

“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

农村能源供给绿色化 及用能清洁化与便利化

陈勇 袁浩然 呼和涛力 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

(第二辑)

丛书主编 谢克昌

农村能源供给绿色化 及用能清洁化与便利化

陈 勇 袁浩然 呼和涛力 等 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以“农村能源供给绿色化及用能清洁化与便利化”研究内容为核心,主要聚焦于生物质能利用技术的开发与应用,并创新性地将生物质能划分为被动型与主动型两类。被动型生物质能主要产生于农林废弃物、农副产品加工废弃物、生活垃圾及畜禽粪污等人类生产生活过程中被动排出的农村有机废弃物,其能源化的利用,不仅可以补充能源,同时还可有效解决农村环境问题,应优先发展;主动型生物质能产生于人为种植的能源作物,可作为未来的能源储备。为提高上述两类生物质能的转化效率和经济性,本书提出了生活垃圾能源化、资源化利用系统,农林废弃物能源化工系统,畜禽粪污能源化工系统,多种废弃物协同处置与多联产系统,特色农林废弃物功能材料系统,能源植物选育与种植系统等六大高新技术方向,并对这些系统逐一进行了介绍。

本书适宜有一定研究基础的研究人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

农村能源供给绿色化及用能清洁化与便利化 / 陈勇等编著. —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 978-7-03-060430-9

I. ①农… II. ①陈… III. ①农村能源-无污染能源-研究-中国
IV. ①F323.214

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 008882 号

责任编辑: 王丹妮 / 责任校对: 何艳萍

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: 11 1/4

字数: 230 000

定价: 115.00 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 |

农村能源供给绿色化及用能清洁化与便利化

编委会成员名单

组 长

陈 勇	中国科学院广州能源研究所	院士、研究员
-----	--------------	--------

副组长

袁浩然	中国科学院广州能源研究所	研究员
呼和涛力	常州大学	教授

成 员

顾 菁	中国科学院广州能源研究所	副研究员
雷廷宙	河南省科学院	研究员
陈汉平	华中科技大学	教授
袁振宏	中国科学院广州能源研究所	研究员
陈 群	常州大学	教授
张玉媛	佛山科学技术学院	讲师
孙永明	中国科学院广州能源研究所	研究员
胡双清	中国科学院广州能源研究所	

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到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。

徐匡迪

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

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

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,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 and 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



2018年11月

前言

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”课题三“农村能源供给绿色化及用能清洁化与便利化”的研究成果。能源供给绿色化属能源生产范畴，用能清洁化与便利化属能源消费范畴。能源供给绿色化、用能清洁化与便利化明确了农村用能属性、方式及目标。能源供给绿色化包括两个方面：一是供给绿色能源，二是绿色能源的使用而使环境更美、生态更好。用能清洁化要求利用技术必须高效、低排，无二次污染；而用能便利化必须通过满足需求、广泛应用、创造效益等途径实现。农村能源种类很丰富，除传统的化石能源外，还有包括太阳能、风能、地热能、水能、生物质能等丰富的可再生能源资源，而其中生物质能是唯一可转化为气、液、固三种形态的二次能源和化工原料的可再生能源，而且，生物质能具有环境和能源的双重特性，因此，本书主要聚焦于生物质能。

生物质能直接或间接来自植物的光合作用，一般取材于农林废弃物、农副产品加工废弃物、生活垃圾及畜禽粪污等，其来源广泛、储量丰富，且具有环境友好、成本低廉和碳中性等特点，是地球上可再生能源的核心组成部分，是维系人类经济社会可持续发展的最根本的保障。生物质能可以通过物理转换（固体成型燃料）、化学转换（直接燃烧、气化、液化）、生物转换（如发酵转换成甲烷）等形式转化为不同的燃料类型，满足各种形式的能源需求。目前，迫于能源短缺与环境恶化的双重压力，各国政府和技术、政策、市场等多重支撑下，高度重视生物质资源的开发和利用。

据估测，地球每年经光合作用产生的生物质约 1 700 亿吨，其中蕴含的能量相当于全世界能源消耗总量的 10~20 倍，但目前的利用率仅为 3% 左右。据统计，2016 年我国产生城乡生活垃圾约 4 亿吨，秸秆、蔬菜剩余物等农业废弃物约 12 亿吨，薪柴和林业废弃物约 3.5 亿吨，畜禽粪污 40 亿吨，总产生量约 60 亿吨，资源量折合标准煤达到 10 亿吨（统计数据可能只有 60%，而实际生物质废弃物产生量更多），生物质资源极其丰富^①。在欧洲，生物质能是最大的可再生能源，开

