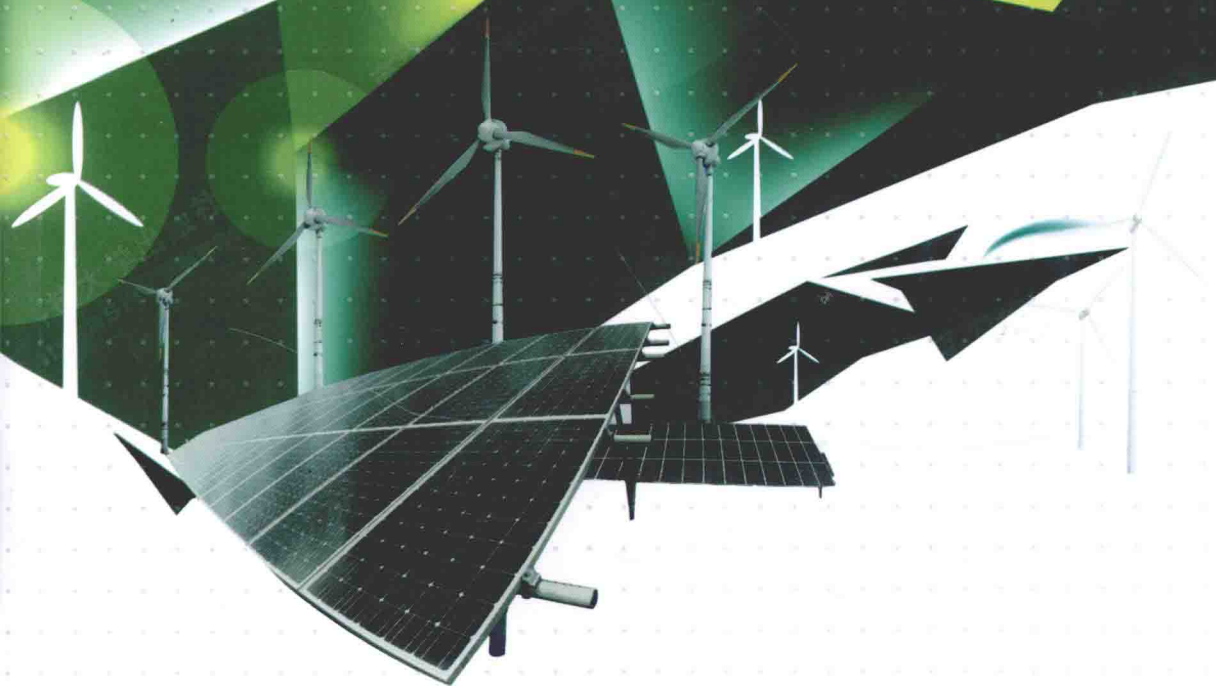




应用型本科 电气工程及其自动化专业“十三五”规划教材



新能源与发电技术

◆ 钱显毅 钱显忠 编著



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

应用型本科 电气工程及其自动化专业“十三五”规划教材

新能源与发电技术

钱显毅 钱显忠 编著
董良威 韩益锋 参编

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

新能源和可再生能源是目前各国能源研究的重要方向。本书系统介绍了新能源和可再生能源的基本知识,重点分析了可再生能源的发电技术,主要内容包括新能源及可再生能源概述、太阳能及其发电技术、风能及其发电技术、海洋能及其发电技术、生物质能及其发电技术、地热能及其发电技术、水能及其发电技术。

本书符合教育部关于600所本科学校转型的精神和“卓越工程师教育培养计划”及转型课程改革的要求,特别适用于相关工程技术人员解决实际问题时参考,也可以作为卓越工程师人才培养、创新型人才培养、实用型人才培养用书。

图书在版编目(CIP)数据

新能源与发电技术/钱显毅,钱显忠编著. —西安:西安电子科技大学出版社,2015.8

应用型本科电气工程及其自动化专业“十三五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5606 - 3642 - 9

I. ① 新… II. ① 钱… ② 钱… III. ① 新能源—发电—高等学校—教材 IV. ① TM61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 171550 号

策划编辑 马晓娟

责任编辑 许青青 马晓娟

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2015年8月第1版 2015年8月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 16

