

“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

世界能源版图变化与 能源生产消费革命

张玉卓 等/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

世界能源版图变化与 能源生产消费革命

张玉卓 等 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

世界能源格局正在发生重大调整,对中国能源发展战略将产生深远影响。本书通过分析当今世界能源发展面临的挑战,剖析了世界能源未来发展的趋势,并详尽介绍了世界上八个具有重要影响的能源生产和消费经济体(美国、澳大利亚、欧盟、日本、俄罗斯、印度、巴西、南非)的能源现状、能源发展历程和当前采取的能源发展战略。在分析挑战、剖析趋势和横向对比的基础上,提出世界能源版图变化对中国能源生产和消费的影响与启示。本书采用文献分析、国外调研、数据统计分析、案例研究等多种研究手段,具有数据丰富、代表性强、视野广阔等特点。

本书适合于从事能源行业教学的研究人员、企业管理人员和政府相关管理人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

世界能源版图变化与能源生产消费革命 / 张玉卓等著. —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 978-7-03-052398-3

I. ①世… II. ①张… III. ①能源-研究②能源经济-研究-中国
IV. ①TK01②F426.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 065547 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: 11 1/2

字数: 172 000

定价: 72.00 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 |

课题二 世界能源版图变化与能源生产消费革命

编委会成员名单

顾问

彭苏萍	中国矿业大学（北京）	院士
周守为	中国海洋石油总公司	院士

组长

张玉卓	神华集团有限责任公司	院士、董事长
-----	------------	--------

副组长

顾大钊	神华集团有限责任公司	院士
俞珠峰	神华科学技术研究院	研究员
李全生	神华集团有限责任公司	教授级高工

成员

张 军	神华科学技术研究院	高级工程师
孙 义	神华科学技术研究院	高级工程师
宁成浩	神华科学技术研究院	高级工程师
周宏春	国务院发展研究中心	研究员
张有生	国家发改委能源研究所	研究员
吴立新	煤炭科学研究总院	研究员
袁 明	神华集团有限责任公司	教授级高工
曹志国	神华集团有限责任公司	高级工程师
王 强	神华科学技术研究院	工程师
罗 腾	神华科学技术研究院	工程师

丛书序一

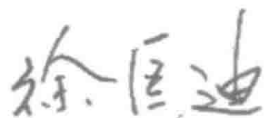
能源是国家经济社会发展的基石。能源问题是关乎国家繁荣、人民富裕、社会和谐的重大议题。当前世界能源形势复杂多变，新的能源技术正在加速孕育、新的能源版图正在加速调整、新的能源格局正在逐步形成。国内生态环境约束日益加强，供给侧结构性改革推进正酣，构建前瞻性的能源战略体系和可持续的现代能源系统迫在眉睫。习近平总书记在中央财经领导小组第六次会议上提出了推动能源生产和消费革命的战略要求，为我国制定中长期能源战略、规划现代能源体系、推进“一带一路”能源合作、保障国家能源安全等明确了方向。

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!

Handwritten signature in black ink, reading '徐匡迪' (Xu Yundi).

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 and 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、思路和战略重点,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和重点内容，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

党的十八大报告明确提出“推动能源生产和消费革命，控制能源消费总量，加强节能降耗，支持节能低碳产业和新能源、可再生能源发展，确保国家能源安全”的能源发展战略部署。2014年6月13日，中共中央总书记、国家主席习近平主持召开中央财经领导小组第六次会议，研究我国能源安全战略，强调面对能源供需格局新变化、国际能源发展新趋势，保障国家能源安全，必须推动能源生产和消费革命。

当前，世界能源战略格局面临新调整、能源结构面临新变化，国内经济和能源发展也将处于新常态。在这样的背景下，2013年5月20日，中国工程院启动了“推进能源生产和消费革命战略研究”重大咨询项目，重点从生态文明建设、世界能源版图变化、第三次工业革命三个方面厘清我国能源发展的内外部环境 and 条件，为能源生产革命、能源消费革命以及相关政策和保障措施的研究提供支撑。

