公司	高工、副处长
方涛	中国核工业集团公司	高工
汪永平	中国核工业集团公司	研究员级高工、处长
谢伯军	嵊州新中港热电有限公司	董事长
王栋	浙江省技术创新服务中心	高级工程师
马攀	浙江省发展规划研究院	博士

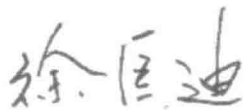
丛书序一

能源是国家经济社会发展的基石。能源问题是关乎国家繁荣、人民富裕、社会和谐的重大议题。当前世界能源形势复杂多变，新的能源技术正在加速孕育、新的能源版图正在加速调整、新的能源格局正在逐步形成。国内生态环境约束日益加强，供给侧结构性改革推进正酣，构建前瞻性的能源战略体系和可持续的现代能源系统迫在眉睫。习近平总书记在中央财经领导小组第六次会议上提出了推动能源生产和消费革命的战略要求，为我国制定中长期能源战略、规划现代能源体系、推进“一带一路”能源合作、保障国家能源安全等明确了方向。

中国工程院在2013年5月启动了由时任中国工程院副院长的谢克昌院士牵头负责的“推动能源生产和消费革命战略研究”重大咨询项目，适度超前、恰逢其时，意义重大。这一项目的启动体现了中国工程院作为国家智库的敏锐性、前瞻性、责任感和使命感。项目研究从国际能源和工业革命规律等大视野，提出了我国能源革命的战略、目标、重点和建议，系统研究并提出了我国能源消费革命、供给革命、技术革命、体制革命和国际合作的技术路线图。项目研究数据翔实、调研充分，观点明确、内容具体，很多观点新颖且针对性强，对我国能源发展具有重要指导和参考意义。项目研究成果凝聚了30多位院士和300余名专家的集体智慧，研究期间多次向国家和政府部门专题汇报，部分成果和观点已经在国家重大决策、政府相关规划的制定中得到体现。

推动能源革命是一项长期、复杂的系统工程，研究重点和视角因国际形势变化、国内环境变化而表现不同，希望项目研究组和社会能源科技专家共同努力，继续深化研究，为我国能源安全发展保驾护航，为我国全面建成小康社会和实现两个“一百年”目标添薪助力。

谨对院士和专家们的艰辛付出表示衷心的感谢！



2016年12月26日

丛书序二

在我国全面建成小康社会、实现中华民族伟大复兴的中国梦进程中，能源与经济、社会、环境协调发展始终是一个重要课题。能源供给约束矛盾突出、能源利用效率低下、生态环境压力加大、能源安全形势严峻等一系列问题，以及世界能源版图深刻变化、能源科技快速发展的国际化趋势和应对气候变化的国际责任与义务，要求我国亟须在能源领域进行根本性的变革和全新的制度设计，在发展理念、战略思路、途径举措、科技创新、体制机制等方面实现突破或变革。

党的十八大报告指出，要坚持节约资源和保护环境的基本国策，推动能源生产和消费革命，控制能源消费总量。2014年6月13日，习近平总书记主持召开中央财经领导小组第六次会议，会议明确提出“能源消费革命”、“能源供给革命”、“能源技术革命”、“能源体制革命”和“加强国际合作”的能源安全发展战略思想。可见，“能源生产和消费革命”已成为我国能源方针和政策的核心内容，成为推动能源可持续发展的战略导向，成为加快能源领域改革发展的重要举措。

作为我国工程科学技术界的最高荣誉性、咨询性学术机构，为了及时通过战略研究为推动能源生产和消费革命提供科学咨询，中国工程院在2013年5月就启动了“推动能源生产和消费革命战略研究”重大咨询项目，目的是根据国家转变能源发展方式的现实任务和战略需求，从国际视野和大能源观角度，深入分析生态文明建设、世界能源发展趋势、第三次工业革命等方面对我国能源领域带来的深刻影响和机遇，紧紧围绕能源革命的概念、核心、思路、方式和路径展开系统研究，提出推动能源生产和消费革命的战略思路、目标重点、技术路线图和政策建议，为我国全面推进能源生产和消费革命，完善国家能源战略规划和相关政策，加强节能减排、提高能效、控制能源消费总量，推动煤炭等化石能源清洁高效开发利用，拓增非化石能源、优化能源结构等一系列工作提供创新思路、科学途径和方法举措。

