

“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
(第二辑)

丛书主编 谢克昌

中国农村能源革命与 分布式低碳能源发展战略研究

杜祥琬 刘晓龙 黄群星 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

(第二辑)

丛书主编 谢克昌

中国农村能源革命与 分布式低碳能源发展战略研究

杜祥琬 刘晓龙 黄群星 等 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是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”(二期)下设的第一课题“中国农村能源革命与分布式低碳能源发展”的研究成果。本书系统梳理了我国农村能源发展的现状和问题;归纳了发达国家和地区农村能源革命的经验与做法及对我国的启示;提出了我国农村能源革命的三大对象、革命的方向及战略方针;科学规划了我国农村能源革命的发展路径,同时提出了各阶段战略目标,并给出了相关政策建议。本书还对河南省农村能源发展进行了案例剖析。

本书可供从事农村能源革命管理的各级政府部门工作者、关心农村能源革命的科研工作者,以及相关专业的研究生和本科生参考使用,也适合大中型图书馆收藏。

图书在版编目(CIP)数据

中国农村能源革命与分布式低碳能源发展战略研究 / 杜祥琬等著. —北京: 科学出版社, 2019.2

(推动能源生产和消费革命战略研究系列丛书 / 谢克昌主编. 第二辑)

“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 978-7-03-060409-5

I. ①中… II. ①杜… III. ①农村能源-能源发展-研究-中国 IV. ①F323.214

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 008927 号

责任编辑: 李 莉 / 责任校对: 蒋 萍
责任印制: 霍 兵 / 封面设计: 正典设计

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>

北京画中画印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019 年 2 月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2019 年 2 月第一次印刷 印张: 10 3/4

字数: 192 000

定价: 98.00 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

(第二辑)

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	中国工程院主席团名誉主席、原院长、院士

项目负责人

谢克昌	中国工程院	原副院长、院士
彭苏萍	中国工程院	院士

课题负责人

第1课题	中国农村能源革命与分布式低碳能源发展	杜祥琬
第2课题	农村能源技术领域的若干重大问题分析	倪维斗
第3课题	农村能源供给绿色化及用能清洁化与便利化	陈勇
第4课题	西部地区油气发展战略研究	赵文智
第5课题	西部煤炭资源清洁高效利用发展战略研究	彭苏萍
第6课题	西部清洁能源发展战略	黄其励、倪维斗
第7课题	“一带一路”能源合作与西部能源大通道建设	黄维和
第8课题	中国农村、西部与“一带一路”能源生产与消费知识系统建设	谢克昌
综合课题	农村能源革命和西部能源发展战略思路与举措	谢克昌

中国农村能源革命与分布式低碳能源发展 战略研究 编委会成员名单

杜祥琬	中国工程院	原副院长、院士，课题组长
严建华	浙江大学	副校长、教授
倪明江	浙江大学	原常务副校长、教授
任文杰	河南省发展和改革委员会	原副巡视员
雷廷宙	河南省科学院	副院长、研究员
王久臣	中国农村能源行业协会	常务副会长兼秘书长
高 虎	国家发展和改革委员会能源研究所	研究员
韩洪云	浙江大学	教授
赵立欣	农业农村部规划设计研究院	副院长、研究员
李景明	农业农村部农业生态与资源保护总站	处长、研究员
呼和涛力	常州大学	研究员
黄群星	浙江大学	教授
王志伟	河南省科学院	研究员
王正元	中国农村能源行业协会	副会长兼常务副秘书长
姚宗路	农业农村部规划设计研究院	副所长、研究员
丛宏斌	农业农村部规划设计研究院	高级工程师
刘晓龙	中国工程院战略咨询中心	副处长，执笔组组长
葛 琴	中国工程院战略咨询中心	工程师
姜玲玲	中国工程院战略咨询中心	工程师
江 媛	中国工程院战略咨询中心	高级经济师
崔磊磊	中国工程物理研究院	工程师
刘 坚	国家发展和改革委员会能源研究所	助理研究员
雷岩鹏	国家发展和改革委员会能源研究所	助理研究员
窦克军	国家可再生能源中心	高工
李学琴	河南省科学院	助理研究员
陈高峰	河南省科学院	助理研究员
肖明松	中国农村能源行业协会生物质能转换技术专业委员会	秘书长

