

普通高等教育“十二五”规划教材

可再生能源 传播导论

石惠娴 裴晓梅 编著



可再生能源、生态环境、循环经济三位一体
太阳能、风能、地热能、海洋能、氢能利用技术
关注生态环境的可再生能源的传播
以循环经济为准则的可再生能源传播

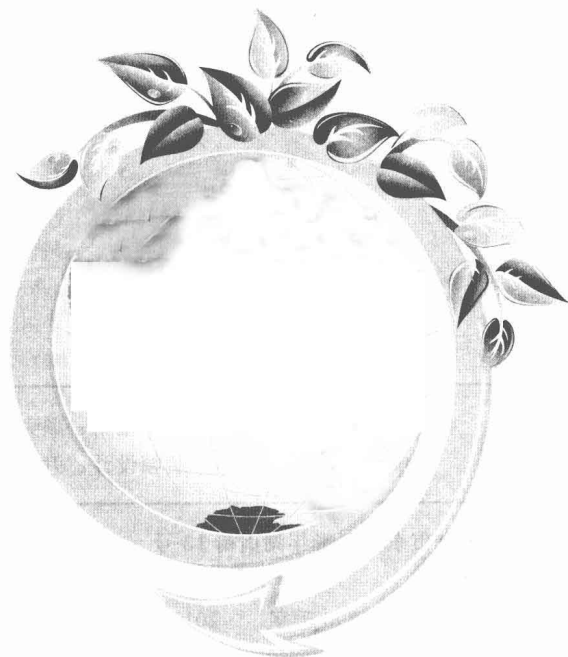


化学工业出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

可再生能源 传播导论

石惠娴 裴晓梅 编著



化学工业出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

可再生能源传播导论/石惠娴, 裴晓梅编著. —北京: 化学工业出版社, 2011.1

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-122-10369-7

I. 可… II. ①石…②裴… III. 再生资源: 能源-高等学校-教材 IV. TK01

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 003960 号

责任编辑: 赵玉清

文字编辑: 颜克俭

责任校对: 郑捷

装帧设计: 尹琳琳

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: 化学工业出版社印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张 12 字数 298 千字 2011 年 2 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: 25.00 元

版权所有 违者必究

前 言

实质上，可再生能源、生态环境和循环经济密不可分。美好的生态环境，是人类要实现的最最终目标，依据循环经济“减量化，再利用和再循环”的准则，可再生能源是实现这一目标的起点和关键之一。

目前，世界和我国可再生能源开发及利用需要一大批能够从事基础研发和工程实践的复合研究和应用型人才，同时也非常需要将可再生能源知识广泛传播的人才。如何使可再生能源的传播更为系统和科学？我们编著本书的目的就在于在可再生能源、生态环境和循环经济三位一体循环理念指导下，向各个专业学生传播可再生能源利用的产生和演化的知识，并为高等院校各专业学生提供可再生能源传播的文字教材。力求使各专业学生从本专业视角审视可再生能源利用的知识，相互融合，促进社会广泛关注可再生能源发展。

因此本书主要以可再生能源为主线，重点研究太阳能、风能、地热能、海洋能和氢能等利用技术的产生、演化和传播；侧重突出各可再生能源、生态环境及循环经济之间的关系，并以建筑节能为依托，给出可再生能源互补服务于建筑、能源、汽车工程领域的新思路，强调可再生能源、生态环境和循环经济三位一体，打造整体循环低碳经济的理念。

本书共计 10 章。第 1 章主要介绍可再生能源传播理念。第 2 章主要介绍可再生能源的重要意义。第 3 章主要介绍太阳能光热转换原理及其各种利用方式，其中重点介绍太阳能热水器、太阳灶、太阳能热力发电及太阳能利用的传播。第 4 章主要介绍地热能的利用，重点介绍地热能空调系统、地热发电系统、地源热泵技术及其在沼气工程及建筑节能领域的传播。第 5 章主要介绍风及风能的基础知识、风力发电及其在创新技术等方面的传播。第 6 章主要介绍各种海洋能及其利用方式。第 7 章主要介绍氢与氢能的基础知识，探讨氢能经济及燃料电池的应用，并重点介绍了燃料电池车和日本新能源汽车的发展案例。第 8 章主要介绍关注生态环境的可再生能源的传播。第 9 章主要介绍以循环经济为准则的可再生能源传播，重点介绍了可再生能源互补型沼气工程循环经济模式案例及建筑节能工程案例。

本书是建立在六年的“可再生能源、生态环境和循环经济”本科生公选课教学实践基础上完善而成的，贴近各专业学生的实际需求，在遵循可再生能源工科背景科学知识的前提下，表达力图简明扼要、通俗易懂，适合于高等院校各专业学生阅读和学习使用。

