

21世纪能源与动力系列教材
Textbook Series of Energy & Power for 21st Century

新能源与可再生能源技术

New and Renewable Energy Technologies

◇ 主 编 / 李传统



东南大学出版社

21 世纪能源与动力系列教材

新能源与可再生能源技术

李传统 主编

东南大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

新能源与可再生能源技术/李传统主编. —南京:东南大学出版社, 2005. 8

(21 世纪能源与动力系列教材)

ISBN 7-5641-0126-1

I. 新... II. 李... III. ① 能源—新技术—高等学校—教材 ② 再生资源: 能源—高等学校—教材
IV. TK01-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 067138 号

东南大学出版社出版发行
(南京四牌楼 2 号 邮编 210096)

出版人: 宋增民

江苏省新华书店经销 扬中市印刷有限公司印刷
开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 16.25 字数: 399 千字
2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月第 1 次印刷
印数: 1—4000 定价: 30.00 元

(凡因印装质量问题,可直接与我社读者服务部联系。电话:025-83792328)

内 容 提 要

全书共分为10章。第1章对新能源的概念、种类、利用的现状和发展趋势进行了简明扼要的介绍;第2章对太阳能的资源状况,太阳能供热、制冷和发电的基本原理、常用工艺技术进行了较为详细的介绍;第3章对风能的资源状况、风能发电技术和发展趋势进行了介绍和讨论;第4章对地热能的资源状况、常见形式、供热、干燥以及发电利用技术和发展趋势进行了介绍;第5章对海洋能的资源状况、海洋能的利用方式、常见的海洋能的利用技术和工艺进行了介绍;第6章介绍了生物质能的分类、资源状况、热解和气化的概念、原理、工艺和设备,对生物质能源利用技术的研究进展和发展趋势进行了较为全面的描述;第7章对氢能的资源状况、氢气的制备过程、氢能的利用方式、燃料电池的工作原理、氢能发电的常见工艺进行了系统的论述,并对氢能利用的发展趋势进行了讨论;第8章对天然气水合物的赋存形式和资源状况、利用方式和发展前景进行了介绍;第9章对洁净煤技术的意义、洁净煤的利用方式与工艺、联合循环的现状与发展方向、洁净煤技术在我国一次能源中的战略意义进行了讨论;第10章对新能源与可持续发展的关系、能源利用过程中对环境造成的影响、能源利用过程中控制污染排放的意义等内容进行了论述。

本书较为全面地介绍了新能源与可再生能源的资源状况、利用原理与技术,系统完整。适合从事能源生产、能源管理、环境保护和能源化工等领域的工程技术人员、研究人员参考和使用,也可作为大专院校热能与动力工程、环境工程、建筑环境与设备等专业及相关专业的教材。

ABSTRACT

This book is composed of 10 chapters. In chapter 1, the concepts, classification, utilizing status quo and development trend of new energy are introduced briefly; In chapter 2, the basic principles of solar energy resource status, solar energy assistant heating, refrigeration and electric power generation as well as the commonly used process are introduced in detail; In chapter 3, the resource status quo, power generation technology and development trend of wind energy are introduced and discussed; In chapter 4, the status and common types of geothermal energy as well as geothermal heating, drying and power generation and development trend are introduced; In chapter 5, the status quo and utilization of ocean energy, the commonly used technology and process of ocean energy utilization are introduced; In chapter 6, the classification and resource status, concepts, principles, process and equipment of pyrolysis and gasification of biomass are introduced, in addition, the progress and development trend of the utilizing technology of biomass energy are described comprehensively; In chapter 7, the resource status, preparation and utilization of hydrogen energy are introduced. The working principles of fuel cell and the common process of hydrogen power generation are formulated systematically, and the development of hydrogen energy utilization are discussed; In chapter 8, the deposit and resource status, utilizing methods and prospect are introduced; In chapter 9, the significance of clean coal technology, utilizing methods and process of clean coal and the status quo and development trend of combined cycle as well as the strategic significance of clean coal as primary energy are discussed; In chapter 10, the relation between new energy and sustainable development, the influences on the environment and the meaning of pollutants control in energy utilization are addressed.