张晓黎	中国农村能源行业协会太阳能热利用专业委员会	主任、研究员
贾铁鹰	中国农村能源行业协会太阳能热利用专业委员会	秘书长
郝方洲	中国农村能源行业协会节能炉具专业委员会	主任、研究员
贾振航	中国农村能源行业协会节能炉具专业委员会	秘书长、研究员
李安定	中国农村能源行业协会分布式电源专业委员会	主任、研究员
俞妙根	中国农村能源行业协会分布式电源专业委员会	秘书长
陈晓夫	农村能源行业标准化技术委员会	秘书长
胡斌航	浙江大学	博士研究生
吴 枢	浙江大学	博士研究生
胡 帮	浙江大学	硕士研究生

课题报告执笔组

刘晓龙	中国工程院战略咨询中心	副处长，执笔组组长
黄群星	浙江大学	教授，执笔组副组长
高 虎	国家发展和改革委员会能源研究所	研究员
呼和涛力	常州大学	研究员
王志伟	河南省科学院	研究员
丛宏斌	农业农村部规划设计研究院	高级工程师
刘 坚	国家发展和改革委员会能源研究所	助理研究员
葛 琴	中国工程院战略咨询中心	工程师
姜玲玲	中国工程院战略咨询中心	工程师
江 媛	中国工程院战略咨询中心	高级经济师
李学琴	河南省科学院	助理研究员
陈高峰	河南省科学院	助理研究员
胡斌航	浙江大学	博士研究生
吴 枢	浙江大学	博士研究生
胡 帮	浙江大学	硕士研究生

课题办公室

刘晓龙	中国工程院战略咨询中心	副处长
葛 琴	中国工程院战略咨询中心	工程师
姜玲玲	中国工程院战略咨询中心	工程师
崔磊磊	中国工程物理研究院	工程师

序 一

能源是国家经济社会发展的重要基础，事关我国现代化建设的全局。2014 年以来习近平总书记关于推动能源生产与消费革命的一系列指示和要求，为我国能源发展指明了方向。农村是我国全面建成小康社会任务最艰巨最繁重的地区，农村能源革命直接关系全国能源生产与消费革命的成败，西部地区在我国经济社会发展和能源生产与消费方面处于特殊地位，本身也面临不少突出的矛盾和问题，推动西部地区和农村地区的能源生产与消费革命具有重要意义。

为积极推进我国农村和西部地区能源生产与消费革命，中国工程院在 2013 年启动、2015 年完成“推动能源生产和消费革命战略研究”（一期）重大咨询项目后，及时将农村能源革命与西部能源发展作为第二期重大项目开展后续研究。研究工作紧紧立足我国农村地区和西部地区的发展实际，全面贯彻近几年来关于农村发展、区域发展、“一带一路”能源合作等一系列最新政策，充分利用先期取得的成果和结论，围绕农村和西部地区能源生产与消费革命，认真分析突出的矛盾和问题，从多个方面开展针对性研究，努力化解特殊矛盾，解决各种具体问题，基本形成农村地区和西部地区推进能源生产与消费革命的总体思路，提出一系列重大举措。本丛书是第二期项目研究的最终成果，对指导农村地区和西部地区能源生产与消费革命具有积极意义，可供有关领导和部门参考。

参与第二期项目的各位院士和专家，有不少参与过第一期项目，也有许多是第二期项目研究过程中才加入的，大家高度负责、发挥优势、精诚协作，为完成项目研究任务做出了积极的贡献。

推动能源生产与消费革命任重道远。党的十九大明确开启全面建设社会主义现代化国家新征程，提出我国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段，这为推动能源生产与消费革命提出了新的要求。中国工程院作为

