

“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

第三次工业革命与 能源生产消费革命

何继善 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

第三次工业革命与 能源生产消费革命

何继善 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

能源是人类社会进步、发展的重要物质基础,也是制约我国经济持续健康发展的重要因素。本书围绕当前正在发生的,以信息技术、新材料技术、新能源技术等重大科技创新为先导的第三次工业革命,以及由第三次工业革命带动的能源系统中正在兴起的可再生能源、智能电网、分布式能源等革命性变化,系统阐述了第三次工业革命及其对经济社会发展和对我国能源生产与消费的影响,在此基础上,提出了推动我国能源生产与消费革命的战略构想,并对四个方面的重点工程进行了分析,最后提出了推动我国能源生产与消费革命的政策建议。

本书可供从事能源生产与消费管理工作读者阅读,也可作为对能源生产与消费管理相关问题研究感兴趣的高校教师、研究生、科研人员及相关机构的决策者和工作者的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

第三次工业革命与能源生产消费革命/何继善等著. —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 978-7-03-052402-7

I. ①第… II. ①何… III. ①产业革命—研究②能源经济—研究—中国 IV. ①F419②F426.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第065399号

责任编辑:马 跃 李 莉/责任校对:刘亚琦

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:7 1/2

字数:120 000

定价:68.00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 |

课题三 第三次工业革命与能源生产消费革命

编委会成员名单

顾问

谢克昌	中国工程院	原副院长、院士
-----	-------	---------

组长

何继善	中南大学	院士
-----	------	----

副组长

杨善林	合肥工业大学	院士
-----	--------	----

成员（按姓氏笔画排序）

王安	中国国际工程咨询公司	院士
王守相	天津大学	教授
王乾坤	武汉理工大学	教授
甘中学	新奥集团	教授
杨奇逊	华北电力大学	院士
李晓红	武汉大学	院士
余贻鑫	天津大学	院士
张少雄	中南大学	教授
焦建玲	合肥工业大学	教授

本书是根据谢克昌院士主持的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”第一期的第三课题研究报告修改而成。参加本课题研究的有：何继善、杨奇逊、李晓红、杨善林、余贻鑫、王安、王乾坤、甘中学、焦建玲、王守相、鲁贵卿等，特此说明。

丛书序一

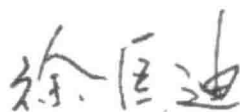
能源是国家经济社会发展的基石。能源问题是关乎国家繁荣、人民富裕、社会和谐的重大议题。当前世界能源形势复杂多变，新的能源技术正在加速孕育、新的能源版图正在加速调整、新的能源格局正在逐步形成。国内生态环境约束日益加强，供给侧结构性改革推进正酣，构建前瞻性的能源战略体系和可持续的现代能源系统迫在眉睫。习近平总书记在中央财经领导小组第六次会议上提出了推动能源生产和消费革命的战略要求，为我国制定中长期能源战略、规划现代能源体系、推进“一带一路”能源合作、保障国家能源安全等明确了方向。

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！

A 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

第三次工业革命是以信息技术、新材料技术、新能源技术等重大技术创新的科技革命为先导，由第二次工业革命以来逐步形成的资源和环境压力不断加大、经济和社会发展越来越不平衡以及人类对物质生活和精神生活的需求日益提高而引发的又一次生产方式的重大变革。

第三次工业革命的核心是：以信息技术、新材料技术、新能源技术和生物技术等诸多领域的技术革命为先导，以数字化制造、互联网、新材料、新能源和空间技术、海洋技术的广泛应用以及基于新兴信息技术的商业模式创新为主要标志，实现新技术与新能源的融合。它将极大地延伸人类智慧，拓展人类的活动范围，促进人类生产方式、生活方式和思维方式的重大变革。

第三次工业革命的发展呈现能源结构多元互补且更青睐新能源的状态，能源生产方式呈现个性、分散、合作的趋势，能源生产技术呈现智能化的态势，能源消费呈现节约化的走势，组织管理模式呈现扁平化的倾向。

第三次工业革命将进一步加快我国经济对外开放的步伐，逐步培育我国面向全球竞争的新优势，完善我国开放型经济体系的建设。

第三次工业革命将促进我国生产力水平的显著提高，使物质文明达到一个新高度，同时将促进我国人民更加注重人与自然、社会的和谐发展。

在第三次工业革命的推动下，美国、欧盟、日本、俄罗斯等发达国家和地区的能源战略正发生新的变化。美国能源战略由供给多样化向清洁能源战略转变；欧盟则致力于创建欧洲共同市场为基础的可再生能源发展战略；日本能源战略在经历了核能立国后向多元可再生能源战略转变；俄罗斯能源外交重心转移，通过不断调整能源外交战略谋取地缘经

济和地缘政治利益。

第三次工业革命将对制约我国当前经济社会发展的能源生产和消费产生革命性的影响。

化石能源开发利用的技术水平将稳步提升,推动我国化石能源开发利用朝着海洋油气资源和非常规油气资源方向发展,提高我国能源供应能力;清洁高效的能源利用技术不仅极大地缓解化石能源燃烧造成的环境压力,还将赋予化石能源新的竞争力。

非化石能源的发展将逐步改变以往大规模、集中式的能源生产模式,可再生能源的发展将促进分布式能源系统的发展。分布式能源系统通过直接分布在需求侧的小型化、微型化的用户能源综合利用设备,不仅实现资源的充分利用,而且避免了远距离运输中的大量损耗,提高能源利用效率。