本书由石惠娴博士（副教授）和裴晓梅高级工程师（博士研究生）共同编著。其中第 1~4、7、9、10 章由石惠娴编写，第 5、6、8 章由裴晓梅编写。由于水平及时间所限书中不妥之处难免，欢迎读者批评指正。

编者

2010 年 11 月 9 日

目 录

第 1 章 可再生能源传播理念	1
1.1 可再生能源含义	1
1.2 可再生能源之重	1
1.2.1 替代化石能源	1
1.2.2 保障能源安全	2
1.2.3 带给清洁未来	2
1.2.4 供应现实能源	3
1.3 可再生能源领域信息	3
1.3.1 主要能源网	3
1.3.2 主要能源期刊	5
思考题	5
第 2 章 太阳能光热转换	6
2.1 太阳能资源	6
2.2 太阳能利用简史	6
2.3 太阳能集热器	10
2.3.1 集热器种类	10
2.3.2 平板集热器	10
2.3.3 真空管集热器原理和分类	12
2.3.4 聚光集热器原理和分类	12
2.4 太阳能热水器	13
2.4.1 闷晒式	13
2.4.2 直流式	13
2.4.3 循环式	13
2.4.4 太阳能热水器技术图书	14
2.4.5 我国太阳能热水器部分公司	15
2.5 太阳灶	16
2.5.1 闷晒式	16
2.5.2 聚光式	17
2.5.3 热管式	18
2.5.4 太阳灶农村应用举例	19
2.6 太阳能干燥器	20
2.7 太阳能温室	22
2.8 太阳房	23
2.9 太阳池	25
2.9.1 太阳池发展简史	25

2.9.2	太阳池的特点	26
2.9.3	典型盐梯度太阳池结构	27
2.9.4	太阳池发电系统	27
2.10	太阳能热力发电	28
2.10.1	低温循环	28
2.10.2	中温循环	28
2.10.3	高温循环	30
2.11	太阳能热利用的传播	32
2.11.1	太阳能住宅小区实例——中国太阳谷	32
2.11.2	奇幻的绿色未来城市——马斯达城	34
	思考题	36
第3章	地热能利用	37
3.1	地球的内部构造	37
3.2	地热能是可再生能源吗?	38
3.3	地热流体的物理化学性质	39
3.4	地热能的分布	40
3.5	地热能直接利用	42
3.6	地热能空调系统	43
3.7	地热发电系统	44
3.7.1	闪蒸系统地热发电	44
3.7.2	双流地热发电	45
3.8	地热能利用的传播	46
3.8.1	地热泵式建筑空调节能技术	47
3.8.2	地源热泵式沼气池加温系统	49
	思考题	51
第4章	风能	52
4.1	风基础知识	52
4.1.1	风力变化	53
4.1.2	风玫瑰图及风况曲线	54
4.1.3	风力等级	55
4.2	风能	56
4.3	风能利用简史	56
4.4	风力发电	62
4.4.1	风力发电机组成和原理	62
4.4.2	风力发电意义	62
4.4.3	风力发电机基本参数演化	63
4.4.4	风力发电主要研究方向	64
4.5	风力发电场举例——东海大桥海上风电场	65
4.5.1	风电场选址依据	65
4.5.2	海上风力发电场与陆地风力发电相比	65
4.5.3	海上风力发电场装机功率和效益	65

4.5.4	海上风力发电场效益分析	66
4.6	风光互补新能源照明技术	66
4.6.1	太阳能和风能的互补性	66
4.6.2	风光互补照明与普通市电照明对比	67
4.6.3	风光互补路灯原理和特点	68
4.6.4	风光互补路灯在实际中的应用	69
4.7	国内外风力发电技术的发展趋势	70
4.7.1	因地制宜发展互补发电模式	70
4.7.2	发展浓缩风能技术	70
4.7.3	发展海上风电	71
4.7.4	发展新概念型风能转换系统	71
4.8	风能利用的传播	72
4.8.1	风力发电创新技术	72
4.8.2	驾驭风的速度——风动力车	74
	思考题	76
第5章	海洋能	77
5.1	海洋能定义及特征	77
5.2	海洋能的类型	78
5.2.1	潮汐能	78
5.2.2	波浪能	79
5.2.3	温差能	80
5.2.4	盐差能	80
5.2.5	海流能	81
5.2.6	难以驾驭的海啸能	82
5.3	国内外海洋能利用简史	82
5.3.1	我国海洋能利用概况	82
5.3.2	世界海洋能发展现状	83
5.4	海洋能发电技术及实例	84
5.4.1	潮汐能发电站	84
5.4.2	波浪能发电	87
5.4.3	海洋热能转换技术(OTEC)	92
5.4.4	潮流发电	94
5.4.5	海流能发电	94
5.4.6	盐差能发电	95
5.4.7	海洋能发展预测	97
5.5	海洋能利用的传播——海洋温差热电转化技术	98
	思考题	99
第6章	氢能及燃料电池利用技术	101
6.1	氢与氢能	101
6.2	为什么要关注氢与氢能?	101
6.3	氢能经济	102