项目由中国工程院徐匡迪主席、周济院长、时任常务副院长潘云鹤院士、时任副院长王玉普院士，以及国家能源局原局长吴新雄担任顾问，中国工程院原副院长谢克昌院士任组长，下设六个课题，分别由相关能源领域院士担任课题组长，来自90家科研院所、高等院校和大型能源企业的300多名专家参与研究及相关工作，其中院士39位。研究工作全面落实国家对战略研究“基础研究

要扎实，战略目标要清晰，保障措施要明确，技术路线图和政策建议要具体可行”的要求，坚持中国工程院对重大课题研究的战略性、科学性、时效性、可行性、独立性的要求，历时两年多时间，经过广泛的专家讨论、现场调研、深入分析、成果交流和征求意见，最终形成一个项目综合报告和六个课题报告。

第一册是综合报告《推动能源生产和消费革命战略研究（综合卷）》，由中国工程院谢克昌院士领衔，在对六个课题报告进行了深入总结、集中凝练和系统提高的基础上，科学论述了推动能源生产与消费革命是能源可持续发展和构建“清洁、低碳、安全、高效”现代能源体系的必由之路。《推动能源生产和消费革命战略研究（综合卷）》对能源生态协调发展、能源消费总量控制、能源供给结构优化、能源科技创新发展、能源体制机制保障等一系列突出矛盾和问题进行了深入分析，提出了解决的总体思路和主要策略；系统提出能源革命“三步走”战略思路和能源结构优化期（2020年以前）、能源领域变革期（2021~2030年）、能源革命定型期（2031~2050年）的阶段性目标以及战略重点，并就实施和落实各项战略重点的核心思路、关键环节和重点内容进行科学论证、提出明确要求。

第二册是《生态文明建设与能源生产消费革命》，由杜祥琬院士牵头，主要从生态文明建设的角度进行研究。从回顾人类文明发展和历次能源革命的历程，以及深入分析工业文明带来的危机和问题着手，总结了国际发展理念变迁、新的文明形态形成与实践的基本规律和趋势，认为全球能源革命的方向是清洁化和低碳化。分析我国转变发展方式、建设生态文明和推动能源革命的辩证关系，剖析能源生产和消费革命的难点，总结我国能源发展的主要特征和我国能源战略及其演变，最后提出推动我国能源革命的思路、路径以及政策建议。

第三册是《世界能源版图变化与能源生产消费革命》，由张玉卓院士牵头，主要从世界能源发展趋势的角度进行研究。通过总结当前世界主要经济体在能源供应、生态环境破坏以及气候变化方面面临的挑战，分析世界能源结构、供需格局、能源价格等重大趋势和规律。研究美国、欧盟等主要国家和地区能源发展与战略调整对我国能源安全发展的深远影响，提出我国必须转变能源发展理念和发展战略，主动适应世界能源发展的趋势变化，形成可持续的能源发展模式，加快发展方式转型，推动能源管理和制度创新，并从推动能源革命的基础、先导、方向、核心、支撑和保障等方面提出措施建议。

第四册是《第三次工业革命与能源生产消费革命》，由何继善院士牵头，主要从第三次工业革命的角度进行研究。在分析预判以互联网和可再生能源为基础的第三次工业革命发展趋势和机遇，以及对主要国家及地区能源战略和我国未来能源生产消费可能产生的影响的基础上，提出推动我国能源生产消费革命的战略构想，深入论证智能电网、泛能网、分布式发电与微电网、智能建筑和能源互联网等重点工程在未来我国能源体系中的作用、实施计划和经济社会价值，最后提出推动我国能

源生产与消费革命的价格、财政税收、国际化经营和国际合作等政策建议。

第五册是《能源生产革命的若干问题研究》，由黄其励院士和袁晴棠院士牵头，主要从能源生产（供给）侧开展研究。厘清能源生产革命的背景与战略目标，从新能源开发利用水平和能源发展潜力两方面，论证了我国已基本具备能源生产革命的基础条件，系统阐述我国能源生产革命的方向、目标、思路 and 战略重点，提出能源生产革命的重大技术创新路线图、时间表，提出中长期能源生产革命重大工程和重大产业，以及能源生产革命的政策建议。

第六册是《能源消费革命的若干问题研究》，由倪维斗院士和金涌院士牵头，主要从能源消费侧开展研究。预判我国能源消费未来发展趋势，以及分析 2030 年前经济社会发展目标和能耗增长趋势。重点剖析了推动能源消费革命涉及的我国能源消费宏观政策、总量控制以及主要领域的若干重要问题，明确了我国能源消费革命的定义和内涵，提出推进我国能源消费革命、控制能源消费总量的战略目标和实施途径，以及有关政策建议。

