



21 世纪可持续能源丛书

太阳能利用技术

(第二版)

罗运俊 何梓年 王长贵 编著



化学工业出版社

C14037896

TK519
09-2

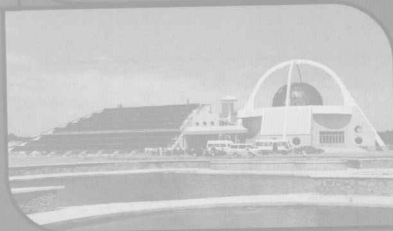


21 世纪可持续能源丛书

太阳能利用技术

(第二版)

罗运俊 何梓年 王长贵 编著



化学工业出版社

· 北京 ·



北航

C1725999

TK519
09-2

图书在版编目 (CIP) 数据

太阳能利用技术/罗运俊, 何梓年, 王长贵编著. —2
版. —北京: 化学工业出版社, 2013. 10
(21 世纪可持续能源丛书)
ISBN 978-7-122-18487-0

I. ①太… II. ①罗…②何…③王… III. ①太阳能利
用IV. ①TK519

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 223761 号

责任编辑: 戴燕红

文字编辑: 丁建华

责任校对: 蒋 宇

装帧设计: 韩 飞

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: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

710mm×1000mm 1/16 印张 27½ 彩插 2 字数 487 千字

2014 年 1 月北京第 2 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: 98.00 元

版权所有 违者必究

第二版序

20 世纪末,随着人类社会对能源可持续发展的迫切需要,出现了“可持续能源”的理念,并受到全世界人们的关注。

21 世纪以来,能源更是渗透到了人们生活的每个角落,成为影响全球社会和经济发展的第一要素。目前中国已经成为全球能源生产与消费的第一大国,能源与经济的关系、能源与环境的矛盾、能源与国家安全等问题日显突出。因此,寻找新型的、清洁的、安全可靠并可可持续发展的能源系统是广大能源工作者的历史使命。

2005 年,化学工业出版社出版了“21 世纪可持续能源丛书”,受到我国能源工作者的广泛好评;时隔 8 年,考虑到能源形势的变化和新技术的出现,又准备出版“21 世纪可持续能源丛书”(第二版),的确是令人高兴的事情。

“21 世纪可持续能源丛书”(第二版)共 12 册,仍然以每一个能源品种为一个分册,除对原有的内容做了更新,补充了最新的政策、技术和数据等外,增加了《储能技术》、《节能与能效》、《能源与气候变化》3 个分册。丛书第二版包括了未来能源与可持续发展的概念、政策和机制,各能源品种的资源评价、新工艺技术及特性以及开发和利用等;新增加的 3 个分册介绍了最新的储能技术,能源对环境与气候的影响以及提高能源效率等,使得丛书内容更加广泛、丰富和充实。

由于内容的广泛性和丰富性,以及参加编写的专家的权威性,本套丛书在深度和广度上依然保持了较高的学术水平和实用价值,是能源工作者了解能源

政策及信息，学习先进的能源技术和广大读者普及能源科技知识的不可多得的好书。

让我们期待这套丛书的出版发行，能为我国 21 世纪可持续能源的发展作出贡献。

王大中

中国科学院院士
2013 年 11 月 6 日

第二版前言

本书自 2005 年 1 月出版以来,颇受广大读者的欢迎,到目前为止已出版印刷了 9 次。2007 年 9 月台湾出版商新文京开发出版股份有限公司向化学工业出版社购买了本书的版权,并在台湾出版印刷和发行繁体中文版。但由于本书出版 8 年来,我国能源发展战略有了新的要求,太阳能利用技术也有了許多新的进展,为了更好地配合国家能源“十二五”规划,很有必要对本书内容进行补充和修改。

本书主要对太阳能光热转换和光电转换两大领域进行了叙述。具体内容包
括太阳能集热器、太阳能热水系统、太阳灶、太阳房、太阳能干燥、太阳能温
室、太阳能制冷与空调、太阳能热发电系统、太阳能光伏发电系统及太阳能其
他利用技术。本书对上述内容从原理、类型、结构设计、安装施工、使用与维
护和典型实例等几个方面进行了介绍和分析。其中第 1、2、10、11 章由王长
贵编写,第 3、7、9 章由何梓年编写,第 4、5、6、8、12 章由罗运俊编写。

为了突出本书的重点内容,这次再版第 11 章“太阳能光伏发电系统”补充了
控制器、铅酸蓄电池、逆变器等内容并增添了第 12 章“太阳能其他利用技术”。

本书在编写过程中,得到许多长期在太阳能行业工作,具有较好理论基础
和丰富实践经验的企业家和科研技术人员的大力帮助和支持,尤其是罗鸣先
生、吴兆流先生、邹怀松先生、王斯成先生,他们在百忙之中提供了许多宝贵
技术资料,特表衷心感谢。由于作者的水平和掌握材料所限,难免有不足和欠
妥之处,恳请广大读者和同行给予批评指正。