6.3.1	氢能经济现状	102
6.3.2	氢能经济的前提	105
6.3.3	氢能经济前景	108
6.4	燃料电池	109
6.4.1	燃料电池原理及特点	109
6.4.2	燃料电池类型	110
6.4.3	燃料电池电站	113
6.4.4	便携式燃料电池	113
6.4.5	燃料电池的各种用途	114
6.5	氢能和燃料电池利用的传播	115
6.5.1	燃料电池汽车	115
6.5.2	日本新能源汽车的发展案例	116
	思考题	118
第7章	可再生能源与生态环境	119
7.1	生态环境的基本概念	119
7.2	常规能源与生态环境恶化	119
7.3	太阳能与生态环境	119
7.3.1	太阳能取暖、热水、取冷和空调对环境的影响	119
7.3.2	太阳能与城市环境	120
7.3.3	太阳能电力对环境的影响	120
7.3.4	大量利用太阳能对全球的影响	120
7.3.5	五方面人为因素影响全球气候	121
7.4	地热能与生态环境	122
7.4.1	地热田开发生产与环境	122
7.4.2	地热能对土地的影响	123
7.4.3	开发地热能的噪声影响	124
7.4.4	地热电站的废热影响	124
7.4.5	地热电站产生的废气影响	124
7.4.6	地热电站产生的废水影响	125
7.5	风能与生态环境	126
7.6	海洋能与生态环境	128
7.7	氢能、燃料电池与生态环境、循环经济	129
7.8	关注生态环境的可再生能源传播(以德国为例)	130
7.8.1	太阳能光伏发电千屋顶计划	130
7.8.2	德国风电的一些举措	130
7.8.3	德国沼气工程	131
7.8.4	其他可再生能源的发展	133
	思考题	134
第8章	以循环经济为准则的可再生能源传播	135
8.1	循环经济及其特征	135
8.2	循环经济的起源	135

8.3 农工（农业和工业）一体化循环经济模式	136
8.4 生物质能循环经济型农业建设	140
8.5 循环经济型城市建设——贵阳的循环经济实践	146
8.6 生活中的循环经济	150
8.6.1 循环经济与公众参与	150
8.6.2 循环经济、可再生能源与节约	152
8.6.3 外国循环经济的优秀经验	158
8.6.4 循环经济的法制保障	163
8.7 以循环经济为准则的可再生能源的传播	168
8.7.1 可再生能源互补型沼气工程低碳模式案例	168
8.7.2 可再生能源整合型生态建筑节能工程案例	171
思考题	174
结束语	175
参考文献	178
致谢	182

第 1 章 可再生能源传播理念

能源、环境和经济实质上有着最广泛的相互联系。社会发展到如今，研究可再生能源、生态环境和循环经济三位一体的高级循环关系更能契合时代的需求，也能使可再生能源的传播更为系统和科学。简而言之，美好的生态环境是我们要实现的终极目标，可再生能源是实现这一目标的起点和关键，循环经济是实现这一目标过程必须遵守的准则。而低碳经济是三者整合后社会经济发展的必然趋势。

美好的生态环境，如何保护它以使我们的子孙后代永续得到它的滋养和孕育？就需要有更平稳更客观的准则——循环经济，就是自然生态系统物质循环流动的规律，构建人类经济活动物质闭环式流动系统“资源-产品-消费-再生资源”，遵循“减量化、再利用、再循环”的原则，使人类经济活动对自然生态系统的废弃物排放减至最少。

减量化原则即在产品制造过程输入端尽量减少进入生产和消费过程的资源，尽量不用化石能源，而采用可再生能源作为循环驱动力，从源头上保障整个生产过程的对环境的低污染。

可再生能源的开发利用，包括太阳能光伏发电、生物质能发电、地热能发电、风能发电、太阳光热发电和氢能发电等利用形式。

如果采用可再生能源发电，平均每生产 1kWh 来说可以减少为常规化石能源 CO₂ 释放量的 1/22，NO₂ 排放量约 1/60，SO_x 排放量的约 1/27。就此一项我们可以想见，如果充分利用可再生能源替代传统化石能源，则目前困扰人类的生态环境恶化问题将大大缓解。可见，可再生能源的开发利用是实现循环经济、缔造美好生态环境的重中之重、关键之源。

