

“十一五”国家重点图书出版规划项目



服务三农·农产品深加工技术丛书

农村能源应用技术

李延云 高援朝 田宜水/编



中国轻工业出版社

“十一五”国家重点图书出版规划项目
服务三农·农产品深加工技术丛书

农村能源应用技术

李延云 高援朝 田宜水 编



中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

农村能源应用技术/李延云, 高援朝, 田宜水编.

—北京: 中国轻工业出版社, 2011.3

(服务三农·农产品深加工技术丛书)

“十一五”国家重点图书出版规划项目

ISBN 978-7-5019-7901-1

I. ①农… II. ①李… ②高… ③田… III. ①农村-能源-综合利用 IV. ①S210.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 208857 号

责任编辑: 马妍 责任终审: 唐是雯 封面设计: 伍毓泉
版式设计: 王超男 责任校对: 晋洁 责任监印: 张可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印刷: 北京京都六环印刷厂

经销: 各地新华书店

版次: 2011 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

开本: 850 × 1168 1/32 印张: 15.5

字数: 412 千字

书号: ISBN 978-7-5019-7901-1 定价: 29.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

080442K1X101ZBW

前言

能源是人类生存和社会发展的重要物质基础。随着中国经济的快速发展,能源需求将出现一个持续增长的态势。

20 世纪 70 年代以来,鉴于常规能源供给的有限性和环保压力的增加,世界上许多国家掀起了开发利用太阳能和可再生能源的热潮。20 世纪 90 年代以来,联合国召开了一系列有各国领导人参加的高峰会议,讨论和制定世界能源战略规划,推动全球可再生能源的开发利用。开发利用可再生能源成为国际社会的一大主题和共同行动,成为各国制定可持续发展战略的重要内容。

随着能源需求的不断增加,大量矿物能源被开采利用,造成了全球性的环境污染和生态破坏,对人类的生存和发展构成威胁。在这样的背景下,1992 年联合国在巴西召开“世界环境与发展大会”,会议通过了《里约热内卢环境与发展宣言》、《21 世纪议程》和《联合国气候变化框架公约》等一系列重要文件,将利用可再生能源与环境保护结合在一起,使可再生能源利用工作得到加强。

我国政府对环境与发展十分重视,提出开发和推广太阳能、风能、地热能、潮汐能、生物质能等清洁能源,制定了《中国 21 世纪议程》,明确了重点发展项目。1995 年国家计委、国家科委和国家经贸委制定了《新能源和可再生能源发展纲要》,提出我国在 1996—2010 年新能源和可再生能源的发展目标、任务以及相应的对策和措施。这些文件的制定和实施,对进一步推动我国可再生能源事业的发展发挥了重要作用。

改革开放以来,中国农村能源政策的演变基本上是围绕国家能源问题展开的:首先是农村能源短缺问题。主要围绕农村地区的资源赋存展开,着力发展沼气、薪炭林、小水电、小煤炭、太阳能以及推广省柴节煤灶;其次是能源安全问题。由于农村能源与可再生

能源的天然联系，中国农村能源政策着眼于服务国家能源安全，推进能源供给的多样化，促进能源可持续发展；第三是全球气候变暖问题，农村能源被赋予了减排二氧化碳的新使命。

我国人口众多，能源的消费水平低，有效利用差；特别是农村能源短缺，由此带来了资源破坏，生态环境恶化，影响了农业和农村经济发展。面对我国能源的实际现状，认真贯彻国家制定的“开发与节约并重”和“因地制宜、多能互补、综合利用、讲求效益”的农村能源发展方针，积极开发利用新能源、可再生能源，节约与合理使用能源资源为主的农村能源建设，是解决我国常规能源短缺的有效途径。合理开发新能源和可再生能源，将会有效地缓解我国常规能源供需矛盾，改善能源消费结构和生态环境，增强农业后劲，提高人民生活水平。

为进一步在我国广大农村宣传、推广、应用可再生能源技术，我们编写了《农村能源应用技术》，作者长期从事农村能源的研究、设计、开发、推广和应用，本书是作者数十年工作经验的结晶。书稿遵循少而精的原则，力求层次分明、重点突出、概念清晰、注重实用。适合广大农村能源工作者、科研单位、大专院校等有关人员参考。因编写人员水平和经验所限，加之时间仓促，很难以一概全，不妥之处，敬请读者、专家、同行批评指正。