国家高端智库，将在第一期和第二期研究工作的基础上，进一步结合新的形势和要求继续开展相关研究，力争为党中央和政府部门进行科学决策提供强有力的支撑。

徐国迪

2018年11月17日

序 二

能源是经济社会发展的动力来源，更是人类社会赖以生存的物质基础。当今世界，自 18 世纪西方的工业革命以来，化石能源一直是人类的主体能源。化石能源的大量使用，带来生态、环境和气候等领域的一系列问题，主动应对挑战，加快能源转型，实现清洁低碳发展已成为世界范围内的自觉行为和基本共识。面对由页岩油气引发的能源供需格局新变化、国际能源发展新趋势，我国必须加快推进能源生产和消费革命，保障国家能源安全。

新时代提出新要求，实施“一带一路”建设、京津冀协同发展战略、长江经济带发展战略，推进新型城镇化，实施乡村振兴战略，建设美丽中国、美丽乡村，为推进能源革命构筑广阔舞台。其中，能源合作是“一带一路”建设的重要支点，而西部地区又是我国能源国际合作的重要战略通道承载地和桥头堡。在确保经济有效和安全的能源转型过程中，不仅在国家之间，而且在富裕和贫困地区之间都应坚持公平和可持续发展的原则，我国要“全面建成小康社会最艰巨最繁重的任务在农村，特别是在贫困地区”^①。而农村能源作为我国能源的重要组成部分，是实现农村全面小康的物质基础，推进农村能源革命，实现能源供应清洁化、便利化是建设美丽乡村的必然要求，农村能源革命的成败也直接关系到全国能源革命的成败。

为更好地服务“一带一路”建设和推进能源革命战略，必须结合我国能源开发利用总体战略布局，立足我国西部能源资源丰富、种类齐全但开发利用不合理、环境脆弱、经济落后，特别是农村能源结构不合理、消费不科学、人均用量少的实际，以习近平总书记对能源生产和消费革命的系统阐述为基本遵循，以推动农村能源革命和加速西部能源科学开发利用为重点，开展战略咨询研究，这既是破除城乡二元体制全面加速我国城镇化建设的必然要

^① <http://sc.people.com.cn/n2/2016/0118/c365889-27568771.html>。

求，也是全面建成小康社会的战略需求。

作为中国工程科学技术界的最高荣誉性、咨询性学术机构，中国工程院为及时通过战略研究支撑国家科学决策，于2013年5月启动了由谢克昌院士负责的“推动能源生产和消费革命战略研究”重大咨询项目系列研究。一期研究提出能源革命的战略思路、目标重点、技术路线图和政策建议。基于一期研究中发现的能源革命深层次问题，项目组认为要加强“一带一路”能源合作和农村能源革命的研究。因此，中国工程院于2015年10月又启动了“推动能源生产和消费革命战略研究”项目的二期工作。二期项目由中国工程院徐匡迪主席和时任院长周济院士担任顾问，下设九个课题，分别由能源领域相关专业的院士担任课题组长。来自科研院所、高等院校和大型能源企业共计300多名专家、学者参与研究及相关工作，其中院士36位。项目组力求通过该项目的研究，以“农村能源革命与西部能源发展”为研究重点，紧紧把握能源生产和消费革命及“一带一路”倡议的重要战略机遇，结合我国能源开发利用总体战略布局，进一步完善国家农村及西部能源战略，为中长期国家西部及农村能源发展规划提供切实可行的政策建议。项目研究按照“服务决策、适度超前”的原则，坚持咨询研究的战略性、时效性、可行性、独立性，历时两年半，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，最终形成一份项目综合报告和七份课题报告并出版成册。