编者

2013 年 10 月

第一版序

能源是人类社会存在与发展的物质基础。过去 200 多年，建立在煤炭、石油、天然气等化石燃料基础上的能源体系极大地推动了人类社会的发展。然而，人们在物质生活和精神生活不断提高的同时，也越来越感悟到大规模使用化石燃料所带来的严重后果：资源日益枯竭，环境不断恶化，还诱发了不少国与国之间、地区之间的政治经济纠纷，甚至冲突和战争。因此，人类必须寻求一种新的、清洁、安全、可靠的可持续能源系统。

我国经济正在快速持续发展，但又面临着有限的化石燃料资源和更高的环境保护要求的严峻挑战。坚持节能优先，提高能源效率；优化能源结构，以煤为主多元化发展；加强环境保护，开展煤清洁化利用；采取综合措施，保障能源安全；依靠科技进步，开发利用新能源和可再生能源等，是我国长期的能源发展战略，也是我国建立可持续能源系统最主要的政策措施。

面临这样一个能源发展的形势，化学工业出版社组织了一批知名学者和专家，撰写了这套《21 世纪可持续能源丛书》是非常及时和必要的。

这套丛书共有 11 册，以每一个能源品种为一册，内容十分广泛、丰富和充实，包括资源评价，新的工艺技术特性介绍，开发应用中的经济性和环境影响，还涉及推广应用和产业化发展中的政策和机制等。可以说，在我国能源领域中，这套丛书在深度和广度上都达到了较高的学术水平和实用价值，不仅为能源工作者提供了丰富的能源科学技术方面的专业知识、信息和综合分析的政策工具，而且也能使广大读者更好地了解当今世界正在走向一个可持续发展

的、与环境友好的能源新时代，因此值得一读。

我们期待本丛书的出版发行，在探索和建立我国可持续能源体系的进程中作出应有的贡献。

中国科学院院士

王大中

2004年7月8日

第一版前言

能源是人类生存和社会发展的物质基础，而年人均能耗是评价一个国家贫富的重要标志。

我国的矿物能源储量虽然比较丰富，但是人均能源资源却只有世界人均能源资源的 $1/2$ 左右，年人均能耗仅为美国的 $1/12$ ，俄罗斯及西欧的 $1/5$ ，日本的 $1/4$ 。

从能源消费结构来看，我国是世界上最大的煤炭消费国，煤炭消费约占总能耗的 67% ，这是我国环境污染特别严重，生态恶化逐年加剧的重要原因。因此，大力发展新能源与可再生能源已成为中国 21 世纪发展国民经济和建设小康社会刻不容缓的主要任务和战略目标。

太阳能的开发和利用是开发和利用新能源与可再生能源的重要内容。太阳能具有资源丰富、取之不尽、用之不竭、处处均可开发应用、无需开采和运输、不会污染环境和破坏生态平衡等特点。因此太阳能的开发利用将有巨大的市场前景，它不仅带来很好的社会效益、环境效益，而且还具有明显的经济效益。我国十分重视太阳能的综合开发利用，在北京已建成集光电、光热、热泵、空调、采暖为一体的新能源综合示范楼（见彩图 1）。

我国是太阳能资源十分丰富的国家之一， $2/3$ 的地区年辐射总量大于 $5020\text{MJ}/\text{m}^2$ 、年日照时数在 2200 小时以上。尤其是大西北，太阳能的开发利用具有巨大的潜力，是一个十分诱人的产业。

为了普及、宣传和推广应用太阳能，我们编写了这本书。本书对太阳能光热转换和光电转换两大领域进行了叙述。具体内容包括太阳能热水器、太阳

本书在编写过程中，由于作者水平和掌握材料所限，难免有不足和欠妥之处，恳请广大读者给予批评指正。

2004 年 8 月



图1 新能源综合示范楼



图3 热管真空管热水工程



图2 家用平板太阳能热水器



图4 平板太阳能热水工程(云南)



图5 大型住宅真空管热水工程（四平）



图6 真空管热水工程（北京）



图7 真空集热管生产车间



图8 箱式聚光太阳灶



图9 太阳房

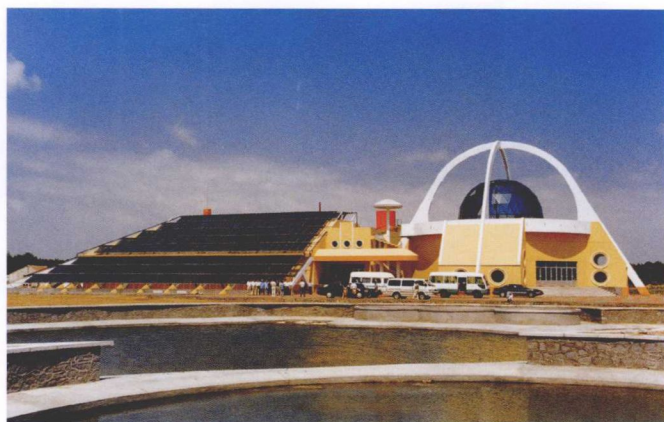


图10 太阳能空调系统(山东)