编 者

目 录

第一篇 太阳能利用设备	1
第一章 太阳辐射基础知识	1
第一节 能源及其分类	1
第二节 太阳及太阳辐射能	6
第三节 我国的太阳能资源	13
第二章 太阳灶	16
第一节 热力学基础知识简介	16
第二节 传热学基础知识简介	18
第三节 太阳灶分类及结构	22
第四节 箱式太阳灶	24
第五节 聚光式太阳灶	29
第六节 太阳灶的壳体材料和反光材料	34
第七节 太阳灶的技术要求和安装使用及维护	36
第八节 太阳灶结构检测和热性能试验方法	40
第三章 太阳热水器	44
第一节 平板型集热器	44
第二节 真空太阳集热管	50
第三节 真空管太阳集热器	58
第四节 平板型太阳热水器	63
第五节 真空管太阳热水器	68
第六节 闷晒式太阳热水器	71
第四章 家用太阳热水器的安装与验收	75
第一节 家用太阳热水器的安装	75
第二节 家用太阳热水器的防腐和保温	81
第三节 家用太阳热水器的验收与维护	84

第五章 太阳热水器的安装	89
第一节 太阳热水器系统类型及循环方式	89
第二节 太阳热水器系统施工安装	93
第三节 设备吊装和管道施工	96
第四节 集热器的安装	103
第五节 辅助电加热系统	105
第六节 太阳热水系统的防腐和保温	110
第七节 定位放线	112
第八节 基础施工的步骤	114
第九节 太阳热水系统支架和水箱制作	117
第十节 安装太阳热水系统	120
第十一节 热泵技术	127
第十二节 设置系统运行参数	131
第十三节 太阳热水系统的验收与维护	135
第二篇 太阳能热利用建筑	139
第六章 太阳温室	139
第一节 太阳温室基本原理	140
第二节 太阳温室设计	143
第三节 竹木结构太阳温室的施工	152
第四节 塑料大棚的施工	157
第五节 钢木结构太阳温室的施工	160
第六节 卷帘机的维修	170
第七章 太阳房	172
第一节 太阳房分类	172
第二节 太阳房的设计	178
第三节 被动式太阳房的施工	198
第四节 基础工程施工	203
第五节 复合保温墙体施工	207
第六节 门窗工程施工	211
第七节 屋面工程施工	214

第八节 太阳能空气集热器施工	223
第九节 地面工程施工	224
第十节 装饰工程施工	227
第三篇 太阳能光伏发电	228
第八章 太阳电池基础知识	228
第一节 导体、绝缘体和半导体	228
第二节 晶体硅太阳电池	245
第三节 其他太阳电池	252
第四节 太阳电池组件	257
第九章 光伏系统安装	266
第一节 光伏设备安装示意图的识读	266
第二节 50W 光伏设备	268
第三节 100W 光伏发电系统	273
第四节 4kW 光伏发电系统	283
第四篇 小型电源	306
第十章 小型风力发电技术	306
第一节 小型风力发电技术简介	306
第二节 风力机的类型与结构	315
第三节 如何选择小型风力发电机组安装场址	325
第四节 小型风力机的安装	331
第五节 小型风力发电机使用与保养规则	341
第十一章 风光互补发电系统的安装	344
第一节 风光互补发电系统知识	345
第二节 风光互补发电系统运行调试	348
第三节 风光互补发电系统的运行维护	353
第四节 常见故障及排除	358
第五节 典型的小型风力发电机组简介	360
第十二章 微水电技术	365
第一节 微水电技术简介	365
第二节 微水电常见机组	371

第三节	微水电的选型	388
第四节	微水电土建工程	392
第五节	微水电供电工程	396
第六节	微水电关键技术环节	401
第七节	微水电的维护保养	406
第八节	微水电常见故障的排除	409
第五篇	农村户用沼气	412
第十三章	沼气基础知识	412
第一节	沼气产生过程	412
第二节	沼气的理化性质	413
第三节	沼气的应用进程	413
第十四章	农村户用沼气池的类型	415
第一节	固定拱盖水压式沼气池	415
第二节	变型的水压式沼气池	419
第三节	其他各种变型的水压式沼气池	421
第四节	无活动盖底层出料水压式沼气池	423
第十五章	农村户用沼气池的设计	425
第一节	沼气池设计原则与依据	425
第二节	沼气池容积的计算	427
第三节	沼气池选址	428
第十六章	农村户用沼气池施工技术	431
第一节	建池材料	431
第二节	备料	434
第三节	放线	435
第四节	池坑开挖	437
第五节	混凝土现场浇筑施工	438
第六节	沼气池施工质量检验	442
第十七章	农村户用沼气池启动与运行	444
第一节	沼气池的启动	444
第二节	沼气池的科学管理	446