智能电网的发展将全面提升能源系统对可再生能源发电的协调能力,促进清洁能源对化石能源的替代。智能电网的发展还可以在更大范围内实现能源资源的优化配置,提高能源资源的输送经济性。

智能制造技术的发展将催生一批新兴产业,为工业终端、智能建筑、智能交通的发展提供先进的智能设备,同时促进以客户为中心的服务型制造模式的发展。

通过赋予建筑物智慧和控制功能,智能建筑朝着强调高效率、低能耗、低污染,在实现以人为本的前提下达到有效调配、管理和控制资源、节约能源、保护环境和实现可持续发展的目标发展。通过促进分布式能源系统与建筑的优化整合,建筑成为分布式能源系统中能源生产环节的有效载体,进而彻底改变传统建筑作为单纯能源消耗体的地位和作用。

第三次工业革命将推动交通运输工具变革,进而推动能源系统变革。智能交通的发展通过改善交通状况,提高交通领域的节能减排效果,并与交通运输工具变革共同作用,优化交通领域能源消费结构。

推动我国能源生产与消费革命的总体思路:深入贯彻落实科学发展观,积极参与和引领第三次工业革命,以技术创新为动力,推动我国能源生产和消费革命,为我国经济社会发展提供安全、高效、清洁、可持续的能源供给,保障国家对能源的长期需求,推动我国由能源大国、科

技大国向能源强国、科技强国转变。我国未来 5~10 年的战略目标是：在油气、煤炭、水电、核能等领域分别形成 2~3 家具有国际影响力和世界一流技术水平的大型跨国企业；在风力发电、光伏、生物质能利用、地热利用等新能源领域，分别形成 1~2 家在国际竞争中占据明显优势的大型企业；在非常规能源勘探，新能源的开发、存储、传输和利用等领域实现技术突破，2020 年可再生能源利用比重提高到 15%，实现智能制造、智能楼宇和智能交通等先进技术的突破和推广，提高能源利用效率。建议我国政府实行推进能源企业的国际化经营、加大新能源技术的研发与利用力度、加快推进智能电网的建设与应用、开展能源生产与消费的分布式系统建设、推动能源消费终端节能技术的研发和应用、推动社会消费模式的绿色变革等战略。

未来的能源网络将包括电力、燃气、水力、热力、储能等多种能源组成的综合网络，依靠智能电网有效地解决资源调峰和配置问题。智能电网将作为未来能源体系的一部分发挥重要作用，甚至将会成为未来能源系统的核心。

在构建未来能源体系过程中，智能电网将承担国家主干能源网络的供应和调配，作为实现未来能源体系的一种区域型、智能化的分布式能源网络——泛能网和微电网将主要承担区域能源供应，如社区、园区、城市综合体、城区等。泛能网和微电网将是智能电网在区域和终端智能用能的有效补充，在区域内促进气体能源与可再生能源的融合，推动集中式供电、气与分布式能源的结合。

智能化、绿色化建筑的融合发展将彻底改变建筑在能源系统中的地位和作用，从耗能终端转变为产能与耗能的融合体，担当智能电网功能实现载体和分布式能源系统交互平台的重要角色。

有计划、分阶段开展相关示范和重点工程建设，对保障我国能源安全、缓解环境压力、实现经济—资源—环境协调可持续发展具有重大的经济价值和显著的社会价值。

为抓住机遇推动我国能源生产消费革命，我国政府必须高瞻远瞩，提早规划和部署，从能源生产和消费的价格机制、财税政策、企业国际化经营、能源国际合作等方面进行规划，为能源生产和消费革命的实现

提供必要的保障。

在能源价格机制改革方面，我国应建立完善的能源市场监管制度，构建适度竞争的能源市场环境，通过组建专业性能源监管机构，择时分层推进能源价格改革。在财税政策方面，建议我国继续推进资源税改革，通过设立财政专项资金、分阶段开征环境税等方式完善我国新能源财税体系。在国际化经营方面，我国应尽快完善海外投资立法，并注重以引进与自我培养相结合方式打造国际化经营人才队伍。在国际能源合作方面，我国应积极参与并引导国际能源市场新秩序的建立，不断拓宽国际能源合作领域，并把国际能源合作提高到外交层面，强化国际能源合作。

目 录

第一章 第三次工业革命及其对经济社会发展的影响	1
一、第三次工业革命本质、核心及发展趋势	1
二、第三次工业革命对经济社会发展的影响	3
三、第三次工业革命对主要国家和地区能源战略的影响	8
第二章 第三次工业革命对中国能源生产消费的影响	19
一、化石能源供应呈现新的增长点和竞争力	19
二、非化石能源的发展将促进能源生产的多元化结构逐步升级	23
三、智能电网的发展将提高能源有序配置能力	26
四、智能制造技术的发展为工业能源消费提供新的节能空间	29
五、智能建筑的发展将进一步降低建筑物运行能耗	32
六、智能交通的发展将改变交通运输工具的耗能结构	35
第三章 推动中国能源生产消费革命的战略构想	38
一、推动中国能源生产消费革命的环境分析	38
二、推动中国能源生产消费革命的战略目标	42
三、推动中国能源生产消费革命的战略选择	42
四、推动中国能源生产消费革命的重点任务	45
第四章 推动中国能源生产消费革命的重点工程	52
一、智能电网	52
二、泛能网	58
三、分布式发电与微电网	67
四、智能建筑	73
第五章 推动中国能源生产消费革命的政策建议	83
一、推动中国能源生产消费革命的价格政策	83