图11 国家体育馆 100kWp 太阳能光伏并网电站



图 12 深圳国际园林花卉博览园 1MWp 太阳能光伏并网电站

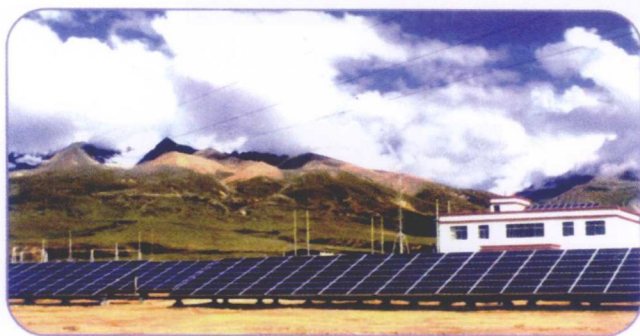


图 13 西藏羊八井 100kWp 太阳能光伏并网电站



图 14 上海世博会光伏建筑展馆



北航

C1725999

目 录

第1章 概论	1
1.1 新能源和可再生能源的含义、特点及种类	1
1.1.1 新能源和可再生能源的基本含义	1
1.1.2 新能源和可再生能源的主要特点	1
1.1.3 新能源和可再生能源的种类	1
1.2 开发利用新能源和可再生能源的意义	4
1.3 太阳能开发利用简史	7
1.4 太阳能利用基本方式	15
第2章 太阳和太阳能	16
2.1 巨大的火球	16
2.2 无比的能量	18
2.3 太阳能量的传送	19
2.4 彩色的光谱	21
2.5 太阳辐照度及特点	23
2.6 中国的太阳能资源	26
第3章 太阳能集热器	30
3.1 概述	30

3.2	太阳能热利用中的传热学基础	30
3.2.1	热量传递的基本方式	30
3.2.2	太阳辐射的吸收、反射和透射	33
3.3	太阳能集热器的分类	34
3.3.1	按集热器的传热工质类型分类	34
3.3.2	按进入采光口的太阳辐射是否改变方向分类	34
3.3.3	按集热器是否跟踪太阳分类	35
3.3.4	按集热器内是否有真空空间分类	35
3.3.5	按集热器的工作温度范围分类	35
3.4	平板型太阳能集热器	36
3.4.1	平板型集热器的基本结构	36
3.4.2	集热器的基本能量平衡方程	44
3.4.3	集热器总热损系数	44
3.4.4	集热器效率方程及效率曲线	46
3.4.5	平板型集热器的热性能试验	51
3.4.6	平板型集热器的技术要求	53
3.4.7	提高平板型集热器产品性能与质量的主要途径	55
3.5	真空管太阳能集热器	56
3.5.1	全玻璃真空管集热器	57
3.5.2	热管式真空管集热器	61
3.5.3	其他形式金属吸热体真空管集热器	65
3.5.4	真空管集热器的热性能试验	68
第4章	太阳能热水系统	71
4.1	概述	71
4.2	家用太阳能热水器	74
4.2.1	家用闷晒式太阳能热水器	74
4.2.2	家用平板太阳能热水器	76
4.2.3	家用紧凑式全玻璃真空管太阳能热水器	77
4.2.4	家用紧凑式热管真空管太阳能热水器	77
4.3	太阳能热水系统	78
4.3.1	自然循环太阳能热水系统	79
4.3.2	强制循环太阳能热水系统	80
4.3.3	直流式太阳能热水系统	84

4.3.4	太阳能热水系统设计相关要求	84
4.3.5	太阳能热水系统的控制技术	85
4.4	太阳能热水器的生产	86
4.4.1	平板集热器的生产	86
4.4.2	真空集热管的生产	92
4.4.3	水箱的生产	94
4.5	太阳能热水系统的设计、安装与维修	99
4.5.1	家用太阳能热水器的设计	99
4.5.2	太阳能热水系统的设计计算	100
4.5.3	太阳能热水系统的安装	102
4.5.4	太阳能热水系统的维护	106

第5章 太阳灶

5.1	概述	109
5.2	太阳灶的性能和结构类型	110
5.2.1	太阳灶的性能	110
5.2.2	太阳灶的结构类型	110
5.3	太阳灶的设计	116
5.3.1	旋转抛物面聚光太阳灶的设计	116
5.3.2	抛物线的制作方法	117
5.3.3	聚光太阳灶曲面的设计	119
5.3.4	太阳灶各参数的设计与确定	121
5.3.5	太阳灶的结构设计	123
5.4	太阳灶的材料与制作	126
5.4.1	太阳灶的壳体材料	126
5.4.2	太阳灶的反光材料	127
5.4.3	太阳灶的制作	128
5.5	太阳灶的使用和维护	130

第6章 太阳房

6.1	概述	132
6.2	太阳房的原理和类型	134
6.2.1	主动式太阳房	135
6.2.2	被动式太阳房	137