第三节	沼气池的安全运行	448
第四节	沼气池故障与排除	450
第十八章	不同的沼气技术模式	452
第一节	南方“猪沼果”能源生态模式	452
第二节	北方“四位一体”能源生态模式	452
第三节	西北“五配套”能源生态模式	453
第十九章	沼气发酵产物的综合利用技术	454
第一节	沼气利用技术	454
第二节	沼液的利用	456
第三节	沼渣的利用	458
第六篇	农村生物质能利用技术	461
第二十章	生物质概念	461
第一节	什么是生物质	461
第二节	生物质的种类	463
第二十一章	生物质能利用技术	471
第一节	生物质燃烧技术	472
第二节	热化学法	472
第三节	生化法	473
第四节	化学法	474
第二十二章	生物质固体成型燃料技术	475
第一节	生物质固体成型原理	475
第二节	生物质固体成型生产工艺	476
第三节	生物质成型燃料特性	479
第四节	生物质固体成型燃料主要用途	480
第二十三章	生物质气化技术	482
第一节	生物质气化利用模式	482
第二节	生物质气化工艺	483

第一篇 太阳能利用设备

第一章 太阳辐射基础知识

第一节 能源及其分类

一、能源的概念

能源是指人类获取能量的来源，是可以直接或通过转换为人类提供所需的有用能的资源，包括已开采出来可供使用的自然资源和经过加工或转换的能量来源。

人类利用自己体力以外的能源是从用火开始的。世界上一切形式的能量的初始来源是核聚变、核裂变、放射性源以及太阳系行星的运行。太阳的热核反应释放出极其巨大的能量，射到地球大气层的辐射能量为 $7.28 \times 10^{14} \text{ kJ}$ 。这种辐射能实际上为地球和太空提供用之不竭的能源。太阳的热效应产生风能、水能和海洋能，以及煤炭、石油、天然气等化石燃料也是间接来自太阳能。生物质能是植物通过光合作用吸收的太阳能。太阳系行星的运行产生潮汐能。

二、能源的分类

世界上的能源可以分为十余种类型：化石能源（煤炭、石油、天然气）、水能、电能、太阳能、生物质能、风能、海洋能、地热能、氢能、潮汐能和受控核聚变，这是能源的基本形式。根据管理和研究工作的需要，可以从不同的角度对能源进行分类（表1-1）。

表 1-1

能源分类表

			可再生能源	不可再生能源
一 次 能 源	常 规 能 源	商品能源	水力（大型） 核能（增殖堆）	
		传统能源 （非商品能源）	地热 生物质能（薪柴、秸秆、 粪便等） 太阳能（自然干燥等） 水力（水车等） 风力（风车、风帆等） 畜力	化石燃料（煤、石油、 天然气） 核能
	非 常 规 能 源	新能源	生物质能（制取沼气、酒 精等） 太阳能（收集器、光电 池） 水力（小水电） 风力（风力机等） 海洋能 地热	
二 次 能 源	电力、焦炭、沼气、柴油、煤油、重油、蒸汽、热水、压缩空气、氢能等			

1. 可再生能源与不可再生能源

在自然界中可以不断再生并有规律地得到补充的能源称为可再生能源。经过亿万年形成的、短期内无法恢复的能源，称为不可再生能源，它随着大规模地开采，储量越来越少，总有枯竭之时。

2. 常规能源与非常规能源（新能源）

在一定历史时期和技术水平下，已经被人们广泛应用的能源，称为常规能源。许多古老的传统能源和太阳能、风能、生物质能等若采用先进的方法加以广泛利用，以及用新发展的先进技术利用的能源，如氢能等称为新能源。

3. 商品能源与非商品能源（传统能源）

商品能源与非商品能源是以经济流通领域中的地位加以区分的。商品能源是指进入市场用货币进行交易的能源，如煤炭、石油及其制品、焦炭、电力等。非商品能源是指那些一般不通过市场的能源，如某些传统能源，秸秆、薪柴、牲畜粪便等。虽然它们有时在当地市场上也有买卖，但规模很小，也未将其列入正式商品，称为非商品能源。