In this book, a comprehensive and systematic introduction to the status, utilizing principles and technology of new energy and renewable energy resources was conducted. It is suitable for engineers and researchers in the fields of energy production, management and environmental protection to use as references, and for the use of textbook in the major of heat and power engineering, environment engineering, building environment engineering and facilities and other relevant engineering.

21 世纪能源与动力系列教材编委会

主任 侯小刚

编委 侯小刚 赵孝保 丁轲轲
徐生荣 张 奕 周 欣
郭恩震 卢 平 余跃进
辛洪祥 李传统 张少凡
路诗奎

序

热现象是自然界中最普遍的物理现象。工程热力学、传热学是以热现象为研究对象的学科,主要研究热能与机械能或其他形式能量之间的转换与传递规律,研究热能的合理、有效利用技术及方法。热能的转换、传输、控制、优化与利用的各环节都离不开对流体流动规律的认识与利用,离不开燃烧理论与技术的研究与运用。因此,工程流体力学、工程热力学、传热学、燃烧理论与技术等几门课程成为能源与动力类专业的主要技术基础课。

古人云:巧心、劳力、成器物者曰工。作为工程技术学科的教材,要体现探求规律,认识规律,运用规律,物化成果的要求。针对应用型工程技术专业的实际需要,南京师范大学等院校开展了对能源与动力学科系列课程的建设与改革,在此基础上组织编写了工程流体力学、工程热力学、传热学、燃烧理论与技术等课程教材,作为能源动力类系列教材推出。几本教材既相互联系,又各具特色。随着教育、教学改革深入,将陆续出版能源动力类系列教材。

工程专业是关于科学知识的开发应用和关于技术的开发应用的,在物质、经济、人力、政治、法律和文化限制内满足社会需要的,一种具有创造力的专业。因此,对于工程应用专业人才,需要他们具备宽广的专业面、全面的工程素质。上述几本教材,还可以作为大多数工程技术专业的公共技术基础课程用书,在培养全面发展的工程技术人才方面发挥作用。

侯小刚

2003年10月于南京师范大学

前 言

能源是人类社会存在和发展的物质基础。自从英国工业革命以来,以煤炭、石油和天然气等化石燃料为一次能源的供能系统极大地推动和促进了世界各国的经济发展。经济发展促进了能源消费的快速增长,在人们物质和精神生活质量不断提高的同时,也看到了大量使用化石燃料带来的严重后果,诸如化石能源资源枯竭、环境不断恶化、为占有能源资源引发冲突和战争等。自从 20 世纪 70 年代发生能源危机以来,人类探寻一种新的、清洁、安全、可靠的可持续能源系统,世界各国对新能源与可再生能源日益重视,不断加大人力和物力的投入力度,促进了新能源和可再生能源利用技术和装置的研发,加快了新能源和可再生能源的商业化进程。

我国经济正在快速发展,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,以煤为多元化发展,加强环境保护,开展煤清洁化利用;采用综合措施,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,是我国长期能源的发展战略,也是我国建立可持续能源系统最主要的政策措施。

随着人们对新能源和可再生能源的日益关注和重视,人们越来越想了解新能源和可再生能源的知识。为了满足从事能源生产、能源管理、环境保护和能源化工等领域的工程技术人员和大专院校有关专业学生的需要,我们编写了本书。

本书由李传统主编。全书共 10 章,第 1 章由李传统编写;第 2 章和第 3 章由余业珍编写;第 4 章和第 5 章由刘荣编写;第 6 章和第 7 章由李传统编写;第 8 章和第 9 章由刘荣和唐博编写;第 10 章由刘荣编写。全书由李传统统稿。

上海理工大学刘道平教授对本书进行了全面地审阅,提出了许多宝贵的意见和建议。这些意见和建议已反映在本书中,对刘道平教授的辛勤劳动表示衷心的感谢。

在本书的编写过程中,得到了南京师范大学动力工程学院同仁的支持和帮助,东南大学出版社朱珉和戴坚敏两位编辑为本书的出版付出了辛勤的劳动,在此对他们一并表示真诚的感谢。同时,对书中所引用文献的作者表示深深的谢意。