^① 《中国统计年鉴 2016》。

发利用量的比重已占到可再生能源的 60%。

目前,生物质能的技术利用途径主要包括生物质发电、生物质液体燃料、生物质气体燃料和生物质成型燃料等。欧洲仍是全球最大的生物质及垃圾发电市场,2017 年全球生物质及垃圾发电累计装机容量与 2016 年相比增加了 11.6%,其中欧洲、中国、巴西是增长的主要驱动力,其中欧洲 2017 年累计装机容量达 40.1 吉瓦,巴西和美国 2017 年生物质和垃圾发电累计装机容量分别为 18.4 吉瓦及 17.8 吉瓦,分列第二、第三位^①。欧洲也是世界上最大的生物柴油生产和消费地区,生产能力约 1 800 万吨,另外,巴西的乙醇产量替代了全国 50%以上的汽油。2017 年我国生物质能产业规模有所增长,生物质发电装机容量较 2016 年增长 20.5%,其中垃圾焚烧发电装机容量达 7.3 吉瓦,较 2016 年增长 32.1%;农林生物质发电装机容量达 7 吉瓦,较 2016 年增长 8.4%;沼气发电装机容量达 0.5 吉瓦,较 2016 年增长 42.9%;燃料乙醇和生物柴油技术已实现规模化发展,产量分别达到 242 万吨和 105 万吨,生物质成型燃料产量约为 1 100 万吨,生物质能总的开发利用量为 1.17 亿吨标准煤^②。

我国生物质能开发利用存在着生物质能利用率低、产业规模小、生产成本低、工业体系和产业链不完备、研发能力弱、技术创新不足,以及模式和管理政策的缺陷等一系列问题,以生物质发电为例,生物质发电装机 1 031 万千瓦,发电量 527 亿千瓦时,占比不到可再生能源发电量的 4%,仅占总发电量的 0.9%。而按每年生物质资源总量 10 亿吨标准煤计算,年开发利用率仅达到 11.7%,开发利用空间巨大。因此,我国需要制定并实施国家生物质能源科技发展战略规划,加强生物质能源技术研发和产业体系建设,急需提出具有创新性、前瞻性的技术发展方向,为我国生物质能源技术的快速发展提供科技支撑。

长期以来,我国的生物质能发展不尽如人意,还有一个主要原因是对生物质的科学认识问题,是可主动控制、可以规划、可以定量的正常能源,还是难以主动控制、难以规划、难以定量的废弃物、污染源,这直接影响政策的制定、模式的构建、技术的形成。因此,本书创新性地将生物质能划分为被动型与主动型两类。被动型生物质能主要产生于农林废弃物、农副产品加工废弃物、生活垃圾及畜禽粪污等人类生产生活过程中被动排出的农村有机废弃物,这些废弃物若处置不当将成为巨大的污染源,而将其能源化、资源化利用,在变废为宝的同时还可有效解决农村环境问题,从能源与环境的双重效益出发,应优先发展农村废弃物能源化利用技术。由于这部分物质不可控制、难以规划,因而,需出台新政策,构建新模式,因地制宜地开发利用。主动型生物质能产生于人为种植的能源作物,

① 《2017-2022 年中国垃圾发电行业分析与投资前景分析报告》。

② 《2018-2024 年中国生物质发电行业市场运营态势及投资前景评估报告》。

包括含油、含糖、含淀粉、含纤维素类的植物和水藻等，这部分物质可控、可规划，从能源和相关技术储备考虑，主动型生物质能应以应用基础研究和关键技术攻关为主，加强选育与种植等方面的基础研究，加大转化关键技术的攻关。

根据我国能源消耗存量与增量关系，以及生物质能潜力，本书确立了“存量优化、增量替代”的生物质能发展定位。存量优化，即淘汰既存的落后产能，并尽可能用生物质能填补缺口；增量替代，即经济社会发展对能源需求的增量部分，应尽量用生物质能替代（相对于以往增量大多为化石能源）。为提高上述两类生物质能的转化效率和经济性，本书从系统的角度出发，提出了六大农村能源利用技术发展方向，即生活垃圾能源化、资源化利用系统，农林废弃物能源化工系统，畜禽粪污能源化工系统，多种废弃物协同处置与多联产系统，特色农林废弃物功能材料系统，能源植物选育与种植系统，并对这些系统从理论到技术逐一进行分析讨论。另外，本书还描述了各类技术系统发展目标和实现路径，并提出了相应的保障措施和建议。

