

农村能源  
利用丛书

NONGCUN NENGYUAN

LIYONG CONGSHU

# 农村能源概论

NONGCUN NENGYUAN GAILUN

张无敌 田光亮 尹芳 等编著



化学工业出版社



NONGCUN NENGYUAN

LIYONG CONGSHU

# 农村能源概论

NONGCUN NENGYUAN GAILUN

张无敌 田光亮 尹芳 等编著



化学工业出版社

·北京·

本书根据目前中国农村生产和生活能源的主要种类以及农村能源今后的发展方向,重点阐述了农村可再生能源的潜力、原理、技术工艺以及开发应用现状。本书几乎涉及农村能源中所有可再生能源成熟和有开发潜力的技术,包括沼气技术、薪柴和秸秆能源化潜力和技术、生物质致密成型技术、节柴炉灶炕技术、能源植物、燃料乙醇、生物柴油、生物质裂解液化、太阳能热利用技术、太阳电池、太阳灶、太阳房、太阳池发电技术、风能发电技术和微水电技术等。其中薪柴、秸秆、沼气、节柴炉灶炕、太阳能热水器以及微水电技术已经在我国农村得到大面积推广,而其他的可再生能源技术则被视为未来农村能源的重要部分。

本书可供从事和关心农村能源工作的科研人员、技术推广人员以及企业界人士阅读,也可供高等院校相关专业师生参考。

#### 图书在版编目(CIP)数据

农村能源概论/张无敌,田光亮,尹芳等编著.  
北京:化学工业出版社,2013.10  
(农村能源利用丛书)  
ISBN 978-7-122-18427-6

I. ①农… II. ①张… ②田… ③尹… III. ①农村  
能源-能源利用-中国 IV. ①S210.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第216399号

---

责任编辑:袁海燕  
责任校对:王素芹

文字编辑:荣世芳  
装帧设计:刘丽华

---

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)  
印刷:北京市振南印刷有限责任公司  
装订:三河市宇新装订厂  
850mm×1168mm 1/32 印张8½ 字数210千字 2014年1月北京第1版第1次印刷

---

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899  
网 址: <http://www.cip.com.cn>  
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价:28.00元

版权所有 违者必究

# 《农村能源利用丛书》 编委会

主任：张无敌

副主任：尹 芳 陈玉保 刘士清

委员（按姓氏笔画排列）：

尹 芳 许 玲 刘士清 张无敌

陈玉保 赵兴玲 柳 静

本书编写人员：张无敌 田光亮 尹 芳 赵兴玲

柳 静 陈玉保 刘士清

# 序

我国农村能源的发展经历了从单一的薪柴、节柴改灶、沼气建设、农村能源综合建设，到沼气与生态农业建设、太阳能热水器、太阳能路灯等多种能源利用格局的发展过程。现今我们面临着化石燃料紧张和环境污染的双重压力。在广阔的农村地区，因地制宜地开发利用各种可再生能源技术是解决农村能源短缺的理想出路，这种方式已被实践证明是可行的，而且也适宜于在广大的发展中国家的农村推广应用。

长期以来，农村能源问题一直是制约农村经济发展、农村生态环境整治以及村落村貌卫生状况的重要因素，商品能源的供给无法满足农村的用能需求，因地制宜，多能互补的农村能源政策是有效解决农村能源短缺的途径。薪柴是农村生活燃料的重要能源之一，节柴炉灶的推广使用具有较大的市场，不断提高炉灶的节能效率仍是今后工作的重点之一；处置牲畜粪便最好的办法就是沼气利用，沼气的推广使用和“三沼”的综合利用是发展生态农业的重要纽带；太阳能热水器、太阳能光电利用、风能的利用以及微水电技术在农村具有广阔的天地，多种能源在农村的推广使用是建设社会主义新农村、发展农村循环经济的重要措施。在这种形式和要求下，编著出版系列《农村能源利用》丛书，丛书的编写突出实用性，深入浅出，该丛书的出版无疑对更好地建设和发展农村能源技术，以及服务于社会主义新农村的建设起到非常积极的作用。