当然，可再生能源与生态环境的关系也并不是绝对的亲和，在了解可再生能源、传播可再生能源的同时，也要正确理解各种可再生能源对于生态环境的多重影响，并能在循环经济和低碳经济理念指导下，构筑能源、环境和经济多赢的科学发展之路，这也是本书要传达给读者的基本理念。

1.1 可再生能源含义

关于可再生能源的含义，本书采用 1981 年联合国在肯尼亚首都内罗毕召开的新能源和可再生能源会议上提出的。含义：是指采用先进方法或技术进行开发利用，对环境和生态友好、可持续发展、资源丰富的能源。它不同于常规化石能源，几乎是取之不尽、用之不竭，对环境无多大损害，有利于生态良性循环。重点是开发利用太阳能、风能、生物质能、海洋能、地热能和氢能。

1.2 可再生能源之重

1.2.1 替代化石能源

可再生能源是人类社会未来能源的基石，是化石能源枯竭的替代能源。世界能源资源如

下：截至 2008 年底，世界石油探明储量为 1708 亿吨，储产比为 42 年；天然气为 185.02×10^4 亿立方米，储产比为 60.4 年；煤炭为 8260.01 亿吨，储产比为 122 年。中国石油探明储量为 21 亿吨，占世界石油总量的 1.2%，储产比为 11.1 年；天然气探明储量为 2.46×10^4 亿立方米，占世界总天然气量的 1.3%，储产比为 32.3 年；煤炭为 1145 亿吨，占世界总煤量的 13.9%，储产比为 41 年。

随着经济的发展、人口的增加、社会生活的提高，预计未来世界能源消费量将以每年 3% 的速度增长，到 2020 年世界一次能源消费总量将达到 200 亿~250 亿吨标准煤以上。以目前各国的能源消费速度，石油、天然气和煤炭终将走向枯竭，以化石能源为主的时期必将是一个不太长的阶段。

在化石能源走向枯竭的旅途中，人类必须未雨绸缪，及早寻求新的替代能源。新能源与可再生能源是国际社会公认的理想替代能源。根据国际权威机构的预测，到 21 世纪 60 年代，即 2060 年，全球新能源和可再生能源的比例，将会发展到占世界能源构成的 50% 以上，成为人类社会未来能源的基石，世界能源舞台的主角，是目前大量应用的化石能源的替代能源。

1.2.2 保障能源安全

开发可再生能源是抵御能源危机的盾牌，是国家能源安全，经济可持续发展的保障。

现代工业社会中，石油是最有战略意义的能源和基础原料，成为交通业、发电和石化产业的支柱能源，而且，石油消费的水平已成为衡量一个国家经济发达程度的标尺。石油是目前能源舞台耀眼夺目的明星，但石油资源仅为少数地区所拥有，分布极不均匀，控制或争取石油资源已上升为国际政治共同关切的高度。

石油与国际冲突相辅相成。石油成为左右多次战争胜败的关键。第一次世界大战、第二次世界大战的胜败都证明了这一点。第一次石油危机和第二次石油危机导致的世界性经济衰退，证明一个不争的事实：石油是国际冲突的导火索，是能源危机的诱因，是工业革命和经济发展的制约因素，是国家能源安全的重要影响因素。

可再生能源具有高度分散；资源丰富，可以再生；清洁干净，使用中损害生态环境的污染物排放量较少的特点，势必将避免目前石油资源由于区域集中容易引发能源危机和战争的弊端。

1.2.3 带给清洁未来

可再生能源是与地球生态环境相协调的清洁能源，可以带给地球一个清洁的未来。

人类在大量使用化石燃料发展经济的同时，带来了严重的环境污染和生态系统破坏，主要表现为大气污染、水污染、土地荒漠化、绿色屏障锐减、臭氧层破坏、温室效应、酸雨侵害、物种濒危、垃圾积留和人口激增等十大环境问题。国际上概括为“3P”和“3E”问题：Population, Poverty, Pollution; Energy, Ecology, Environment。不仅成为一些国家和地区的环境问题，而且已发展成为一个国际性的环境问题。