总之，通过生物质能的利用，尤其是被动型生物质能的广泛利用，可以保障能源供给的绿色化；以创新开发的高效、低排的生物质能系统技术和装备，可以保障农村用能的清洁化；将现代信息技术及能源服务管理模式与生物质能利用相结合，可以保障农村用能的便利化。

目 录

第一章 生物质能技术发展现状与趋势	1
第一节 国外生物质能发展现状与趋势	1
第二节 国内生物质能发展现状与趋势	3
第三节 生物质能分类与发展定位	8
第二章 生活垃圾能源化、资源化利用系统	14
第一节 国内外生活垃圾能源化、资源化利用系统产业发展动向	14
第二节 生活垃圾能源化、资源化利用系统产业发展的方向与技术预测	17
第三节 生活垃圾能源化、资源化利用系统中重大技术问题与案例分析	18
第三章 农林废弃物能源化工系统	22
第一节 农林废弃物能源化工系统研究现状	22
第二节 农林废弃物能源化工系统综合利用的有效模式	25
第三节 农林废弃物能源化工系统中重大技术问题分析	45
第四节 农林废弃物能源化工系统发展趋势及总体路线	47
第四章 畜禽粪污能源化工系统	49
第一节 畜禽粪污利用现状与利用技术	49
第二节 畜禽粪污能源化工系统综合利用的有效模式	70
第三节 畜禽粪污能源化工系统典型案例	91
第四节 畜禽粪污能源化工系统中的重大技术问题	95
第五节 畜禽粪污能源化工系统发展趋势及总体路线	99
第五章 多种废弃物协同处置与多联产系统	101
第一节 发展多种废弃物协同处置和循环利用形势与需求	101
第二节 国内外多种废弃物协同处置发展现状	102
第三节 构建农村代谢共生产业园	104
第四节 我国发展多种废弃物协同处置与多联产系统工程案例分析及 技术预测	105
第六章 特色农林废弃物功能材料系统	108
第一节 特色农林废弃物资源分析	108

第二节	特色农林废弃物功能材料系统关键技术发展与分析	108
第三节	特色农林废弃物功能材料系统中的应用典型案例分析	115
第七章	能源植物选育与种植系统	122
第一节	发展能源植物的形势与需求	122
第二节	能源植物资源分析	124
第三节	国内外能源植物研发进展和趋势	139
第四节	能源植物能源炼制工程案例分析及技术预测	141
第五节	能源植物选育与种植技术	151
第八章	结论、目标与建议	153
第一节	结论	153
第二节	目标	154
第三节	建议	158

第一章 生物质能技术发展现状与趋势

第一节 国外生物质能发展现状与趋势

生物质能源化利用技术是世界各国普遍需要解决的重大课题。特别是随着自然资源日趋短缺和废弃物数量激增,农林废弃物、畜禽粪污等生物质能的资源化、能源化利用越来越受到人们的重视。国外生物质发电,制备液体燃料、气体燃料及固体燃料等技术已实现了示范及产业化应用。

目前,国际上生物质发电技术是最成熟、发展规模最大的现代生物质能利用技术,截至2017年底,全球生物质发电累计装机约为110吉瓦,生物质发电技术在欧美地区发展最为完善。生物液体燃料方面,生物柴油和燃料乙醇技术已经实现了规模化发展。目前,世界生物柴油生产量约3000万吨,燃料乙醇产量为7000多万吨;欧洲联盟(以下简称欧盟)作为世界上最大的生物柴油生产和消费地区,其生产能力约2000万吨,但受经济下滑和能源价格下跌影响,2017年生产量为1800多万吨;巴西和阿根廷的生产量分别为300多万吨和200多万吨。欧洲是沼气技术最成熟的地区,德国是目前世界上农村沼气工程数量最多的国家;瑞典是沼气提纯用于车用燃气最好的国家;丹麦是集中型沼气工程发展最有特色的国家,其中集中型联合发酵沼气工程已经非常成熟,并用于集中处理畜禽粪污、农作物秸秆和工业废弃物,大部分采用热电肥联产模式。欧美地区的成型燃料技术属于领跑水平,其相关标准体系较为完善,形成了从原料收集、储藏、预处理到成型燃料生产、配送和应用的整个产业链。目前,德国、瑞典、芬兰、丹麦、加拿大、美国等国的成型燃料生产量在2000万吨以上。总体上,欧美地区在生物质发电、液体燃料、气体燃料、成型燃料等技术方面均属于领跑水平,多数生物质能技术实现了示范及产业化应用。