“世界能源版图变化与能源生产消费革命”属于项目第二课题，课题研究内容包括全球能源结构、格局变化趋势分析，发达国家和地区能源战略变化，金砖国家能源战略变化，全球三大挑战与能源版图变化和中国的能源安全。中国的能源生产消费离不开能源全球化背景，课题研究在分析全球能源结构、格局演变和主要能源生产消费国家能源战略变化的基础上，阐明这种演变对中国能源生产消费革命的影响和启示。

目 录

绪论	1
第一节 世界能源发展面临的挑战	1
第二节 世界能源发展的总体趋势	2
第三节 对中国能源革命的启示	5
第一章 全球能源发展面临挑战	8
第一节 世界能源稳定供应面临巨大挑战	9
第二节 能源开发利用带来的生态环境挑战	18
第三节 全球气候变化带来的能源发展挑战	22
第二章 世界能源版图变化及趋势	25
第一节 世界能源结构向低碳无碳演变	25
第二节 世界能源供求格局发生重大调整	29
第三节 能源价格持续震荡成为常态	33
第四节 国际能源地缘政治发生深刻变化	35
第五节 美国能源独立影响深远	39
第六节 气候变化正成为能源发展的刚性约束	41
第七节 新一轮能源变革正在孕育之中	43
第三章 主要国家和地区的能源发展与战略调整	49
第一节 美国能源独立战略已见成效	49
第二节 澳大利亚努力增加能源出口	64
第三节 欧盟大力推进低碳能源发展	72
第四节 日本重视提高能源效率和能源科技水平	89
第五节 俄罗斯能源战略东移并加速进入亚太市场	101
第六节 印度力求能源供给安全并加大国内开发力度	110
第七节 巴西追求能源多样化并在生物质能源方面持续保持领先	119
第八节 南非立足煤基能源并逐步重视非煤产业发展	130

第四章 对中国能源生产和消费的影响	136
第一节 对中国能源生产和消费的总体影响	136
第二节 世界能源版图变化影响中国能源战略抉择	137
第三节 对中国能源生产革命将产生深远影响	140
第四节 迫切需要中国形成可持续的能源消费模式	146
第五节 “倒逼”中国发展方式向绿色低碳转型	148
第六节 迫切需要中国推进能源管理和制度创新	154
第五章 对中国能源生产和消费革命的启示	159
第一节 现实能情是推动能源生产和消费革命的基础	159
第二节 战略优先是推动能源生产和消费革命的先导	160
第三节 绿色低碳是推动能源生产和消费革命的方向	160
第四节 新型能源系统是推动能源生产和消费革命的核心	161
第五节 科技创新是推动能源生产和消费革命的支撑	162
第六节 合理政策制度安排是推动能源生产和消费革命的保障	163
第七节 加强国际合作是推动能源生产和消费革命的重要助力	164

绪 论

随着全球经济一体化发展及相关因素影响，世界能源格局正在发生重大调整。中国是世界能源贸易的重要参与者，世界能源版图的变化对中国经济社会发展、能源供应安全等都将产生深远的影响。在此背景下，中国提出了推动能源生产和消费革命战略，以保障中国能源安全和产业转型升级。本书通过分析当今世界能源发展面临的挑战，剖析了世界能源未来发展的趋势，提出了对中国能源生产和消费革命的若干启示，为进一步研究和制定能源战略提供支撑。

第一节 世界能源发展面临的挑战

能源为消除贫困、改善民生、推动社会进步发挥了重要的基石作用，随着世界政治、经济形势的复杂变化，全球能源发展正面临着越来越严峻的挑战。

（一）世界能源持续稳定供应面临巨大挑战

世界能源需求继续保持快速增加，世界能源可持续供应压力增大。随着新兴国家的经济社会发展和城镇化水平的提高，人均能耗将会大幅增加。在世界人口和人均能耗持续增长的双重推动下，世界能源需求将持续增加，预计到 2040 年，化石能源在世界能源需求结构中的比例仍将超过 70%。随着石油、天然气、煤炭消费量的大幅增加，化石能源储采比将会下降，长远来看，全球化石能源资源储量难以为继。同时，化石能源的分布不均进一步加剧了世界能源公平供应的压力。