以每发 1kWh 电为例，将各种可再生能源发电方式对环境排放的温室气体和有毒有害气体与传统化石能源作比较，见表 1.1 所列。

从表 1.1 中可以看出，可再生能源在 CO_2 、 NO_2 和 SO_x 排放上都较化石能源低很多，可以给地球一个清洁的未来。

表 1.1 发电导致的污染物排放

单位: g/kWh

能 源	CO ₂	NO ₂	SO _x	能 源	CO ₂	NO ₂	SO _x
煤	322.8	1.8	3.400	生物质能发电	0.0	0.6	0.140
石油	258.5	0.88	1.700	地热能发电	51.5	TR	TR
天然气	178.0	0.9	0.001	风能发电	6.7	TR	TR
核能	7.8	0.003	0.030	太阳能光热发电	3.3	TR	TR
光伏发电	5.3	0.007	0.020	氢能发电	5.9	TR	TR

注: TR=trace 极微的量。

1.2.4 供应现实能源

迄今,世界上不发达国家还有约 20 亿人口尚未用上电,其中我国约占 3000 万人。由于无电,这些人口大多仍然过着贫穷落后、远离现代文明的生活。这些地方缺乏常规能源资源,但自然能源资源丰富,并且人口稀少,用电负荷不大,因而发展新能源和可再生能源是解决其供电和用能问题的重要途径。有些领域如沿海与内河航标、高山气象站、地震测报台、森林火警监视站、光缆通信中继站、微波通信中继站、边防哨所、输油输气管道阴极保护站等,在无常规电源的特殊条件下,其供电电源采用新能源和可再生能源消耗化石燃料,可无人值守,最为先进、安全、可靠和经济。

综合以上四个方面,无论是作为化石能源枯竭的替代能源去扮演未来能源舞台的主角,或是屏蔽石油给人类社会及区域发展带来不稳定的祸,还是从经济社会走可持续发展之路和保护人类赖以生存的地球的生态环境的高度来审视,或是从为世界上约 20 亿无电人口和特殊用途解决现实的能源供应出发,开发可再生能源都具有重大战略意义。

1.3 可再生能源领域信息

1.3.1 主要能源网

主要能源网包括:中国能源网、中国信息能源网、蓝天能源网、中国农村能源行业信息网、中国能源导航网、中国可再生能源信息网等。

(1) 国际太阳能网

<http://www.solarenergy.org/>

Solar Energy International (国际太阳能教育网)。

<http://www.epsea.org/>

EI Paso Solar Energy Association (美国 EI Paso 太阳能协会)。

<http://sel.me.wisc.edu/>

Solar Energy Laboratory (美国太阳能实验室)。

(2) 国际地热能网

<http://geothermal.id.doe.gov/>

U. S. Department of Energy Geothermal Energy Technical Site (美国能源部地热能技术网站)。

<http://www.epa.gov/globalwarming/actions/cleanenergy/geothermal/index.html>

United States Environmental Protection Agency's Global Warming Site (美国环境保护

署全球变暖网站)。

<http://www.demon.co.uk/geosci/igahome.html>

International Geothermal Association (IGA) (国际地热能协会欧洲网站)。

(3) 国际风能网

<http://www.windpower.org/>

DANISH WIND INDUSTRY ASSOCIATION (丹麦风力机制造协会)。

<http://www.wind-energie.de/>

(德国风能协会)。

<http://www.bwea.com/>

THE BRITISH WIND ENERGY ASSOCIATION (英国风能协会)。

<http://www.auswea.com.au/>

AUSTRALIAN WIND ENERGY ASSOCIATION (澳大利亚风能协会)。

<http://www.nrel.gov/wind/>

National Wind Technology Center——NREL (美国国家可再生能源实验室国家风能技术中心)。

(4) 国际氢能网

<http://www.fema.gov/library/radback.htm>

Federal Emergency Management Agency (美国联邦灾难事故管理中心)。

<http://www.nuke-energy.com/>

International Nuclear Fuel Cycle (国际核燃料循环网站)。

<http://www.eren.doe.gov/hydrogen/htap.html>

Hydrogen Technical Advisory Panel under U. S. Department of Energy (美国能源部氢能技术咨询专家组)

(5) 国际海洋能网

<http://www.giec.ac.cn/chinese/division/ocean/home/index.html>

Division of Ocean Energy, Guangzhou Institute of Energy Conversion, CAS (广州能源研究所海洋能研究室)。

<http://oe.soest.hawaii.edu/>

Department of Ocean and Resources Engineering University of Hawaii at Manoa (美国夏威夷州立大学海洋与资源工程系)。

