



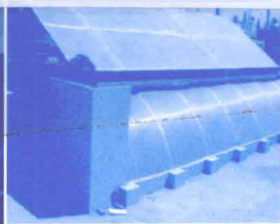
NONGCUN NENGYUAN

LIYONG CONGSHU

农村太阳能利用技术

NONGCUN TAIYANGNENG LIYONG JISHU

张无敌 张成 尹芳 等编著



化学工业出版社



NONGCUN NENGYUAN

LIYONG CONGSHU

农村太阳能利用技术

NONGCUN TAIYANGNENG LIYONG JISHU

张无敌 张斌 尹芳 等编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是“农村能源利用丛书”中的一本。

全书系统介绍了太阳能及农村太阳能利用技术。全面阐述了太阳能热水器的工作原理、结构,太阳能热水系统设计,热水器效率测试、使用和维护;详细介绍了太阳能电池、光伏发电原理、光伏发电系统的设计;分别介绍了太阳灶、太阳房、太阳能温室、太阳干燥、太阳能空调的原理、设计和应用,概述了太阳池技术和太阳能净水除盐技术,并给出了一些工程实例。

本书可作为农村推广太阳能应用的指导用书或相关专业研究学习人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

农村太阳能利用技术/张无敌,张成,尹芳等编著.
北京:化学工业出版社,2013.3
(农村能源利用丛书)
ISBN 978-7-122-16227-4

I. ①农… II. ①张… ②张… ③尹… III. ①农村
能源-太阳能利用 IV. ①S214

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 311920 号

责任编辑:袁海燕
责任校对:宋 玮

文字编辑:杨 帆
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 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司
850mm×1168mm 1/32 印张8 字数208千字 2013年5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 张 成 尹 芳

柳 静 杨如艳

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。



2013年1月

前言

太阳能既是一次能源，又是可再生可持续利用的能源，取之不尽，用之不竭，又无需运输，对环境无任何污染，是高含碳化石能源在污染物排放上不能比拟的一类重要替代能源。中国所处的地理位置太阳能资源十分丰富，大部分地区的年日照时数在 2000~3000h，太阳能辐射量为 $1000\sim 1800\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$ 。尤其是农村地区，地域宽广，基本没有高层建筑遮挡阳光，可以充分接收光照。农村太阳能的利用主要有光—电转换、光—热转换两种方式，太阳能光伏发电系统是解决我国偏远地区用电的重要途径之一，太阳能热利用主要用于生活热水、采暖、干燥、蒸馏、农用温室、制冷空调、烹调等。

我国目前有 6 亿多人生活在农村，有两亿左右农村居民仍然依靠直接燃烧秸秆、薪柴等生物质提供生活用能，不仅能源利用水平较低，还造成林木植被破坏，生态环境恶化，严重阻碍了农村经济和社会的可持续发展。随着农业生产的发展，农民生活水平的提高，势必增加对能源的需求。我国化石能源的短缺以及环境污染问题已给我国经济社会发展带来极大的压力。所以把自然生态能源利用起来显得十分重要，低成本、高效率地利用太阳能，是解决农村地区能源短缺、改善能源结构的有效方式。开发利用太阳能，对改善农民居住条件，提高农民生活条件，加强农村基础建设，完善农村电网具有非常重要的理论意义和实践价值，同时也有利于全面落实节能降耗的政策目标。

从政策支持方面来说，现在国家正在积极推进新农村建设，充分解决农村用电、燃料等问题是其重要环节。同时，国家正在积极推动可再生能源产业的发展，加大应用可再生能源的力度。而《中华人民共和国可再生能源法》的颁布，为太阳能的综合利用提供了

法律依据。该法案规定：国家鼓励和支持农村地区的可再生能源开发利用，因地制宜地推广农户用太阳能等技术。日前农业部发布的农业和农村十大节能减排技术将太阳能综合利用技术列入其中，国务院和各地方政府也大力支持农村太阳能的使用。此外，各地纷纷兴起了利用太阳能资源等各种非常规能源的热潮。太阳能的利用正在逐步深入到农民的生活中，在新农村建设和向小康村、生态村迈进的过程中发挥着越来越重要的作用。我国广大农村乡镇具有广泛的太阳能应用基础，具有极大的开发可行性和市场潜力。本书在编写过程中查阅了大量文献，力图深入浅出，旨在为农村太阳能的开发利用、社会主义新农村建设、创建文明生态村以及构建能源节约型和环境友好型社会起到一定的指导作用。本书的主要编写人员包括：张无敌、张成、尹芳、柳静、杨如艳。由于编者水平有限，挂一漏万，若有疏漏，还望读者不吝指正。