4. 一次能源与二次能源

自然界现成存在，可直接取得而又不改变其基本形态的能源称为一次能源，或称初级能源。由一次能源经过加工转变成另一种形态的能源产品称为二次能源，也称次级能源。

5. 农村能源

农村能源这个名词不是能源分类学上的一个概念，它是能源管理工作上的一种划分。其研究对象和内容是指农村当地各种自然资源的开发和利用，包括农村地区商品能源的供应和消费，能源技术应用、推广，能源使用中的管理，能源技术和产品的服务社会化和市场化问题等。因此，农村能源是个含义很广的概念。

三、能源的计量单位

1. 实物量单位——原始单位

由于各种能源的形态不一样，在对实物量进行计量时往往采用不同的单位，例如，对固体燃料采用质量单位，气体燃料采用体积

单位等。而且对于同一种能源，各国所用的计量单位也不一致。计量各种能源的实物量的单位称为“原始单位”。表 1-2 是一些常用的原始单位。

表 1-2

能源计量的原始单位

燃料动力形式	单 位	使用的国家和地区
各种固体燃料	t	世界各国
液体燃料		
原油	t	中国、前苏联、东欧各国
	桶	西方各国、各发展中国家
各种成品油	t	中国、前苏联、东欧各国
	L	中国、前苏联、东欧各国
	加仑	西方各国
气体燃料	标准立方米	中国、前苏联等
	标准立方英尺	西方各国
	按所含热量计算	
电力	kW·h (度)	世界各国

2. 通用单位

能源统计要反映多种能源的相互关系，就必须用共同的单位去计量不同的能源。不同的对象能找到一种通用的度量单位的先决条件是这些被研究对象必须要有共同的属性。

各种能源的共同属性之一是都有货币形式表现的价值，所以，能源价格可以作为能源的一种通用度量单位。这一属性是所有社会产品所共有的性质，因此，在整个国民经济的综合平衡投入-产出分析中常采用价值表现形式。但是在能源统计分析中用这种通用单位并不理想，因为一方面各种能源的价格是在不断变化的，变化的比例还常常不同；另一方面它也不反映能源系统内各种技术工艺过程的相互联系以及能源使用与相互替代所依据的基本属性。

各种能源的另一个共同的属性是都含有能。在一定的条件下都可以转化为热，这就是各种能源使用、替代及相互间进行物理或化

学转化过程时所依据的基本属性。所以，很自然地选用各种能源所含的热量作为统计计量的通用单位。

在用热量作为通用单位时有两种方法：一种是直接用热量单位；另一种是折合成某种燃料当量作为通用单位（称为“标准煤”或“标煤”），因为我国能源中以煤为主，多年来均沿用此单位。我国规定每千克煤当量为 29.3 MJ。

实际应用的通用单位还是比较复杂的。燃料的热值又有总热量和净热量（有高位热值与低位热值之分）。卡是很多国家能源计量单位的基础，但它所包含的能量大小却随卡的定义不同而稍有差异。

1969 年国际计量委员会建议废除卡作为热量单位，采用国际单位制（SI）中的焦耳作为能、功和热的单位，其定义为 1 国际安培电流在 1 国际欧姆电阻上 1s 内消耗的电能。采用国际统一单位，在保证信息传递的一致性和准确性方面有很大好处，可以避免混乱，节省大量人力物力。为了向国际标准单位过渡，许多国家和国际组织在采用其他单位的同时，也应用了这个单位。我国国家标准总局发布的国家标准（GB2586—1981 ~ GB2589—1981）中对此也做了相应规定。我国现已正式推行以国际单位制单位为基础，同时选用了一些非国际单位制的单位构成了“中华人民共和国法定计量单位”（简称法定单位）。法定单位中的能量单位为焦（焦耳）。

3. 燃料的发热量——热值

完全燃烧一个单位的燃料所发出的热量称为燃料的发热量或热值。燃料发热量分高位发热量和低位发热量。高位发热量指燃料的最大可能发热量。由于燃料中含水和燃料燃烧后生成的水都要吸收热量汽化，汽化的水蒸气将随排烟进入大气，汽化潜热就不可能被利用，因此，在高位发热量中扣除汽化潜热后就是低位发热量。在计算中，一般都用低位发热量作为燃料的热值。