近年来,与新能源和可再生能源相关的基础理论研究和技术应用,成为能源领域研发和投资的热点,各种成果层出不穷,限于编者的水平,对这些新成果的介绍可能挂一漏万,疏漏在所难免,恳请读者批评指正。

本书的编写和出版得到了南京师范大学学科建设经费的资助。

编 者

2005 年 5 月

目 录

■ 绪论	(1)
1.1 能源的基本概念	(1)
1.2 新能源与可再生能源	(3)
1.3 新能源与可再生能源的技术现状和发展趋势	(5)
思考题	(5)
■ 太阳能	(6)
2.1 概述	(6)
2.1.1 太阳能的特点	(6)
2.1.2 中国的太阳能资源分布	(6)
2.2 太阳能热利用	(7)
2.2.1 太阳能采集	(7)
2.2.2 太阳能热水器	(9)
2.2.3 太阳灶	(10)
2.2.4 太阳能干燥器	(11)
2.2.5 太阳能温室	(12)
2.2.6 太阳房	(13)
2.2.7 太阳能制冷	(14)
2.2.8 太阳池	(14)
2.2.9 太阳能热力发电	(16)
2.2.10 太阳能热力机	(17)
2.2.11 太阳能蒸馏—海水淡化	(18)
2.3 太阳能光电转换	(19)
2.3.1 太阳能电池	(19)
2.3.2 光伏水泵系统	(22)
2.3.3 太阳能光伏技术发展现状	(23)
2.4 其他形式的太阳能转换	(25)
2.4.1 太阳能—氢能转换	(25)
2.4.2 太阳能—生物质能转换	(25)
2.4.3 太阳能—机械能转换	(26)
2.5 影响太阳能利用的因素	(26)
2.5.1 推广应用太阳能的制约因素	(26)
2.5.2 制约因素对太阳能利用的影响	(26)
思考题	(29)

■ 风能	(30)
3.1 概述	(30)
3.2 风况	(31)
3.2.1 风的起源	(31)
3.2.2 风的变化	(32)
3.2.3 风力等级	(35)
3.2.4 风况曲线	(36)
3.2.5 风能特点和风能密度	(37)
3.3 风能资源	(38)
3.3.1 风的全球资源及分布	(38)
3.3.2 中国的风能资源	(39)
3.4 风能利用	(41)
3.4.1 风能利用概述	(41)
3.4.2 风力发电的型式	(45)
3.4.3 风力发电系统的总成本	(45)
3.5 风能的價值	(46)
3.5.1 节省燃料	(46)
3.5.2 容量的节省	(46)
3.5.3 减少废物排放	(47)
3.5.4 节省的燃料、容量、运转、维修和排放费用	(47)
3.6 世界风电市场	(48)
3.6.1 世界风电发展状况	(48)
3.6.2 我国风电场介绍	(49)
3.7 环境方面的问题	(50)
3.7.1 污染排放	(50)
3.7.2 噪音	(51)
3.7.3 伤害鸟类	(52)
3.7.4 干扰通信	(52)
3.7.5 安全问题	(52)
3.7.6 影响视觉景观	(52)
3.8 中国风力发电发展预测	(53)
思考题	(53)
■ 地热能	(54)
4.1 概述	(54)
4.2 地球的内部构造	(54)
4.3 地热能的来源	(55)
4.4 地热资源	(56)
4.4.1 地热资源的分类及特性	(57)
4.4.2 地热资源研究状况	(59)