《农村能源革命与西部能源发展战略研究（综合卷）》由中国工程院谢克昌院士领衔，在对八个课题报告进行深入总结、集中凝练和系统提高的基础上，提出新形势下要按照“供需协调、洁煤治霾，扬电引气、优化结构，创新驱动、多能互补，服务支撑、绿色高效，市场运作、政策保障”的总体原则进行农村能源革命。通过控制散煤利用推进农村煤炭消费方式变革、创新发展模式推进农村可再生能源开发利用、构建能源网络推进农村能源向清洁电力和燃气发展、强化节能环保推进农村能源综合服务体系建设和实现我国农村能源革命战略目标：2020年，基本建成适应农村全面小康社会需要的清洁、便利、安全、有效的能源供需体系；2035年，初步建成清洁、低碳、安全、高效的新型农村能源体系；2050年，建成城乡一体化、城乡平等的清洁、低碳、安全、高效的能源体系，实现能源强国的目标。关于我国西部能源和“一带一路”能源合作要遵循“生态优先、清洁高效、科学有序、常非并重、互利共赢”的原则，提出“三步走”发展战略目标，最终实现煤炭清洁高效可持续开发利用、石油稳定发展、天然气倍增发展、清洁能源科

学有序发展,将西部地区建成我国重要的煤炭、清洁能源、油气能源基地,同时,西部能源大通道要成为我国东、西部地区能源供需和“一带一路”能源合作的重要纽带,助力西部地区成为我国能源安全的重要保障。

《中国农村能源革命与分布式低碳能源发展战略研究》由杜祥琬院士牵头,主要总结发达国家农村能源发展的经验和教训,深度调研我国农村能源利用的现状、存在的问题,研究我国农村能源发展的方向、分布式低碳能源发展前景等。紧密结合我国新型城镇化和农业现代化建设的要求,提出我国农村能源革命和建设分布式低碳能源网络的政策、措施和建议。

《农村能源技术领域的若干重大问题分析》由倪维斗院士牵头,主要调查我国农村能源技术发展现状、潜力,分析农村能源革命的关键技术及产业化、规模化应用的技术路线图,提出我国农村能源发展应以可持续发展为理念。以解决“三农”问题和实现城乡一体化发展为导向,实施“农村低碳能源替代工程”。尽快全面深化政策、金融等方面的体制、机制改革,从建筑节能、生物质能源利用和多能协同利用等多个方面着手,力争早日构建因地制宜、多能互补的创新型农村能源技术体系。

《农村能源供给绿色化及用能清洁化与便利化》由陈勇院士牵头,结合我国新农村建设和新型城镇化发展,分析我国农村能源供给侧发展现状和终端用能消费现状,预测未来供给能力和消费需求,分析供给绿色化的可行性,明确农村能源未来的发展方向和目标,并提出进一步深入讨论其经济效益、管理模式、关键技术及产业化,为我国农村能源供给利用方法提供宏观决策建议。

《西部油气发展战略研究》由赵文智院士牵头,主要分析我国西部油气资源储量和开发利用现状,从西部地区剩余油气资源潜力与重点勘探方向、西部地区油气开发利用趋势与技术创新支撑体系、新疆成为国家大型油气生产加工与储备基地的可行性、西部地区油气发展战略与路线图四个方面全面分析西部地区油气资源潜力、勘探发现规律与储量增长趋势、开发利用前景。论证西部(新疆)建设国家大型油气基地以及新疆成为国家大型油气生产加工与储备基地的可行性,提出我国西部能源油气资源发展战略及其相应政策建议。

《西部煤炭资源清洁高效利用发展战略研究》由彭苏萍院士牵头,主要研究我国西部内蒙古、陕西、甘肃、宁夏、新疆五省区煤炭清洁高效利用的战略问题,调查我国西部煤炭资源储量和开发利用现状,论证西部(新疆)建设国家煤炭-煤电-煤化工基地的可行性。总结提出西部煤炭资源清

洁高效利用的战略思路和发展目标、重点任务与实施路径及措施建议。

《西部清洁能源发展战略研究》由黄其励院士和倪维斗院士牵头，主要研究新疆、青海、西藏、内蒙古和云南等西部地区的风能、太阳能（光伏、光热）、水能、地热能、生物质能等清洁能源储量和开发利用现状。在全面建成小康社会和推进“一带一路”建设背景下，分析国家对西部能源基地的战略需求，总结提出西部清洁能源发展的战略思路和关键技术需求。同时，分析未来10年将新疆、青海、甘肃等地建设成为国家重要风能和太阳能发电基地，将西藏、四川和云南等地建设成为国家重要水能发电能源基地，以及将西部地区建设成分布式利用清洁能源示范地区的可行性。