为了更好地服务读者，特给出书中各单位的中文名称：min（分钟），h（小时），L（升），m（米），℃（摄氏度），K（开尔文），kg（千克），t（吨），J（焦耳），cal（卡），Pa（帕斯卡），A（安培），V（伏特），W（瓦），kW·h（千瓦·时，度），以便读者参考使用。

编著者
2013年1月

目录

第一章 太阳能	1
第一节 太阳及太阳能	4
一、太阳的性质	4
二、太阳能的特点	5
第二节 太阳辐射	7
一、太阳辐射强度	7
二、太阳光谱	9
三、太阳高度与日照	10
四、地表的太阳辐射	13
五、大气中各物质对太阳辐射的影响	14
第三节 新农村太阳能的推广利用	15
一、太阳能在新农村建设中的现实意义	15
二、积极在新农村建设中开展太阳能推广应用活动	15
三、出台在新农村建设中推广应用太阳能的引导措施	16
第二章 太阳能热水器	17
第一节 太阳能热水器原理和结构	19
一、太阳能热水器的基本原理	19
二、太阳能热水器的结构	19
三、热水器的热性能计算	20
第二节 太阳能集热器	21
一、平板集热器	21
二、真空管集热器	23
三、聚光集热器	25
四、其他形式的集热器及热性能的决定因素	27

第三节 太阳能热水器的类型	30
一、闷晒式太阳能热水器	30
二、循环式太阳能热水器	31
第四节 太阳热水系统的设计	33
一、太阳热水器的连接方式	33
二、自然循环系统的设计	33
三、强制循环系统的设计	37
四、定温放水运行系统的设计	37
五、太阳能热水装置的工程参数	38
第五节 热水器效率测试	41
一、试验回路	41
二、各种参数的测量	42
三、热水器效率计算	43
第六节 太阳能热水系统的热能再利用与节水技术	44
一、热能再利用的原理和装置	44
二、热交换器	48
三、家庭住宅的节水技术	48
第七节 太阳能热水器的安装、使用和检修	50
一、太阳能热水器的安装	50
二、太阳能热水器的使用和保养	52
三、太阳能热水器的故障检修	52
第八节 太阳能光热利用的其他方案设计	54
一、太阳能与沼气结合技术	54
二、太阳能与地热能联合供暖技术	58
第三章 太阳能光伏发电	63
第一节 太阳能光伏发电的工作原理、系统组成及应用	65
一、太阳能光伏发电的工作原理	65
二、太阳能光伏发电系统的组成	66
三、太阳能光伏发电系统的应用	68
第二节 太阳电池	69

一、太阳电池工作原理	69
二、太阳电池的种类和特性	70
第三节 太阳能光伏发电系统的设计	78
一、太阳能光伏发电系统容量设计	78
二、太阳能光伏发电系统的设备配置和选型	81
三、太阳能光伏发电系统的防雷接地设计	82
第四节 太阳能光伏发电系统的操作使用和管理维护	85
一、太阳能光伏发电系统的操作规程	85
二、太阳能光伏发电系统的日常管理和维护	87
第五节 工程案例	95
第四章 太阳灶	99
第一节 太阳灶的类型及其应用	101
一、太阳灶的结构和类型	101
二、太阳灶的应用	104
第二节 箱式太阳灶	107
一、基本结构与原理	107
二、箱式太阳灶的特点	109
第三节 聚光式太阳灶	111
一、菲涅耳反光太阳灶	112
二、柱状抛物面太阳灶	113
三、旋转抛物面聚光太阳灶	113
第四节 太阳灶安全使用与维护保养	114
一、太阳灶的安全使用	114
二、太阳灶的维护与保养	115
三、使用太阳灶须注意的要点及方法	116
第五章 太阳房	119
第一节 太阳房的原理及种类	121
一、太阳房的基本原理	121
二、被动式太阳房	121
三、主动式太阳房	126