4.4.3 地热资源评估方法	(59)
4.4.4 地热开采技术	(61)
4.4.5 地热资源的生成与分布	(62)
4.4.6 我国地热资源	(63)
4.5 地热能的利用	(64)
4.5.1 地热流体的物理化学性质	(64)
4.5.2 地热能的利用概况	(66)
4.5.3 地热能发电	(69)
4.5.4 我国地热电站介绍	(71)
4.6 地热能利用的制约因素	(73)
4.6.1 环境影响	(73)
4.6.2 地热能的成本结构	(74)
4.6.3 常见制约因素	(75)
4.7 我国地热能发展现状和发展趋势	(76)
4.7.1 地热能利用现状	(76)
4.7.2 地热能发展预测	(76)
思考题	(77)
■ 海洋能	(78)
5.1 海洋	(78)
5.2 海洋能	(78)
5.2.1 海洋能的分类	(79)
5.2.2 海洋能的特点	(79)
5.2.3 海洋能的开发	(80)
5.3 海洋能利用技术	(80)
5.3.1 波浪发电	(80)
5.3.2 潮汐发电	(86)
5.3.3 海洋温差发电	(91)
5.3.4 海(潮)流发电	(93)
5.3.5 海洋盐差能发电	(94)
5.4 海洋能发电的趋势	(95)
5.4.1 潮汐能发电	(95)
5.4.2 波浪能发电	(95)
5.4.3 海洋温差发电	(95)
5.5 潮汐电站实例——大官坂潮汐电站	(95)
思考题	(100)
■ 生物质能	(101)
6.1 概述	(101)
6.2 我国的生物质资源	(104)
6.2.1 农作物秸秆	(104)

6.2.2 畜禽粪便	(104)
6.2.3 林业及其加工废弃物	(104)
6.2.4 城市生活垃圾	(105)
6.2.5 生活污水与工业有机污水	(106)
6.3 生物质能利用技术	(106)
6.3.1 直接燃烧技术	(107)
6.3.2 生物质燃烧发电技术	(116)
6.3.3 生物质热解与液化技术	(116)
6.3.4 生物质气化技术	(120)
6.3.5 沼气技术	(134)
6.3.6 城市生活垃圾处理技术	(140)
思考题	(154)
■ 氢能技术	(155)
7.1 氢气的性质	(155)
7.2 氢气作为能源的特点	(159)
7.3 氢气的制备与储运	(159)
7.3.1 氢气的制备	(159)
7.3.2 氢气的纯化	(165)
7.3.3 氢气的运输和存储	(165)
7.4 氢气的利用技术	(166)
7.4.1 氢气的用途	(166)
7.4.2 燃料电池的原理	(166)
7.4.3 燃料电池的特点和种类	(169)
7.4.4 燃料电池的应用	(171)
7.4.5 燃料电池的发展趋势	(180)
7.5 氢气利用的发展前景	(181)
思考题	(182)
■ 天然气水合物	(183)
8.1 概述	(183)
8.2 天然气水合物的物理化学性质	(183)
8.3 天然气水合物的资源分布	(185)
8.4 天然气水合物的环境效应	(185)
8.5 天然气水合物的勘探技术	(186)
8.5.1 天然气水合物地球物理勘探技术	(186)
8.5.2 地球化学方法	(187)
8.5.3 地质勘探方法	(188)
8.5.4 其他方法	(188)
8.6 天然气水合物的开发技术	(188)
8.7 天然气水合物研究现状与利用趋势	(189)

思考题	(190)
■ 洁净煤技术	(191)
9.1 概述	(191)
9.2 燃煤产生的大气污染状况	(191)
9.2.1 概况	(191)
9.2.2 大气污染类型	(192)
9.2.3 大气污染的影响	(192)
9.3 煤的洁净加工技术	(196)
9.3.1 煤炭洗选加工	(196)
9.3.2 型煤技术	(197)
9.3.3 水煤浆技术	(198)
9.4 煤的高效洁净转化技术	(199)
9.4.1 煤炭气化	(199)
9.4.2 煤的液化	(201)
9.5 煤的高效洁净燃烧技术与发电技术	(204)
9.5.1 煤燃烧控制硫氧化物排放的技术	(204)
9.5.2 煤燃烧控制氮氧化物排放的技术	(212)
9.5.3 煤燃烧降低 CO ₂ 排放的技术	(215)
9.5.4 先进洁净煤发电技术	(215)
9.6 煤燃烧后除尘及粉煤灰利用技术	(218)
9.6.1 煤燃烧后除尘	(218)
9.6.2 粉煤灰利用技术	(221)
思考题	(222)
■ 新能源与可持续发展	(223)
10.1 可持续发展对能源的需求	(223)
10.2 能源与经济发展	(224)
10.3 能源与环境	(226)
10.4 能源安全	(228)
10.5 实现可持续发展的能源系统和能源政策	(231)
思考题	(236)
参考文献	(237)