字 数 374千字

印 数 1~3000册

定 价 30.00元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 3642 - 9/TM

XDUP 3934001 - 1

* * * 如有印装问题可调换 * * *

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

西安电子科技大学出版社
应用型本科 电气工程及自动化专业“十三五”规划教材

编审专家委员名单

主 任：汪志锋(上海第二工业大学电子与电气工程学院 院长/教授)

副主任：罗印升(江苏理工学院 电气信息工程学院 院长/教授)

刘 燕(常熟理工学院 电气与自动化工程学院 教授)

成 员：(按姓氏拼音排列)

陈 桂(南京工程学院 自动化学院 副院长/副教授)

杜逸鸣(三江学院 电气与自动化工程学院 副院长/副教授)

邓 琛(上海工程技术大学 电子电气工程学院 副院长/教授)

高 亮(上海电力学院 电气工程学院 副院长/教授)

胡国文(盐城工学院 电气工程学院 院长/教授)

姜 平(南通大学 电气工程学院 副院长/教授)

王志萍(上海电力学院 自动化工程学院 副院长/教授)

杨亚萍(浙江万里学院 电子信息学院 副院长/副教授)

邹一琴(常州工学院 电子信息与电气工程学院 副院长/副教授)

张宇林(淮阴工学院 电子与电气工程学院 副院长/教授)

郁有文(南通理工学院 机电系 教授)

周渊深(淮海工学院 电子工程学院 副院长/教授)

前 言

能源是人类社会和经济发展的物质基础，其消费水平也是各国社会经济发展水平的重要标志。在 21 世纪，各国都重视新能源的开发和应用，一些国际组织和研究机构对新型能源和可再生能源进行了深入研究，发表了大量的研究报告，其共同的结论是可再生能源的应用前景光明。目前，我国已经大规模地建设了很多风力发电场，太阳能电池总产量和出口量也多年居全球第一。这表明全球范围内新能源技术的发展正在加速，由此也使得相关人才需求不断增大。为了适应新能源人才培养的要求，我们编写了本书。本书符合教育部关于 600 所本科学校转型的精神和“卓越工程师教育培养计划”及转型课程改革的要求，可为培养创新能力强、适应经济社会发展需要的应用型工程技术人员和卓越工程师打下良好的专业基础。

本书的编写特点如下：

(1) 特色鲜明，实用性强，方便读者自学。本书在介绍可再生能源发电时，将每个知识点紧密结合到相关学科，突出实用知识和特色鲜明的经典案例，以方便相关工程技术人员参考和高等学校教学使用，同时可以提高学生和相关工程技术人员的学习兴趣。

(2) 重点突出，简明清晰，结论表述准确。本书对有关公式未给出严格的证明过程，但对可再生发电原理表达清晰，结论准确，有利于帮助相关工程技术人员和学生建立可再生能源发电的数理模型，提高相关工程技术人员形象思维能力和解决实际工程问题的能力。

(3) 难易适中，适用面广，符合“因材施教”的教学原则。

(4) 系统性强，强化应用，培养动手能力。本书在编写过程中，在确保可再生能源发电知识系统性的基础上，调研并参考了相关行业专家的意见，特别适用于卓越工程师培养、创新型、实用型人才培养和相关工程技术人员解决实际问题时参考。