2014年1月

## 前言

2000年以来,随着我国农村经济迅速发展、乡镇企业的增加和规模扩大以及农民生活水平的提高,农村地区的能源需求量明显增加,但目前农村的主要能源是薪柴、秸秆和煤炭等传统能源,由于国家对生态环境的保护力度加大、能源供应结构单一、能源利用效率低下以及煤炭枯竭等因素导致煤价上涨,使得农村能源供应面临严峻挑战。同时,大量砍伐森林和使用煤炭导致农村生态环境恶化,水土流失;不合理使用土地、长期依赖化肥农药、掠夺性使用耕地,加剧了农业生态系统的恶化以及河流湖泊富营养化等。根据国家“十二五”规划和中长期发展规划,到2020年要建成小康社会,农村的发展步伐将进一步加快,农民生活水平将进一步提高,因此农村用能需求量以及能源的品质要求将迅速提高。由于石化能源的稀缺性和地域性,导致国与国之间为控制石化能源展开激烈竞争甚至战争,在这样的背景下,世界各国为保证自己的能源安全,纷纷投入大量的人力和物力开发新的更清洁的能源。中国由于经济的迅速发展使得能源安全问题更为突出,近年来,为了解决能源安全问题,中国制订了一系列促进新能源开发和利用的政策,并投入越来越大的人力和物力促进能源的可持续发展,农村能源作为整个国家能源体系的重要组成部分,应该也能够为国家能源安全和能源结构的优化做出贡献。面对要发展农村经济、提高农民生活水平和保护生态环境等多重压力,只有采取因地制宜、多能互补的方针,发展农村可再生能源,优化能源结构,提高能源利用效率,才能解决我国农村能源问题。

我国农村有着丰富的可再生能源,这些能源已经按现代能源品

质在一定程度上被开发利用或正在被研究开发。例如农村畜禽粪便产沼气、秸秆和薪柴的节柴炉灶利用、太阳能热水、太阳灶、微水电资源等已得到很大程度的开发，并发挥了良好的经济、社会和环境效益。而生物质气化、生物质致密成型、太阳电池、太阳房、风电等已得到一定程度的开发利用。而燃料乙醇、生物柴油、生物质裂解液化、生物质制氢等也正在被研究和开发。总体来讲，我国农村能源尚有巨大的开发潜力和优化空间，目前还处于开发利用的初期，在开发力度上、技术上和管理上都有待提高。因此，农村能源的发展还需国家给予更多的政策、资金、人力的支持。

为了让从事农村能源工作的人们对农村能源技术的原理、工艺技术、开发利用现状以及存在问题有较为全面的认识，作者根据目前我国农村能源的主要种类以及今后的发展方向，搜集了大量国内外资料，查阅和参考了相关学科的各类著作和文献，经过反复修改和更新，方完成本书的编撰工作。本书阐释了各种农村能源技术的工艺原理，描述了各种转换技术的工艺流程，介绍了各种技术的国内外发展状况，指出了存在的主要问题等。

张无敌、田光亮、尹芳、赵兴玲、柳静、陈玉保、刘士清参与了本书的编撰工作，在编撰过程中，得到了作者单位的领导和同仁的帮助，也得到了作者家人们的理解和关心，借本书出版之际，向所有对本书给予支持、关心和帮助的领导、朋友和同事一并表示衷心的感谢。

作者试图为从事和关心农村能源工作的人们提供一些有益的帮助，包括从事科学研究、技术开发和企业界人士等。但是，农村能源技术发展日新月异，加之作者水平和时间有限，疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正，不胜感激。