（二）能源开发利用带来的生态环境挑战

大规模化石能源开发利用带来的生态环境挑战主要体现在对大气环境影响严重、对水资源环境破坏加剧、对生态系统影响增大等方面。化石能源利用容易导致土壤和河流酸化，建筑、古迹侵蚀，对陆地、河流和海洋生态系统以及臭氧层影响较大，且容易诱发大面积雾霾天气，威胁人类健康。能源开发利用带来水资源大量消耗和污染问题，如煤炭利用的废水排放、油气开采的海洋和地下水污染等。

（三）全球气候变化带来的碳减排挑战

全球气候变化已经严重影响人民的生产生活。大量温室气体排放引发了全球气候变化系列问题，如近几十年频发的厄尔尼诺现象和拉尼娜现象等。全球变暖升温不超过 2°C （相对于工业化革命前期）成为当前国际社会共识目标；然而据 IEA（International Energy Agency，即国际能源署）预测，到 2040 年与能源相关的 CO_2 排放仍将上升 20%，世界平均气温上升 3.6°C ，人类的生存和发展环境面临严峻挑战，实现温室气体排放控制目标存在巨大压力。

第二节 世界能源发展的总体趋势

针对世界能源发展面临的诸多严峻挑战，变革传统能源开发利用方式、推动能源新技术应用、构建新型能源体系成为世界能源发展方向。主要大国也都加强了自身能源战略调整，希望在新一轮世界能源变革中获得发展主动权。总体来说，世界能源发展呈现出以下主要趋势。

（一）能源结构向低碳化演变

世界一次能源结构一直处于高碳化石能源向低碳化石能源转变的进程中，同时，从化石能源内部结构来看，以天然气利用比重提高为特征的能源低碳化发展趋势明显。

新能源和可再生能源成为世界能源结构低碳演变的重要方向。

1974~2014年,在世界终端能源消费中非化石能源比重增加7个百分点。预计到2035年,新能源和可再生能源将提供世界近一半的电力需求,在一次能源消费结构中的比重也将提高到25%左右,电力将成为终端能源消费的主体。随着能源新技术革命的深入推进,特别是电动汽车、电热技术、储能技术的不断突破,世界终端用能电气化程度将进一步提高。

(二) 能源供需格局逆向调整

世界能源消费重心逐步向亚太地区转移。2014年,亚太地区能源消费达53.3亿吨标准油,占世界能源消费总量的41.3%,较1974年提高25.5个百分点,较1994年提高15.8个百分点。世界能源消费格局已经从发达国家主导转变为发达国家与发展中国家共同主导。

国际油气供应重心显著西移。中东和俄罗斯是世界油气的主要供应地区,过去30多年间,这两个地区石油产量占世界石油总产量长期保持在40%~45%。目前,世界常规油气产量正逐步达到峰值,非常规油气受到重视,2014年,美国非常规油气产量超过其国内总产量的1/3。受非常规油气加速发展的影响,世界油气供应格局逐步演变为中东、俄罗斯和美洲地区共同主导的“三级”格局,供应中心显著西移。

(三) 能源价格持续震荡成为常态

开采成本提高对世界能源价格总体趋升具有推动作用,技术进步有利于降低能源价格,加之石油金融属性增强,这些因素共同作用将加剧全球能源价格波动。随着石油开采逐步走向深海、极地,以及重油、油砂资源的勘探开发,开采成本将继续增加,进而推动石油价格总体趋升。目前,全球原油期货交易量超过实际贸易量的400倍,石油金融属性越发凸显,加剧了能源价格波动的放大效应。

近年全球油气供需宽松,价格维持在低位运行。受世界经济复苏缓慢的影响,全球油气需求增长乏力。当前,世界石油呈现供大于求的总体态势,且仍将维持一段时期,世界石油市场由过去的“买方”