《“一带一路”能源合作与西部能源大通道建设战略研究》由黄维和院士牵头，主要研究“一带一路”能源合作基础、风险和存在的问题，提出“一带一路”未来能源合作战略；研判我国东、西部能源未来供需规模和流向，以及我国未来西部到东部能源流向总体规模。结合西部能源通道现状和存在问题分析我国油气、煤炭和电力等能源不同运输方式的经济性，首次提出我国西部综合能源大通道构建战略旨在实现“横向多能互补，纵向优化配置”的能源互联网架构。最后提出我国未来“一带一路”能源合作与西部能源大通道构建的政策建议。

“推动能源生产和消费革命战略研究系列丛书（第二辑）”是我国能源领域广大院士和专家集体智慧的结晶。一些重要研究成果已经及时上报中央和国家有关部门，并在能源规划政策中被采纳。作为项目负责人，值此丛书出版之际，对参加研究的各位院士和专家的辛勤付出深表谢意！需要说明的是，推动能源生产和消费革命是一项长期战略，目前项目组新老成员已在第一期和第二期研究成果的基础上启动第三期项目研究。希望项目研究团队继续努力，再接再厉，乘胜而为，在“推动能源生产和消费革命战略研究”（三期）中取得新业绩，以科学的咨询支撑国家能源发展的科学决策，助力我国能源经济社会的可持续发展。

中国工程院

“推动能源生产和消费革命战略研究”

系列重大咨询项目负责人

谢克昌

2018年11月

前 言

农村能源是我国能源体系的重要组成部分，是建设美丽乡村的重要物质基础。2016 年我国农村能源消费量为 6.5 亿吨标准煤，占全国能源消费总量的 15% 左右。但目前我国农村能源存在缺乏顶层设计规划、整体用能水平落后、基础设施薄弱、环境污染严重等一系列问题，急需积极推进农村能源革命。推进农村能源生产与消费革命，是优化农村用能结构、提高农村用能效率、保护农村生态环境、完善农村基础设施的重要手段，也是实施大气污染联防联控、加快发展新能源和可再生能源、推进能源服务城乡一体化的重要途径，是关系全国 6 亿多农村人口民生福祉的重大战略问题，农村能源革命成功与否直接关系到全国能源革命的成败。深入研究适应我国国情的农村能源革命路径，提出构建农村分布式低碳能源网络的模式，防范农村能源进一步高碳化的风险，增加农村地区的可再生能源供应比例，对推进新农村和美丽乡村建设、提升农村生态文明层次、实施乡村振兴战略、全面建设小康社会具有重要意义。

中国工程院于 2016 年初启动了“推动能源生产和消费革命战略研究”（二期）重大咨询项目，由第十届全国政协副主席徐匡迪院士、中国工程院前院长周济任顾问，中国工程院原副院长谢克昌院士任组长。项目下设的“中国农村能源革命与分布式低碳能源发展”课题由杜祥琬院士任组长，十多位院士、近百位专家参与研究。经过两年的深入研究和广泛调研，课题组取得了一系列重要成果，撰写完成了一份课题研究报告和一份院士建议，为国家推动农村及西部能源生产和消费革命重大战略决策提供了理论支撑。

本书首先，系统梳理了我国农村能源发展的现状和问题，并对比分析了美国、欧盟、日本及中国台湾等发达国家和地区的农村能源战略、产业、技术、模式和政策等方面的经验与教训，总结了对我国农村能源发展的启

示与借鉴,认为一是要重视顶层设计、加强部门合作;二是要引领能效变革,带动农村能源形态升级;三是要多能互补,多方共促;四是用能多样化,提高服务水准;五是不断创新,保障可持续发展。发达国家和地区的农村能源发展有很多地方值得我们借鉴思考,但考虑到我国国情和发展阶段的不同,不能简单地照搬照抄,而应该走具有中国特色的农村能源革命发展道路。