编著者  
2013年11月

# 目录

<b>第一章 农村能源概况</b> .....	1
<b>第一节 农村能源开发利用的意义</b> .....	3
一、农村能源的定义 .....	3
二、农村能源消费对环境的影响 .....	5
三、农村能源开发利用的战略地位 .....	7
四、各种农村能源技术简论 .....	9
<b>第二节 世界各国的农村能源现状</b> .....	9
一、发达国家的农村能源状况 .....	9
二、发展中国家的农村能源现状 .....	15
<b>第三节 中国农村能源</b> .....	18
一、中国农村能源的消费现状 .....	18
二、中国农村能源的方针 .....	18
三、中国农村能源开发利用现状 .....	20
<b>第二章 生物质能概论</b> .....	23
<b>第一节 沼气技术</b> .....	26
一、农村户用沼气池技术 .....	26
二、沼气工程技术 .....	41
三、沼气及其发酵残留物综合利用 .....	60
四、沼气与生态模式 .....	60
五、有机废物（或废水）的能源回收与资源化利用 .....	67



第二节	薪炭林与节柴灶 .....	70
一、	森林的功能与作用 .....	70
二、	薪柴的应用模式 .....	72
三、	生物质致密成型燃料技术 .....	73
四、	节柴炉灶的发展 .....	79
第三节	秸秆能源利用技术 .....	82
一、	农作物秸秆资源 .....	82
二、	秸秆的成分和特性 .....	87
三、	农作物秸秆的能源利用 .....	88
第四节	能源植物与液体燃料 .....	97
一、	能源植物概述 .....	97
二、	燃料乙醇 .....	104
三、	生物柴油 .....	119
四、	生物质热解液化技术 .....	130
第五节	生物质制氢技术 .....	137
一、	生物质制氢的前景 .....	137
二、	生物质光合制氢技术 .....	138
三、	发酵生物制氢技术 .....	140
<b>第三章</b>	<b>太阳能利用技术概论 .....</b>	<b>149</b>
第一节	太阳能及其资源 .....	151
一、	太阳及太阳能 .....	151
二、	太阳辐射 .....	154
三、	太阳能的利用 .....	156
第二节	太阳能热水器 .....	157
一、	太阳能集热器 .....	157
二、	太阳能热水器的节能效果 .....	158
三、	太阳能热水系统的设计、安装与维护 .....	159

第三节	太阳能光伏发电技术 .....	163
一、	太阳能电池的种类与工作原理 .....	163
二、	太阳能发电系统 .....	166
三、	光伏电站供电的操作与管理 .....	168
第四节	太阳能的其他利用技术 .....	179
一、	太阳灶 .....	179
二、	太阳能干燥技术 .....	183
三、	太阳房 .....	188
四、	太阳能温室 .....	194
五、	太阳池 .....	196
第四章	风能与微水电技术概论 .....	205
第一节	风能技术概论 .....	207
一、	风力资源与风能利用 .....	207
二、	风机 .....	213
三、	风力发电系统 .....	216
第二节	微水电技术概论 .....	222
一、	微水电的开发利用 .....	222
二、	微水电工程 .....	224
三、	微水电机组 .....	226
参考文献	.....	247

# 第一章

## 农村能源概况



## 第一节

# 农村能源开发利用的意义

### 一、农村能源的定义

农村能源 (rural energy), 指农村地区的能源供应与消费, 涉及农村地区工农业生产和农村生活多个方面。农村能源的开发是指农村地区因地制宜、就近开发利用的能源, 在中国有薪柴、作物秸秆 (直接燃烧、气化或制沼气)、人畜粪便 (制沼气或直接燃烧)、小水电、小窑煤、太阳能、风能和地热能等, 多属于可再生能源。随着农村经济的发展, 农村能源的利用还包括国家供应给农村地区的煤炭、燃料油 (石化燃油、生物柴油或燃料乙醇)、电力等商品能源。因此, 农村能源所包含的内容主要是合理开发农村当地各种能量资源, 研究农村各种能量资源在输入、转换、分配、最终消费过程中的先进技术及管理等问题, 以提高能量利用效率, 缓解能源供需矛盾, 保护农业生态环境, 促进农村经济的长期稳定发展。中国农村能源建设的指导方针是: 因地制宜, 多能互补, 综合利用, 讲求效益。在农村范围内提供和消费的能源资源是发展农村各业生产、改善人民生活所必需的物质基础, 主要包括畜力、生物质能、水能、矿物质能 (煤炭、石油、天然气等)、太阳能、风能、地热能和潮汐能等。