Contents

Chapter 1 Introduction	(1)
1.1 Primary concepts of energy	(1)
1.2 New energy and renewable energy	(3)
1.3 Technology status quo and development of new energy and renewable energy	(5)
Problems	(5)
Chapter 2 Solar energy	(6)
2.1 Introduction	(6)
2.1.1 Characteristics of solar energy	(6)
2.1.2 Distribution of solar energy in China	(6)
2.2 Thermal utilization of solar energy	(7)
2.2.1 Solar energy collection	(7)
2.2.2 Solar water collector	(9)
2.2.3 Solar cooker	(10)
2.2.4 Solar-assistant dryer	(11)
2.2.5 Solar heated green house	(12)
2.2.6 Solar room	(13)
2.2.7 Solar assistant refrigeration	(14)
2.2.8 Solar pool	(14)
2.2.9 Solar electric power generation	(16)
2.2.10 Solar engine	(17)
2.2.11 Solar distillation-seawater desalination	(18)
2.3 Solar photovoltaic conversion	(19)
2.3.1 Solar cell	(19)
2.3.2 Photovoltaic pump system	(22)
2.3.3 Status quo of solar photovoltaic technology	(23)
2.4 Other solar energy conversions	(25)
2.4.1 Solar energy-hydrogen energy conversion	(25)
2.4.2 Solar energy-biomass energy conversion	(25)
2.4.3 Solar energy-mechanical energy conversion	(26)
2.5 Factors influencing solar energy utilization	(26)
2.5.1 Restrictions on popularizing solar energy	(26)
2.5.2 Influences of restrictions on solar energy utilization	(26)
Problems	(29)

Chapter 3 Wind energy	(30)
3.1 Introduction	(30)
3.2 Wind status	(31)
3.2.1 Origin of wind	(31)
3.2.2 Variation of wind	(32)
3.2.3 Wind classification	(35)
3.2.4 Wind condition curve	(36)
3.2.5 Characteristics and density of wind energy	(37)
3.3 Wind energy resources	(38)
3.3.1 Global wind resources and distribution	(38)
3.3.2 Wind resources in China	(39)
3.4 Wind energy utilization	(41)
3.4.1 Introduction	(41)
3.4.2 Types of wind electric power generation	(45)
3.4.3 Costs of wind electric power generation system	(45)
3.5 Values of wind energy	(46)
3.5.1 Saving fuel	(46)
3.5.2 Saving capacity	(46)
3.5.3 Reducing wastes emission	(47)
3.5.4 Saved fees of fuel, capacity, operation, maintenance and emission	(47)
3.6 Wind power generation market in the world	(48)
3.6.1 Developing states of wind power generation in the world	(48)
3.6.2 Wind power generation market in China	(49)
3.7 Environmental problem	(50)
3.7.1 Pollutants emission	(50)
3.7.2 Noises	(51)
3.7.3 Damage to avifauna	(52)
3.7.4 Disturbance to communication	(52)
3.7.5 Safety problem	(52)
3.7.6 Influences on vision and sight	(52)
3.8 Prediction on wind power generation in China	(53)
Problems	(53)
Chapter 4 Geothermal energy	(54)
4.1 Introduction	(54)
4.2 Interior structure of the globe	(54)
4.3 Sources of geothermal energy	(55)
4.4 Geothermal resources	(56)
4.4.1 Classifications and characteristics of geothermal resources	(57)
4.4.2 Investigation on geothermal energy	(59)