<http://www.ucc.ie/ucc/research/hmrc/ewern1.htm>

European Wave Energy Research Network (欧洲波浪能研究网络), 该网站旨在为欧盟与世界各地提供与波浪能研究相关的信息。

(6) 国际生物质能网

<http://www.iswa.org/>

The International Solid Waste Association (国际固体废弃物协会)。

<http://www.biofuels.doe.gov/>

The U. S. Department of Energy's National Biofuels Program (美国能源部国家生物燃料计划网站)。

<http://www.eren.doe.gov/biopower/>

US Department of Energy ——BioPower (美国能源部生物质能发电技术网站)。

1.3.2 主要能源期刊

主要能源期刊列举如下。

ISSN 0254-0096, 太阳能学报; ISSN 1002-6819, 农业工程学报; ISSN 1000-1298, 农业机械学报; ISSN 1003-2355, 中国能源; ISSN 1000-1166, 中国沼气; ISSN 1671-5292, 可再生能源; ISSN 1003-0417, 太阳能; ISSN 1005-7439, 能源技术; ISSN 1006-8759, 能源环境保护; ISSN 1004-3950, 能源工程; ISSN 1672-9943, 能源技术与管理; ISSN 1001-5523, 能源研究与利用; 1672-9064, 能源与环境; ISSN 1673-5404, 农业工程技术“新能源产业”; ISSN 1673-7237, 建筑节能; ISSN 1004-7948, 节能等。

ISSN 0360-1285, Progress in Energy and Combustion Science; ISSN 0360-3199, International Journal of Hydrogen Energy; ISSN 1364-0321, Renewable and Sustainable Energy Reviews; ISSN 0887-0624, Energy & Fuels; ISSN 0195-6574, Energy Journal; ISSN 0733-9402, Journal of Energy Engineering; ISSN 0195-0738, Journal of Energy Resources Technology; ISSN 0199-6231, Journal of Solar Energy Engineering; ISSN 0957-6509, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers—Part A—Power & Energy; ISSN 0090-8312, Energy Sources。

ISSN 0360-5442, Energy; ISSN 0378-7788, Energy and Buildings; ISSN 0196-8904, Energy Conversion and Management; 0140-9883, Energy Economics; ISSN 0301-4215, Energy Policy; ISSN 0306-2619, Applied Energy; ISSN 0961-9534, Biomass and Bioenergy; ISSN 0142-0615, International Journal of Electrical Power & Energy Systems。

ISSN 0960-1481, Renewable Energy; ISSN 0038-092X, Solar Energy; 0954-7118 International Journal of Global Energy Issues; ISSN 0885-8969, Energy Conversion, IEEE Transactions on; ISSN 0199-8595, Energy Engineering; ISSN 0142-5919, International Journal of Solar Energy; ISSN 0003-701X, Applied Solar Energy; ISSN 0140-9883, Energy Economics; 0319-5759, Energy Processing Canada; ISSN 1043-7320, Independent Energy。

ISSN 1078-3466, International Journal of Power & Energy Systems; ISSN 0970-3888, Pacific and Asian Journal of Energy; ISSN 0928-7655, Resource and Energy Economics; ISSN 0195-0738, Journal of Energy Resources Technology; ISSN 0199-6231, Journal of Solar Energy Engineering; ISSN 0363-907X, International Journal of Energy Research; ISSN 0307-7950, HAC The Heating & Air Conditioning Journal; ISSN 0885-8969, IEEE Transactions on Energy Conversion; ISSN 0958-305X, Energy & Environment。

思考题

- (1) 如何理解可再生能源的含义?
- (2) 可再生能源有哪些重要意义?
- (3) 关于可再生能源领域有哪些主要网站?
- (4) 关于可再生能源领域有哪些主要期刊?

第 2 章 太阳能光热转换

本章主要介绍太阳能资源，太阳能利用简史，太阳能集热器，太阳能热水器，太阳灶，太阳能干燥器，太阳能温室，太阳房，太阳池和太阳能热力发电原理及应用。

2.1 太阳能资源

你了解太阳吗？太阳为什么能释放出巨大的能量？为什么说太阳能是可再生能源？

太阳是一个炽热的气态球体，它的直径约为 $1.39 \times 10^6 \text{ km}$ ，质量约为 $2.2 \times 10^{27} \text{ t}$ ，为地球质量的 3.32×10^5 倍，体积则比地球大 1.3×10^6 倍，平均密度为地球的 $1/4$ 。太阳的主要组成气体为氢（约 80%）和氦（约 19%）。

由于太阳内部持续进行着氢聚合成氦的核聚变反应，所以不断地释放出巨大的能量，并以辐射和对流的方式由核心向表面传递热量，温度也从中心向表面逐渐降低。由核聚变可知，氢聚合成氦在释放巨大能量的同时，每 1g 质量将亏损 0.00729g。根据目前太阳产生核能的速率估算，其氢的储量足够维持 600 亿年。尽管太阳辐射到地球大气层的能量仅为其总辐射能量（约为 $3.75 \times 10^{26} \text{ W}$ ）的 22 亿分之一，但已高达 173000TW，也就是说太阳每秒钟照射到地球上的能量就相当于燃烧 500 万吨煤的能量。因此相对而言，太阳能是用之不竭的，是可再生能源。