世界各国非常重视应用先进工程技术,提升农林废弃物的肥料化、饲料化、能源化、基质化及工业原料化水平,使技术向机械化、无害化、资源化、高效化、综合化发展,产品向廉价化、商品化、高质化、多样化和多功能化靠拢,以达到物尽其用、变废为宝、消除污染、改善农村生态环境、促进农业可持续发展、高

效利用废弃物的目标。具体技术方向有：开发集储装备技术，以满足以农作物秸秆为原料的规模化饲养、工业化发电及液化、气化等新兴技术发展的需要；在国外，微生物强化堆肥技术在堆肥发酵工艺、技术和设备上已日趋完善，基本上达到规模化和产业化水平，但堆肥设施由于运行成本偏高在我国还没普遍应用；开发高效干法厌氧发酵技术，提高产气率的同时降低成本；利用麦秆、草和木材等农林生物质为主要原料的纤维素转化生产乙醇燃料技术；进一步开发生物质燃料发电、供热等能源化利用技术。2017年，全球新增从事可再生能源工作的人数中，有约 3/8 从事生物质能工作，仅次于从事太阳能工作的人数。生物质能产量继续增长，也有助于满足一些国家日益增长的能源需求，实现环境目标。然而，生物质能行业也面临诸多挑战，尤其是来源于低油价及一些市场政策不确定性的挑战。

世界各国发展生物质能的行动计划包括：美国计划到 2025 年用生物燃料替代中东进口原油的 75%，2030 年用生物燃料替代车用燃料的 30%；德国预计到 2020 年沼气发电总装机容量达到 950 万千瓦；日本计划在 2020 年前车用燃料中乙醇掺混比例达到 50% 以上。另外，印度、巴西、欧盟分别制定了“阳光计划”、“酒精能源计划”和“生物燃料战略”，加大生物质燃料的应用规模。到 2020 年，欧盟生物质能需求量预计比 2010 年至少增加 44%，世界生物质燃料市场规模有望增长到 2010 年的三倍以上，实现 950 亿美元销售额，生物质能容量增至 135 吉瓦左右；预计到 2035 年，生物燃料将替代世界约一半以上的汽油、柴油，经济环境效益显著。国际能源署（International Energy Agency, IEA）发布的有关生物燃料供给量预测结果如图 1-1 所示，2010~2050 年，生物燃料供给量从 2.5×10^{12} 兆焦增至 3.2×10^{13} 兆焦，约增加 12 倍。特别是生物乙醇、生物柴油、生物沼气等将有大幅增加。

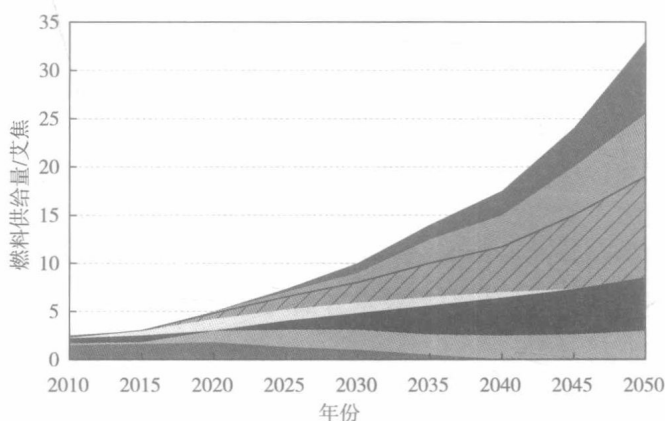


图 1-1 世界生物燃料供给量预测

自上至下依次为：生物甲烷、生物航空燃油、改进的生物柴油、传统的生物柴油、纤维素乙醇、甘蔗乙醇、传统乙醇

资料来源：Technology Roadmap: Biofuels for Transport