4.4.3	Evaluation method of geothermal resources	(59)
4.4.4	Exploitation technology of geothermal resources	(61)
4.4.5	Creation and distribution of geothermal resources	(62)
4.4.6	Geothermal resources in China	(63)
4.5	Geothermal energy utilization	(64)
4.5.1	Physical and chemical properties of geothermal fluid	(64)
4.5.2	Utilization status quo of geothermal energy	(66)
4.5.3	Geothermal power generation	(69)
4.5.4	Introduction to geothermal power plant in China	(71)
4.6	Restrictions on geothermal energy utilization	(73)
4.6.1	Environmental influences	(73)
4.6.2	Costs of geothermal energy	(74)
4.6.3	Common restrictions	(75)
4.7	Status quo and development trend of geothermal energy utilization in China	(76)
4.7.1	Status quo of geothermal energy utilization	(76)
4.7.2	Development trend of geothermal energy utilization	(76)
	Problems	(77)
Chapter 5	Ocean energy	(78)
5.1	Ocean	(78)
5.2	Ocean energy	(78)
5.2.1	Classifications of ocean energy	(79)
5.2.2	Characteristics of ocean energy	(79)
5.2.3	Exploitation of ocean energy	(80)
5.3	Technologies of ocean energy utilization	(80)
5.3.1	Wave activated power generation	(80)
5.3.2	Tidal power generation	(86)
5.3.3	Ocean thermal difference power generation	(91)
5.3.4	Ocean current power generation	(93)
5.3.5	Ocean salt difference power generation	(94)
5.4	Trend of ocean energy power generation	(95)
5.4.1	Tidal power generation	(95)
5.4.2	Wave power generation	(95)
5.4.3	Ocean temperature difference power generation	(95)
5.5	A case of tide power plant—Daguanman Tide Power Plant	(95)
	Problems	(100)
Chapter 6	Biomass energy	(101)
6.1	Introduction	(101)
6.2	Biomass energy resources in China	(104)

6.2.1	Stalks of crops	(104)
6.2.2	Dejection of domestic animals	(104)
6.2.3	Forestry and its process wastes	(104)
6.2.4	Municipal solid wastes	(105)
6.2.5	Domestic sewage and industrial organic sewage	(106)
6.3	Biomass energy utilization technology	(106)
6.3.1	Direct combustion technology	(107)
6.3.2	Biomass combustion power generation	(116)
6.3.3	Biomass pyrolysis and liquefaction technology	(116)
6.3.4	Biomass gasification technology	(120)
6.3.5	Methane technology	(134)
6.3.6	Disposal technology of municipal solid wastes	(140)
	Problems	(154)
Chapter 7	Hydrogen energy	(155)
7.1	Properties of hydrogen	(155)
7.2	Characteristics of hydrogen as energy	(159)
7.3	Hydrogen preparation, storage and transportation	(159)
7.3.1	Hydrogen preparation	(159)
7.3.2	Hydrogen purification	(165)
7.3.3	Hydrogen transportation and storage	(165)
7.4	Hydrogen utilization technologies	(166)
7.4.1	Use of hydrogen	(166)
7.4.2	Principles of fuel cell	(166)
7.4.3	Characteristics and types of fuel cells	(169)
7.4.4	Applications of fuel cell	(171)
7.4.5	Development trend of fuel cell	(180)
7.5	Developing tendency of hydrogen utilization technologies	(181)
	Problems	(182)
Chapter 8	Natural gas hydrate	(183)
8.1	Introduction	(183)
8.2	Physical and chemical properties of natural gas hydrate	(183)
8.3	The amount and distribution of natural gas hydrate	(185)
8.4	Environmental effects of natural gas hydrate	(185)
8.5	Exploration technology of natural gas hydrate	(186)
8.5.1	Geophysical exploration technology	(186)
8.5.2	Geo-chemical exploration technology	(187)
8.5.3	Geological exploration methods	(188)
8.5.4	Other methods	(188)
8.6	Exploitation technology of natural gas hydrate	(188)