在农村消耗的能源分为生产用能和生活用能两部分。农业生产用能包括田间作业、农业运输和农产品加工 3 大项, 其来源主要是以商品形式供应的煤、石油和电。发达国家以石油和电力为主; 在发展中国家人、畜力仍是主要的动力来源, 役畜不仅用于田间作业, 并且用于农村的交通运输。就是在机械化程度较高的国家, 有

的也仍以马、骡、驴等作为短距离运输的动力。农村生活用能主要用于煮饭、烧水、取暖、照明和家用电器。发达国家以电能为主；发展中国家则以生物质能为主，辅以煤和电。

从20世纪90年代以来，国家有关部委、省市有关厅局加大了对沼气技术的推广与应用工作的宏观指导和专项资金的投入，有力地促进了我国沼气事业的发展。“八五”和“九五”期间，国家计委、经贸委、科委、财政部、农业部、林业部、水利部和电力部八部委联合推进了两期“农村能源综合建设县项目”，简称“百县项目”，全国有360多个县参加此项目。10年期间，共投入资金100多亿元，沼气建设成效斐然，340万农户采用沼气、沼液、沼渣综合利用技术，成为农民增收的有效途径。

进入21世纪以来，中国各地沼气建设与发展速度不断加快，其技术应用已突破了传统的单一能源开发利用的理论与实践范畴，与经济、社会和生态有机结合，使以沼气为纽带的各类能源生态模式成为环境保护的重要措施，成为一些地区新的经济增长点。涉及的相关项目主要有：

——生态家园、富民计划项目（农业部项目，每年约1亿元）。

——财政部小型公益事业项目（财政部项目，每年约1亿元），天然林保护工程项目（国家林业局项目），退耕还林、还草工程项目（国家林业局项目），小城镇建设项目（地方项目），农村沼气国债项目（每年约10亿元），养殖场大中型沼气工程（中央预算内资金项目）。

——沼气扶贫项目（地方项目）。

——母亲沼气工程项目（地方项目）。

——绿色能源县建设项目（国家财政部、国家发改委）。根据国家农村能源的发展政策和法规以及我国农村能源的主要构成，本书重点介绍农村能源中的可再生能源技术，包括生物质能（沼气、薪柴、生物质致密成型、节柴灶、生物柴油、燃料乙醇、生物

质裂解液化)、太阳能、风能和微水电。

## 二、农村能源消费对环境的影响

农村能源建设发展与农业生产紧密相关,因为传统的农村用能方式是以解决生活用能为主,柴草的大量使用导致森林植被的破坏,加剧水土流失、土地沙化、耕地生产力下降,同时各种自然灾害的发生频度增加,如此种种,均是由于农村生活用能所致。面对现实,全球趋于可持续发展,如何有效解决我国农村能源乃至整个发展中国家的农村能源问题已成必然趋势。在考虑常规能源危机、环境与发展并举、恢复与生态重建的迫切性的同时,发展农村能源还必须与促进农村经济的发展结合起来。

### 1. 传统能源对农村环境的影响

现阶段,我国农村能源供需矛盾虽已基本得到了改善,但离小康水平的能源需求仍有较大的差距。农村居民的生活用能能源结构极不合理,优质能源的比例很低,其中约 50% 仍然依靠直接燃烧秸秆、薪柴等供应。这种落后的用能方式严重地污染了室内外空气质量、危害人们身心健康,影响生活质量的提高。而且,过度依赖秸秆、薪柴还造成森林等生态林植被资源的破坏,严重威胁生态环境,秸秆中氮、磷、钾等元素和有机质难以还田,也降低了土壤肥力。我国正处在经济发展的重要阶段,老龄人口增加,工业化、城镇化进程加快,由于经济的快速发展和人民生活水平的不断提高,能源需求将大幅度提升,根据近几年国民经济的发展趋势,预计到 2020 年基本实现工业化和全面建设小康社会,面临着严峻的能源与环境问题。