第七册是《推动能源生产和消费革命的支撑与保障》，由岑可法院士牵头，主要从支撑和保障方面开展研究。分析我国能源生产和技术革命在支撑和保障方面的背景及目标，提出明确的定义、内涵和总体路线图。以能源消费绿色化、能源供给低碳化以及能源输配智能化三条主线为核心，提出在技术领域方面全面创新、在法律及体制机制层面深化改革的总体思路 and 重点内容，为推进和实施能源生产与消费革命提供支撑和保障。

“推动能源生产和消费革命战略研究系列丛书”是我国能源领域广大院士和专家集体智慧的结晶。项目研究进行过程中形成的一些重要成果和核心认识，及时上报了中央和国家有关部门，并已在能源规划、政策和重大决策中得到体现。作为项目负责人，借此项目研究成果以丛书形式付梓之机，对参加研究的各位院士和专家表示衷心的感谢！需要说明的是，推动能源生产和消费革命是一项系统工程，相关战略和政策的研究是一项长期的任务，为继续探索能源革命的深层次问题，目前项目组新老成员在第一期研究成果（即本套丛书）的基础上已启动第二期项目研究。希望能源和科技领域的专家与有识之士共同努力，为推动能源生产和消费革命、实现我国能源与经济社会持续健康发展贡献力量！

中国工程院

“推动能源生产和消费革命战略研究”

重大咨询项目负责人



2016 年 12 月 12 日

前 言

党的十八大报告中明确提出要“推动能源生产和消费革命”，建设美丽中国。在中央财经领导小组第六次会议上，习总书记详细阐述了能源革命的内涵，提出了“四个革命”和“一个合作”的战略构想，充分表明党中央、国务院对能源革命的态度和决心。为了保障能源生产和消费革命，我们应大力鼓励能源科技自主创新，建立新型的能源供需协调模式和市场、资源的保障模式，加快观念体制变革与创新，而首位重要的则是革命性的能源生产和消费理念以及顶层设计。本书依托中国工程院 2013 年 5 月启动的重大咨询项目“推动能源生产和消费革命战略研究”，并根据第六课题组“推动能源生产和消费革命的支撑与保障”的研究，对如何支撑并保障中国能源生产与消费的革命进行系统的研究和分析。

本书旨在围绕促进和保障能源生产消费革命的体制机制问题，通过研究中国煤炭、石油、天然气、核能、可再生能源等典型能源生产行业的技术水平、政策法规、标准等现状和发展趋势，以及能源网（电、水、气、热、冷、废弃物）和火电、钢铁、建材、石化、化工等典型能源消费要素及行业的运行体制、能效、排放特征等，提出政策引导的内容与方式、市场运作的机制和保证标准及评价体系的完善与建立等，并在此基础上形成能源生产与消费革命综合技术创新和体制创新思路、基础建设与重大工程新方向以及政策法规及标准体系新建议。主要研究和分析如下：

中国当前已成为世界上大气污染最为严重的国家之一，煤的燃烧生成了大量的二氧化硫（ SO_2 ）、氮氧化物（ NO_x ）、重金属（汞 Hg）和有机物等多种污染物，是大气污染物的重要来源。发展高效脱除与协同控制技术，实现燃煤烟气污染物的超低排放，达到燃气轮机的排放标准，是改善环境空气质量的有效途径。在此基础上，发展活性分子烟气深度净化技术和碳捕获及封存（carbon capture and storage, CCS）技术，实现燃煤烟气污染物的近零排放。同时开发活性半焦等资源化回收利用技术，满足国内硫黄、硫酸、硝酸钙等化工原料的需求。此外，同步推进钢铁、有色、建材等行业污染物控制和资源化回收技术水平的提升，强化污染物控制装备运行的监管，保障污染物的长期稳定超低排放，为污染物的综合脱除和资源化回收提供支撑与保障。

加快传统产业技术创新,发展低能耗高附加值产业,严格控制高能耗低附加值产品出口。加大先进技术、工艺和装备的研发,加快运用高新技术和先进适用技术改造提升传统产业,促进信息化和工业化深度融合,支持节能产品装备和节能服务产业做大做强。支持优势骨干企业实施横向产业联合和纵向产业重组,通过资源整合、研发设计、精深加工、物流营销和工程服务等,进一步壮大企业规模,延伸完善产业链,提高产业集中度,增强综合竞争力。强化节能评估审查制度,提高行业节能准入门槛,控制高能耗产业增长速度,限制高资源消耗产品出口;提高节能环保市场准入门槛,严把土地、信贷两个闸门,严格控制新建高耗能、高污染项目。加大淘汰落后产能力度,地方各级政府要对限期淘汰的落后装备严格监管,禁止落后产能异地转移。要将上大与压小相结合、淘汰落后与新上项目相结合。