其次,提出我国农村能源革命的三大对象为散烧煤、原始形态的生物质和固体废弃物,并针对这三大革命对象,结合我国农村不同地区的气候条件、区域资源禀赋、经济发展水平及能源消费现状等区域特征,从因地制宜建设分布式低碳能源网络,特别是分布式可再生能源与储能技术、加大天然气使用比例及改造提升农村电网建设水平等方面提出了农村能源革命的方向,并进行了效益分析。总体来看,建设农村分布式低碳能源网络在经济效益方面较弱,但在环境效益和社会效益方面具备明显优势,因此综合效益显著。

再次,提出了中国农村能源革命的战略方针:战略引领,生态优先,因地制宜,多能互补,模式创新,全民参与。并科学规划了我国农村能源革命的发展路径,同时提出了各阶段战略目标。2018~2020年是示范建设期,以建立农村分布式低碳能源网络示范基地为重点,散烧煤替代率将达到75%,秸秆综合利用率达85%以上,农村固体废弃物对人居环境的不利影响和潜在风险得到有效控制;2021~2035年是全面建设期,根据十九大提出的2035年国家发展目标,将全面推广农村分布式低碳能源网络,全面建设具有区域特点的农村能源开发利用模式,散烧煤替代率将达到95%,秸秆综合利用率达到95%以上,农村能源利用水平、效率和区域环境得到根本改善;2036~2050年是可持续发展期,农村全面建成绿色、清洁、低碳的现代能源体系,保障实现农村现代化,散烧煤全面禁止,秸秆综合利用、农村固体废弃物资源化利用率均达100%,农村区域环境全面提升。

最后,对河南省农村能源发展进行了案例剖析,给出了兰考县和永城市的农村能源革命方案,并针对我国农村能源革命提出了政策建议:一是要将农村能源发展纳入国家生态文明体系建设及能源生产和消费革命战略框架,作为乡村振兴战略的有机组成部分,完善指导农村能源发展的顶层组织管理和协调体系建设,加强对农村能源建设的战略规划指导;二是要

建立城乡一体化能源供应体系，积极培育农村能源市场，创造农村能源创新应用平台，加快推动农村能源新技术试点示范，建立持续性的农村能源建设资金投入和财税价格体系；三是要加强农村能源的宣传教育，以农民为中心，调动农民广泛参与，加大农村地区人才培养力度，建设高素质从业人员队伍。

目 录

第 1 章	中国农村能源现状和问题	1
1.1	农村能源发展现状	2
1.2	农村能源面临的主要问题	20
1.3	农村能源革命的重大意义	22
第 2 章	发达国家和地区农村能源发展经验借鉴	26
2.1	美国农村能源发展经验	26
2.2	欧盟国家农村能源发展经验	37
2.3	日本和中国台湾农村能源发展经验	43
2.4	发达国家和地区农村能源发展的成功经验和不足	54
2.5	发达国家和地区农村能源发展对中国的启示	56
第 3 章	中国农村能源革命的方向——建设分布式低碳能源网络	60
3.1	中国农村能源消费和资源分布	60
3.2	中国农村能源革命的对象	68
3.3	中国农村能源革命的方向	72
3.4	农村分布式低碳能源网络建设的可行性和效益分析	81
第 4 章	中国农村能源革命的战略目标和路线图	88
4.1	中国农村能源革命的战略方针	88
4.2	中国农村能源革命的战略目标	90
4.3	中国农村能源革命的路线图	96
第 5 章	政策措施建议	100
5.1	将农村能源发展纳入国家生态文明体系建设及能源生产和消费革命战略框架	101
5.2	建立支持农村能源可持续发展的体系和模式	103
5.3	加强农村能源的宣传教育,加大农村地区人才培养力度	105
第 6 章	河南省农村能源发展案例剖析	107
6.1	河南省农村能源发展现状	107

6.2	河南省农村能源发展经验·····	119
6.3	河南省农村能源发展遇到的问题·····	125
6.4	河南省农村能源革命的思路与方案·····	127
6.5	保障措施·····	136
6.6	小结·····	138
参考文献·····		139
附录·····		143
兰考农村能源革命案例·····		143
永城市农村能源革命·····		147