太阳能有广义太阳能和狭义太阳能之分。狭义的太阳能是指通过光热、光电和光化学的手段直接转换的太阳辐射能。广义的太阳能则范围很大，不仅包括狭义的太阳能，而且包括地球上的风能、水能、海洋温差能、波浪能和生物质能以及部分潮汐能。即使是地球上的化石燃料——如煤、石油、天然气等，从根本上说也是远古以来储存下来的太阳能。

太阳能的主要优点是资源丰富，既可免费使用，又无需运输，对环境无任何污染。主要缺点有两个，一是能流密度低；二是其强度受各种因素（昼夜、季节、地点和气候等）的影响不能维持常量。这两大缺点大大限制了太阳能的有效利用。

2.2 太阳能利用简史

人类利用太阳能已有 3000 多年的历史。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 年之间，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。20 世纪的 100 年间，太阳能科技产生和演变的历史大体可分为七个阶段。

第一阶段（1900~1920 年）：低波峰上升趋势。1901 年，在美国加州建成一台太阳能抽水装置，采用截头圆锥聚光器，功率 7.36kW；1902~1908 年，在美国建造了五套双循环太

太阳能发动机,采用平板集热器和低沸点工质;1913年,在埃及开罗以南建成一台由5个槽形抛物镜组成的太阳能水泵,每个长62.5m、宽4m,总采光面积达1250m²。

这一阶段太阳能研究的重点仍是太阳能动力装置,但采用的聚光方式多样化,且开始采用平板集热器和低沸点工质,装置逐渐扩大,最大输出功率达73.64kW,实用目的比较明确,造价仍然很高。

第二阶段(1920~1945年):低谷停滞时期。由于矿物燃料的大量利用和第二次世界大战(1935~1945年)的影响,太阳能不能满足当时对能源的急需,因此参加研究太阳能工作的人数和研究项目大为减少,使太阳能研究工作逐渐受到冷落。

第三阶段(1945~1965年):恢复和发展阶段。第二次世界大战结束后,有识之士注意到石油和天然气资源正在迅速减少,呼吁人们重视,并且成立太阳能学术组织,举办学术交流和展览会,从而逐渐推动了太阳能研究工作的恢复和开展,再次兴起太阳能研究热潮。

1952年,法国国家研究中心在比利牛斯山东部建成一座功率为50kW的太阳炉。1955年,以色列人泰伯等在第一次国际太阳热科学会议上提出选择性涂层的基础理论,并研制成实用的黑镍等选择性涂层,为高效集热器的发展创造了条件;1954年,美国贝尔实验室研制成实用型硅太阳能电池,为光伏发电^①大规模应用奠定了基础。1960年,在美国佛罗里达州建成世界上第一套用平板集热器供热的氨-水吸收式空调系统,制冷能力为5冷吨(1冷吨就是使1t 0℃的水变为0℃的冰所需要的制冷量)。1961年,一台带有石英窗的斯特林发动机问世。

这一阶段,太阳能基础理论和基础材料的研究取得了进展,如太阳选择性涂层和硅太阳能电池等技术获得重大突破。平板集热器发展很快,技术逐渐成熟。太阳能吸收式空调的研究取得进展,建成了一批实验性太阳房。初步研究了难度较大的斯特林发动机和塔式太阳能热发电技术。

第四阶段(1965~1973年):停滞不前阶段。由于太阳能利用技术处于成长阶段,尚不成熟,并且投资大,效果不理想,难以与常规能源竞争,因而得不到公众、企业和政府的重视和支持。

第五阶段(1973~1980年):能源危机冲击后的觉醒发展时期。1973年第一次石油危机(能源危机)之后,许多国家,尤其是工业发达国家,重新加强了对太阳能及其他可再生能源技术发展的支持,在世界上再次兴起了开发利用太阳能热潮。1973年,美国制定了政府级阳光发电计划;1974年,日本政府制定了“阳光计划”,太阳能研究经费大幅度增长,促进了太阳能产品商业化。其中太阳能研究开发项目有:太阳房、工业太阳能系统、太阳热发电、太阳电池生产系统、分散型和大型光伏发电系统等。

这一阶段,开发利用太阳能成为政府行为,不少国家制定了近期和远期阳光计划。取得一批较大成果,如真空集热管、非晶硅太阳能电池、光解水制氢、太阳能热发电等。太阳热水器、太阳电池等产品开始实现商业化,太阳能产业初步建立,但规模较小,经济效益尚不理想。