落实国家区域发展总体战略和主体功能区战略,根据资源能源条件、市场需求、环境容量、产业基础和物流配套能力,统筹沿海沿边与内陆、上下游产业及区域经济发展,优化产业布局,满足各地区经济社会发展需求。综合考察跨省区企业的产业链排放,并且建立区域间排放转移的补偿机制。在较不发达的中西部地区,应提高环境标准并严格执行。

以保护生态环境和人体健康为目标,加快环境保护标准制修订步伐,进一步完善国家环境保护标准体系。鼓励地方参与国家环境保护标准制修订,制定地方环境保护标准发展规划,制定实施较国家标准更为全面和严格的地方标准。坚持因地制宜,鼓励有条件的地区制定更严格的排放标准。严格执行节能、土地、环保等法律法规,综合运用差别电价、财政奖励、考核问责等法律手段、经济手段和必要的行政手段。

中国正处在快速发展时期,能源需求持续增长,能源和环境对可持续发展的约束越来越严重,因而发展清洁能源技术、加速本地化清洁能源的开发是必然选择。本书总结中国太阳能发展的方向与途径,提出目标建议与政策,并进行案例分析。关于风能,本书介绍国外不同形式的互补发电形式,指出中国发展风能与其他能源互补发电技术的挑战和主要任务、发展方向及途径,提出互补发电技术的发展目标和建议。生物质能被认为是今后最有效的可再生能源,对生物质直燃/混燃典型工程技术的经济性和生物质电厂改造案例进行分析,对生物质热裂解制取气/液高品位液体燃料进行全生命周期评价,在此基础上提出中国生物质能发展的目标和相关建议。提出先进储能技术面临的挑战和发展建议,并进行面向电力交通的储能动力系统建设的案例分析。最后,介绍国内外的氢能发展现状,提出中国发展氢能的战略定位、目标和综合建议。

在法律法规层面,研究并提出常规能源法律政策现状、问题与完善建议,综合研究国内外煤炭、油气、电力等法律政策的支撑与保障,提出支撑与保障中国

常规能源发展的综合建议；研究并提出可再生能源法律政策现状、问题与完善建议，分析国外可再生能源法律政策发展经验，提出支撑与保障中国可再生能源发展的综合建议；研究国外节约能源法律政策发展经验并提出中国节能减排法律政策现状、问题与完善建议；借鉴国外能源安全法律政策的发展与启示，研究能源安全法律政策现状、问题并提出相关建议。

在体制机制层面，强调能源体制机制是支撑能源革命的重要保障，分析现行能源体制机制存在的问题和成因，详细研究能源体制机制的具体革命内容，并据此提出明确市场化方向，加强政府对环境的外部性管制，健全国家能源安全储备、预警与应急系统等方面的具体建议。结合国内外能源体制机制革命的借鉴研究和思考，提出相应的改革思路和对策。

最后，提出支撑和保障中国能源生产与消费革命的综合建议。

目 录

第一章 推动能源生产消费革命支撑与保障的背景与必要性	1
一、世界能源生产与消费支撑保障的现状与新趋势	1
二、中国能源生产与消费支撑保障面临的形势与挑战	5
三、推动中国能源生产消费革命支撑与保障的必要性	11
四、中国能源生产消费革命支撑与保障的定义和内涵	11
第二章 中国能源革命支撑与保障的总体战略	12
一、中国能源革命支撑与保障的方向	12
二、中国能源革命支撑与保障的具体目标及步骤	18
三、中国能源革命支撑与保障的战略重点任务	24
第三章 煤分级转化与多级利用的支撑与保障	32
一、煤分级转化与多级利用	32
二、中国煤分级转化与多级利用面临的挑战与主要任务	52
三、中国煤分级转化与多级利用的综合建议	62
第四章 污染物综合脱除与资源化回收的支撑与保障	65
一、污染物综合脱除与资源化回收的背景	65
二、污染物综合脱除与资源化回收的方向和途径	73
三、污染物综合脱除与资源化回收的战略定位、发展目标及布局	81
四、污染物综合脱除与资源化回收的综合建议	85
第五章 推动海上油气资源开发和海洋能利用革命的支撑与保障	87
一、中国海洋油气资源勘探开发形势	87
二、加快南海深水油气资源勘探开发的战略	102
三、推动海上天然气水合物开发的战略	104
四、当前中国海上天然气水合物勘探开发科技攻关重点	111
五、中国海上天然气水合物开发中长期发展规划	112
六、推动中国海上天然气水合物开发的建议	112
七、加大海洋能综合利用的战略	113