第二节 太阳房的设计建造与利用	129
一、太阳房的设计要领	129
二、太阳房的应用	130
第六章 太阳能温室	135
第一节 太阳能温室的原理及分类	138
一、太阳能温室的工作原理	138
二、太阳能温室的分类	138
三、太阳能温室的结构和型式	139
第二节 太阳能温室的建设和应用	140
一、太阳能温室的设计和建设	140
二、太阳能温室的应用	151
第七章 太阳能干燥	155
第一节 太阳能干燥技术简介	157
一、太阳能干燥的意义	157
二、太阳能干燥的优点	158
第二节 太阳能干燥的原理和特性	159
一、太阳能干燥的原理	159
二、物料的干燥特性	160
三、太阳能干燥方式的分类	168
四、太阳能干燥的应用	172
第三节 工程案例	178
一、中药饮片的太阳能干燥	178
二、枸杞太阳能干燥装置	180
三、牧草的太阳能干燥	182
四、污泥太阳能干燥	183
五、鱼的太阳能干燥	185
第八章 太阳能制冷与空调	187
第一节 太阳能制冷	189
一、制冷的基本概念及原理	189
二、太阳能制冷系统的分类	190

第二节 太阳能空调	197
一、太阳能空调的意义	197
二、太阳能空调的类型	198
三、太阳能空调的应用	202
第九章 集热与太阳池	203
第一节 太阳能集热器	205
一、太阳能集热器的分类	205
二、常见的太阳能集热器	207
第二节 太阳池	212
一、太阳池的集热原理和结构	212
二、太阳池的分类	213
三、太阳池的应用	218
第十章 太阳能净水除盐技术	223
第一节 太阳能净水除盐的原理及应用	226
一、太阳能净水除盐的原理	226
二、太阳能净水除盐的发展与应用	229
第二节 太阳能净水除盐系统	231
一、太阳能热能多效蒸馏法	232
二、太阳能反渗透苦咸水净化系统	233
参考文献	238

第一章

太 阳 能

太阳能 (Solar Energy), 一般是指太阳光的辐射能量, 在现代一般用作发电。自地球形成, 生物就主要以太阳提供的热和光生存, 自古以来人类就懂得利用阳光晒干物件, 并保存食物, 如制盐和晒咸鱼等。到了近代, 在化石燃料减少的情况下, 人类才有意进一步发展太阳能。太阳能的利用有被动式利用 (光热转换) 和光电转换两种方式。太阳能发电是一种新兴的可再生能源。广义上的太阳能是地球上许多能量的来源, 如风能、化学能、水的势能等。