### 2. 清洁能源对农村环境的影响

(1) 沼气 沼气不仅能够有效地缓解农村的能源短缺问题,而且对生态农业的建设有很大的促进作用。第一,沼气的使用可以大

大减少对薪柴的需求，从而保护森林资源，保护生态环境。第二，使用沼气可以避免由于长期烧柴而造成的空气污染，尤其是避免室内烟尘对居民身体的伤害。目前呼吸系统疾病是我国农村致死率最高的疾病，使用沼气是避免这些危害的一个重要途径。第三，通过沼气发酵可以杀死有害细菌与病毒，剩下的沼渣、沼液更易于被作物吸收，可以作为高品质的肥料。长期施用沼肥可促进土壤团粒结构的形成，增强保水保肥能力，改善土壤理化性状，提高土壤有机质，增加氮、磷等养分，同时对农作物病虫害有防治和抑制作用。沼液中氨基酸的含量十分丰富，如用作饲料添加剂，可使饲料更加安全、卫生、高营养。对沼渣沼液的综合利用有利于改善农副产品品质，达到无公害农业生产的目的。最后，沼气不仅可作为燃料，而且可用于发电，进一步提高能源的品质和利用效率，减少传统煤炭发电带来的环境问题。

(2) 薪炭林 薪炭林以生产燃料、提供薪材为主要目的，是我国五大林种之一。薪炭林在合理的管理下具有再生性强、密度大、产量高、生物质热值高、见效快的特点。营造薪炭林，合理养育和利用薪柴对于缓解农村能源短缺和生态保护起到重要作用，是改善农村生活用能紧缺的根本出路之一。营造薪炭林还要注意见缝插针，最大限度地利用田边地角、沟边路旁，这样不仅能更好地满足农户对薪柴的需要，而且可起到稳定边坡、美化环境的作用。而且薪炭林还可以改善当地小气候，为一些农作物提供特殊的生境。

(3) 微水电 我国拥有丰富的水力资源。开发微水电，利用丰富的廉价电能代替燃料，保护森林，是我国微水电建设和利用的一大重点。我国微水电使传统的烧柴制茶、烤烟、农产品烘干、烧瓷、烧水、煮饭等都可用电代替。这样，既减少砍柴劳力、减少烧柴所排放的污染物，清洁卫生，还能大大减少对森林、草皮的破坏，保护生态环境。



### 3. 太阳能

对于太阳能资源的开发利用，主要开发低温热利用和离网发电的适用技术，如太阳能热水器、太阳灶、太阳电池等。这类技术对缓解农村能源紧张，改善农村生态环境有积极作用。在一些经济比较落后且生态较脆弱的地区大力推广太阳能利用技术，可以进一步解决这些地方农村用能的问题，并且能更好地保护自然环境免遭破坏。

### 三、农村能源开发利用的战略地位

农村能源开发利用是新农村建设的重要载体和切入点，新农村建设既要解决生产问题，又要解决生活问题，既要解决经济发展问题，又要解决社会文明问题，是相辅相成的。农村能源开发利用起到了不可替代的作用。

① 农村能源开发利用改变农业的增长方式，增加农民的收入。新农村建设的根本是发展生产，富裕农民，这就需要新的增长方式替代旧的生产方式，农村能源开发利用在某种意义上实现了上述目标。农村沼气“四位一体”生态大棚可以建在大地田园里，也可以建在农户庭院里，利用它可以种植生产反季蔬菜，可以养殖猪（禽），可以使用沼气灯、烧水做饭，可以用沼肥浇灌蔬菜。

② 农村能源开发可以改变村容村貌。秸秆燃气、沼气的使用解决了农村“柴火垛”问题，解决了农村猪（禽）粪便随处可见等污染问题；解决了农村“如厕难、厨房乱、圈舍脏”的问题；改变了农村屋里现代化、屋外脏乱差的局面。太阳能路灯的使用，亮化了农村的庭院、街道和文化广场；太阳能热水器的使用使农民也洗上了热水澡；太阳房解决了农村冬季取暖问题。可以说农村能源生态建设可以使农村街道亮化、周边绿化、庭院净化、村屯美化，可以在农村实现改水、改路、改厨、改圈的目标。