燃料发热量的大小决定于燃料中碳、氢的含量，其数值一般由试验测定。热值的单位用 kJ/kg 、 kJ/m^3 或标准煤等。

第二节 太阳及太阳辐射能

一、太 阳

太阳是距地球最近的一颗恒星，它是一个巨大的炽热球状体，直径大约为 $1.39 \times 10^6 \text{ km}$ ，是地球直径的 109 倍。太阳的体积为 $1.41 \times 10^{18} \text{ km}^3$ ，是地球体积的 130 万倍。它的质量为 $1.982 \times 10^{27} \text{ t}$ ，比地球质量大 33.3 万倍。而它的平均密度约为 1.41 g/cm^3 ，只有地球平均密度的 $1/4$ 。太阳的主要组分是氢和氦等多种元素，其中氢含量约为 81%，氦的含量为 17%。

二、太阳能资源的特点

太阳能作为一种能源，与煤炭、石油、天然气、核能等矿物燃料相比，具有以下明显的优点：

(1) 普遍 太阳光普照大地，无论陆地或海洋，无论高山或岛屿，处处皆有，可直接开发和利用，且无需开采和运输。

(2) 无害 开发利用太阳能不会污染环境，它是最清洁的能源之一，在环境污染越来越严重的今天，这一点是极其宝贵的。

(3) 巨大 每年到达地球表面上的太阳辐射能约相当于 130 万亿 t 标煤，其总量属现今世界上可以开发的最大能源。

(4) 长久 根据目前太阳产生的核能速率估算，氢的储量足够维持上百亿年，而地球的寿命也约为几十亿年，从这个意义上讲，可以说太阳的能量是用之不竭的。

太阳能资源虽然具有上述几方面常规能源无法比拟的优点，但作为能源利用时，也有以下缺点：

(1) 分散性 到达地球表面的太阳辐射的总量尽管很大，但是能流密度很低。平均说来，北回归线附近，夏季在天气较为晴朗的情况下，正午时太阳辐射的辐照度最大，在垂直于太阳光方向 1 m^2 面积上接收到的太阳能平均有 1000W 左右，这样的能流密度是很

低的。因此在利用太阳能时,想要得到一定的转换功率,往往需要面积相当大的一套收集和转换设备,造价较高。

(2) 不稳定性 由于受到昼夜、季节、地理纬度和海拔高度等自然条件的限制以及晴阴云雨等随机因素的影响,所以到达某一地面的太阳辐照度既是间断的又是极不稳定的,这给太阳能的大规模应用增加了难度。为了使太阳能成为连续、稳定的能源,从而最终成为能够与常规能源相竞争的替代能源,就必须很好地解决蓄能问题,即把晴朗白天的太阳辐射能尽量贮存起来以供夜间或阴雨天使用,但目前蓄能也是太阳能利用中较为薄弱的环节之一。

(3) 效率低和成本高 目前太阳能利用的发展水平,有些方面在理论上是可行的,技术上也是成熟的。但有的太阳能利用装置,因为效率偏低,成本较高,总的来说,经济性还不能与常规能源相竞争。在今后相当一段时期内,太阳能利用的进一步发展,主要受到经济性的制约。

至于太阳能利用中的经济性问题,还必须考虑下列两种因素:

(1) 世界上越来越多的国家认识到一个能够持续发展的社会应该是一个既能满足社会需要,而又不危及后代人前途的社会。因此,尽可能多地用洁净能源代替高含碳量的矿物能源,是能源建设应该遵循的原则。随着能源形式的变化,常规能源的储量日益下降,其价格必然上涨,而控制环境污染也必须增大投资。

(2) 我国是世界上最大的煤炭生产国和消费国,煤炭约占商品能源消费结构的76%,已成为我国大气污染的主要来源。大力开发新能源和可再生能源的利用技术将成为减少环境污染的重要措施。能源问题是世界性的,向新能源过渡的时期迟早要到来。从长远看,太阳能利用技术和装置的大量应用,也必然可以制约矿物能源价格的上涨。

三、太阳辐射能

太阳所发出的巨大的光和热是其内部热核反应所产生的。根据理论计算,太阳内部小于0.23太阳半径以内的区域是一个高温、高压的产能核心。这里的温度大约1500万℃,占太阳全部质量的