但各国制定的太阳能发展计划,普遍存在要求过高、过急问题,对实施过程中困难估计不足,希望在较短的时间内实现大规模利用太阳能,取代矿物能源。例如,美国曾计划在1985年建造一座小型太阳能示范卫星电站,1995年建成一座500万千瓦空间太阳能电站。事实上,这一计划后来进行了调整,至今空间太阳能电站还未升空。

① 光伏发电是利用半导体界面的光生伏特效应而将光能直接转变为电能的一种技术。

利人来自日本,日本拥有的发明专利数量绝对第一,占45%,美国以21%排名第二,德国、中国紧随其后,分别为10%和8%,此外,韩国占3%,澳大利亚占2%,俄罗斯和世界知识产权组织(WIPO)各占1%,其他国家共占9%;二是太阳能核心技术的拥有者为企业,目前全球太阳能产业领域申请专利前十名的全部为日本企业,其中日本佳能株式会社最多,专利申请数量为1503项,夏普次之,为1345项,京都陶瓷883项、三洋电子799项及松下530项,表现出绝对的领先优势;其他发达国家的企业,如美国的Sun Power和德国的Siemens Solar等企业在太阳能光伏市场上都有非常强的竞争力,不容忽视。

太阳能热利用是一种可再生能源技术领域商业化程度最高、推广应用最普遍、最现实、最有前途、最有可能替代化石能源消耗的太阳能利用方式与技术之一。我国太阳能热利用工程主要包括太阳热水、太阳房、太阳灶、采暖与空调、制冷、太阳能干燥、海水淡化和工业用热等领域。其中太阳能热水器在我国得到了快速发展和推广应用,是我国可再生能源领域中产业化发展最成功的范例。到2006年,我国太阳能热水器年产能已超过1800万平方米,使用总量已达到9000万平方米,占世界的60%,使用太阳能热水器已覆盖4000多万个家庭,有1.5亿人使用了太阳能,并继续以每年20%~30%的速度递增,是世界最大的太阳能热水器生产国和应用国,而且我国太阳能热水器产业年产值180多亿元,出口创汇5000万美元,全行业提供就业机会60多万个。近年来我国太阳能热水器行业的自有技术已占95%以上,而综合成本还不到国外平均水平的一半。在太阳能利用标准体系建设方面,2006年年底颁布实施了20项标准,其中国家标准16项、行业标准4项,已建成北京和武汉两个国家级太阳能热水器产品检测中心。同时,也必须清醒地看到,我国太阳能热水器产品的质量总体水平不高,目前太阳能热水器生产企业有3000多家,大量作坊式企业生产使得市场上近70%的太阳能产品在冬天存有安全隐患,消费者的总体满意率只有33%~54%;特别是中小企业的产品质量不够稳定,在可靠性、耐久性和舒适性等方面还与燃气热水器、电热水器有着明显的差距。

我国以无锡尚德、北京科诺伟业、保定天威英利等为主的一批光电企业已自主研发出“光伏屋顶组件”、“光伏玻璃幕墙组件和应用产品集成化”、并网光伏发电系统等高端关键技术;并开始登陆海外市场,如天威英利2006年11月取得目前世界最大光伏并网发电工程——葡萄牙茂拉项目,总装机容量62MWp,另外该公司还先后承建了2006德国世界杯凯泽斯劳滕足球场1MWp光伏屋顶工程、德国霍亨伯格太阳能公园工程等。在国际市场和国内政策的拉动下,我国已成为世界三大光伏电池生产国之一,而且中国光伏电池的效率达到了21%,按照这个发展趋势,预计到2016年我国就有可能成为世界第一大或第二大生产光伏电池的国家。

但是,我国太阳能发电技术存在很多问题,主要分析如下。

一是,我国太阳能光伏产业的硅材料主要依靠进口,特别是多晶硅原料严重依赖进口。实际生产量与需求之间存在巨大的差距,这就造成目前多晶硅价格已从2001年的每千克25~40美元上涨到2006年的200美元,我国光伏发电成本也由每千瓦时电1.5元上升到4元。

二是,我国太阳能产业,尤其是光伏产业的核心技术及制造装备主要在国外。尽管2003~2006年间我国太阳能发明专利数量增长了3倍,但我国太阳能利用技术专利仅占世界太阳能专利的8%。研究表明:我国太阳能专利申请排名前三名的机构为皇明太阳能集团134项专利(其中发明专利8项)、中国科学院87项(其中发明专利38项)、上海交通大学73项(其中发明专利58项)。