太阳能能源是来自地球外部天体 (主要是太阳) 的能源, 人类所需能量的绝大部分都直接或间接地来自太阳, 植物通过光合作用

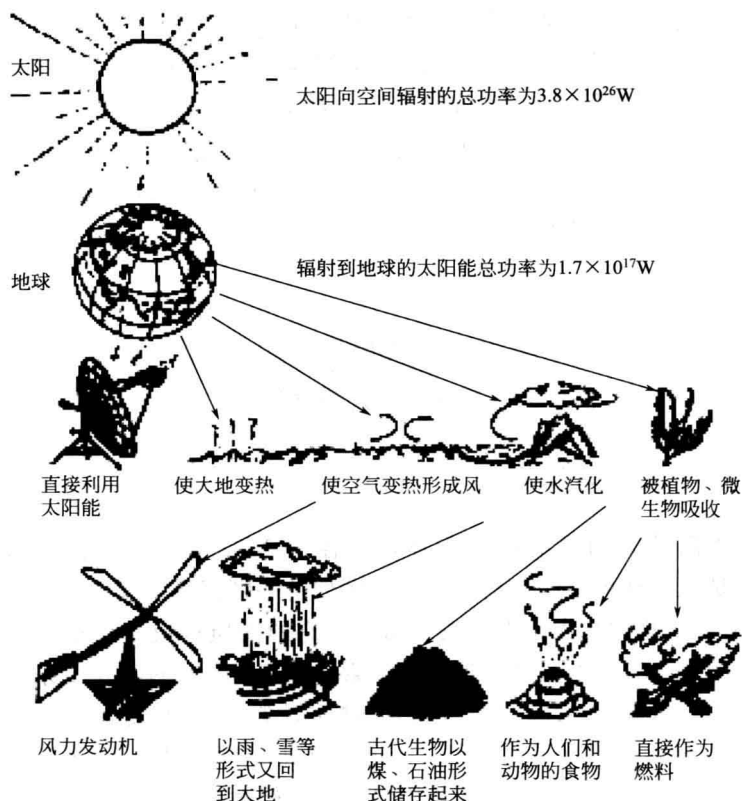


图 1-1 太阳能利用示意图

把太阳能转变成化学能在植物体内储存下来。煤炭、石油、天然气等化石燃料也是由埋在地下的动植物经过漫长的地质年代形成的，它们实质上是由古代生物固定下来的太阳能。此外，水能、风能等也都是由太阳能转换来的。太阳能的利用如图 1-1 所示。

据记载，人类利用太阳已有 3000 多年的历史，而真正将太阳能作为一种能源和动力加以利用，只有 300 多年的历史。近代太阳能利用历史可以从 1615 年法国工程师所罗门·德·考克斯在世界上发明第一台太阳能驱动的发动机算起。该发明是一台利用太阳能加热空气使其膨胀做功而抽水的机器。在 1615~1900 年，世界上又研制成多台太阳能动力装置和一些其他太阳能装置。这些动力装置几乎全部采用聚光方式采集阳光，发动机功率不大，工质主要是水蒸气，价格昂贵，实用价值不大，大部分为太阳能爱好者个人研究制造。真正将太阳能作为“近期急需的补充能源”，“未来能源结构的基础”，则是近年来的事。20 世纪 70 年代以来，太阳能科技突飞猛进，太阳能利用日新月异。

第一节

太阳及太阳能

一、太阳的性质

太阳是太阳系的中心天体，直径为 1392000km，发光球体。太阳是距地球最近、与地球关系最密切的一颗恒星，太阳系质量的 99.87% 都集中在太阳上。按质量计，它的物质构成是质量分数为 71% 的氢、26% 的氦和少量较重元素。它们都是通过核聚变来释放能量的，太阳最后核聚变产生的物质是铁和铜等金属。太阳每 25.4 天自转一周（平均周期，赤道比高纬度自转得快），每两亿年绕银河系中心公转一周。太阳因自转而呈轻微扁平状，与完美球形相差 0.001%，相当于赤道半径与极半径相差 6km。

太阳从中心向外可分为核反应区、辐射区和对流区、太阳大气层。太阳的大气层像地球的大气层一样，可按不同的高度和不同的性质分成各个圈层，即从内向外分为光球、色球和日冕三层。我们平常看到的太阳表面，是太阳大气的最底层，温度约是 6000K（即 5727℃）。太阳中心区之外就是辐射层，辐射层的范围是从热核中心区顶部的 0.25 个太阳半径向外到 0.86 个太阳半径，这里的温度、密度和压力是从内向外递减的。从体积来说，辐射层占整个太阳体积的绝大部分。

太阳的核心区域半径是太阳半径的 1/4，质量约为整个太阳质量的一半以上。太阳核心的温度极高，达到 1500 万摄氏度，压力也极大，使得由氢聚变为氦的热核反应得以发生，从而释放出极大的能量。这些能量再通过辐射层和对流层中物质的传递，才得以传送到太阳大气层的底部，并通过光球层向外辐射出去。太阳中心区的物质密度非常高，每立方厘米可达 160g。在自身强大重力吸引下，太阳中心区处于高密度、高温和高压状态，是太阳巨大能量的发源地。太阳内部能量向外传播，除辐射外，还有对流过程。即从太阳 0.86 个太阳半径向外到达太阳大气层的底部，这一区间叫对流层。这一层气体性质变化很大，很不稳定，形成明显的上下对流运动。这是太阳内部结构的最外层，太阳内部结构图如图 1-2 所示。

二、太阳能的特点

1. 太阳能的优点

太阳能是一种可再生能源，它的优越性和环保性越来越受到人们的重视，与常规能源相比，它具有以下几个方面的优点。

① 可持续性：太阳能是人类可以利用的最丰富的能源，据估计，在过去漫长的 11 亿年中，太阳消耗了它本身能量的 2%。每年地球所能接收到的太阳能至少有 $6 \times 10^{17} \text{ kW} \cdot \text{h}$ ，约为 74 万亿吨标准煤释放的能量，相当于地球总能耗的几万倍，是当今世界上可以开发的最大能源，也是地球未来的主要能源之一。