第六章 油气供给革命的支撑与保障	132
一、概要叙述	132
二、油气在中国能源利用中的历史使命	136
三、油气供给革命的资源保障与输送支撑	157
四、油气消费革命的定位与发展方向	177
五、油气供给与消费革命的综合保障建议	189
第七章 核能革命性发展与利用的支撑与保障	203
一、世界核能发展概况及核能革命性发展与利用的前景分析	203
二、中国核能革命性发展与利用的支撑体系现状及存在的问题	218
三、以平台经济理念和 PPP 模式推进中国核能体制革命	226
四、重点工作安排	231
五、推进核能革命性发展与利用的政策法规和保障措施	241
第八章 智慧能源网及其支撑与保障	245
一、智慧能源网的内涵和协调发展作用	245
二、智慧能源网的保障和支撑作用	250
三、关于实现智慧能源网的保障和支撑作用的综合建议	254
第九章 重点耗能产业结构调整及工艺革新的支撑与保障	256
一、重点耗能产业结构调整及工艺革新的背景	256
二、重点耗能产业结构调整及工艺革新的方向和途径	262
三、重点耗能产业结构调整及工艺革新的战略定位和目标	266
四、重点耗能产业结构调整及工艺革新的综合建议	270
第十章 新能源与可再生能源的支撑与保障	274
一、太阳能的支撑与保障	274
二、风能的支撑与保障	278
三、生物质能的支撑与保障	285
四、生物质制气和微藻能源	295
五、先进储能技术发展及标准体系构建	298
六、氢能的支撑与保障	303
七、本章小结	310
第十一章 能源生产消费革命的法律政策支持与保障	314
一、中国能源法律政策体系发展概况	314
二、煤炭法律政策支持与保障	315
三、石油天然气法律政策支持与保障	320
四、电力法律政策支持与保障	323

五、原子能法律政策支持与保障	326
六、可再生能源法律政策支持与保障	328
七、中国节约能源法律政策支持与保障	335
八、完善中国能源法律政策的综合建议	338
第十二章 能源生产消费革命的体制机制支撑与保障	341
一、能源体制机制是支撑能源革命的重要保障	341
二、现行能源体制机制存在的问题和成因	341
三、能源体制机制的具体革命内容	343
四、能源体制机制革命的具体建议	343
第十三章 能源生产消费革命的支撑与保障总体建议	354
一、以生态文明建设理论与实践推动能源生产消费革命	354
二、推动能源生产和消费方式革命应努力实现的转变与着力点	356
三、推动能源生产与消费各技术领域的分类建议	358
参考文献	370

第一章 推动能源生产消费革命支撑与保障的背景与必要性

一、世界能源生产与消费支撑保障的现状与新趋势

国际能源领域正处在大调整、大变革时期。一方面，能源技术推动的绿色转型步伐加快，能源技术将成为引领新一轮产业革命的带头性领域；另一方面，全球能源市场和地缘政治正在发生深刻变化。

（一）世界各主要国家和地区能源生产与消费支撑保障现状

当前，以气候变化为代表的全球生态安全问题日益凸显，自工业革命以来发达国家和地区无节制地消耗化石能源不仅使全球面临矿产资源日趋枯竭、生态环境日趋恶化的严重局面，而且上百年来积累的二氧化碳（CO₂）排放导致了全球气候变暖，极端气候事件增多增强，给自然生态和人类社会带来越来越显著的负面影响，危及人类的生存和发展。

面对世界范围内的资源和环境制约，很多国家都把节能和提高能效提到首要战略地位。另外，各国都致力于能源结构的低碳化，确立了未来大比例的可再生能源的战略目标，努力构建以可再生能源为主体的可持续能源体系。通过高强度节能和大比例发展可再生能源，以有效减少化石能源消费和CO₂的排放，从而实现经济社会发展的低碳转型，进而实现人与自然的和谐、经济社会与资源环境的协调和可持续发展。

全球低碳发展的潮流和新的能源体系革命将引发世界范围内经济社会发展方式的根本变革，先进能源技术和节能技术则成为世界科技发展的前沿及技术竞争的热点领域，先进技术创新能力和低碳发展方式将成为一个国家的核心竞争力，甚至决定其在新的国际经济社会变革潮流中的兴衰和沉浮。

1. 美国的能源支撑保障以“能源独立”为核心

作为能源生产和消费大国，能源安全对美国的经济繁荣和国家安全具有重大