本书由钱显毅、钱显忠、董良威、韩益锋共同编写而成。书中第 1~2 章由钱显毅、钱显忠编写，第 3~7 章由董良威、韩益锋共同编写。

由于各方面的原因，书中定然存在欠妥之处，欢迎读者多提宝贵意见。作者联系方式：(QQ)160190731。

作 者
2015 年 4 月

目 录

第 1 章 新能源和可再生能源概述	(1)
1.1 能源的定义与分类	(1)
1.2 新能源和可再生能源的含义、特点与种类	(2)
1.2.1 新能源和可再生能源的含义和特点	(2)
1.2.2 新能源和可再生能源的种类	(3)
1.3 新能源与可再生能源的发展概况	(5)
1.3.1 世界能源结构变迁	(5)
1.3.2 世界新能源和可再生能源时代	(6)
1.3.3 中国新能源和可再生能源的发展历程	(7)
1.4 中国资源的消费量	(9)
第 2 章 太阳能及其发电技术	(13)
2.1 太阳和太阳能	(13)
2.1.1 太阳的结构和组成	(13)
2.1.2 太阳的能量	(15)
2.1.3 地球上的太阳能	(16)
2.1.4 我国丰富的太阳能资源	(20)
2.2 太阳能光伏发电	(24)
2.2.1 太阳能光伏发电的原理与组成	(24)
2.2.2 太阳能光伏发电系统的分类	(28)
2.3 太阳能光伏发电系统的设计及实例	(30)
2.3.1 太阳能光伏发电系统的设计	(30)
2.3.2 太阳能电池板入射能量的计算	(33)
2.3.3 光伏电站系统工程设计案例	(34)
2.4 太阳能电池及太阳能电池方阵	(45)
2.4.1 太阳能电池及其分类	(45)
2.4.2 太阳能电池的工作原理、特性及制造方法	(47)
2.4.3 太阳能电池方阵	(53)
2.5 充、放电控制器	(55)
2.5.1 充电控制	(55)
2.5.2 放电保护	(59)
2.5.3 具有特殊功能的电压调节器	(61)
2.6 直流-交流逆变器	(66)
2.6.1 逆变器基本工作原理及电路系统构成	(67)

2.6.2	光伏发电系统用逆变器的分类及特点	(68)
2.6.3	逆变器的主要技术性能及评价和选用	(71)
2.6.4	光伏电站逆变器的操作使用与维护检修	(73)
2.7	交流配电系统	(74)
2.7.1	光伏电站交流配电系统的构成和分类	(74)
2.7.2	光伏电站交流配电系统的主要功能和原理	(74)
2.7.3	对交流配电系统的主要要求	(75)
2.7.4	高压配电系统	(77)
第 3 章	风能及其发电技术	(78)
3.1	风及风能	(78)
3.1.1	风的形式	(78)
3.1.2	风能资源的计算及其分布	(87)
3.2	风力发电机、蓄能装置	(96)
3.2.1	独立运行风力发电系统中的发电机	(96)
3.2.2	并网运行风力发电系统中的发电机	(104)
3.2.3	蓄能装置	(116)
3.3	风力发电系统的构成及运行	(118)
3.3.1	独立运行的风力发电系统	(118)
3.3.2	并网运行的风力发电系统	(121)
3.3.3	风光互补发电	(132)
3.4	并网风力发电机组的设备	(134)
3.4.1	风力发电机组设备	(134)
3.4.2	风电场升压变压器、配电线路及变电所设备	(144)
3.5	风力发电技术的发展现状及趋势	(145)
3.5.1	风力发电技术的现状	(145)
3.5.2	风力发电技术的发展方向	(146)
3.5.3	我国风电技术的研发与进展	(147)
3.5.4	江苏省 2010—2015 年风力发电技术的研发与进展	(149)
3.5.5	结论	(149)
第 4 章	海洋能及其发电技术	(150)
4.1	海水温差发电	(150)
4.2	海水温差发电实例	(151)
4.3	海水温差发电原理	(153)
4.4	波力发电	(155)
第 5 章	生物质能及其发电技术	(158)
5.1	概述	(158)
5.1.1	生物质能	(158)
5.1.2	生物质能资源	(159)
5.1.3	生物质能的特点	(160)

5.1.4	生物质能的利用和研究	(160)
5.1.5	我国生物质能产业的发展	(161)
5.2	生物柴油及生物燃料乙醇	(161)
5.2.1	生物柴油及其特点	(161)
5.2.2	生物燃料及其特点	(162)
5.3	制备方法	(163)
5.3.1	生物柴油的制备方法	(163)
5.3.2	生物乙醇的制备方法	(165)
5.4	国内生物质能的发展状况和趋势	(167)
5.4.1	我国生物柴油的产业化前景	(167)
5.4.2	我国乙醇产业的发展	(168)
5.5	国外生物质能的发展现状和趋势	(168)
5.5.1	国外生物柴油的发展前景	(168)
5.5.2	国外生物乙醇产业的发展现状	(169)
5.6	我国生物质能技术的发展现状和存在的问题	(169)
5.6.1	我国生物质能技术的发展现状	(170)
5.6.2	我国生物质能技术发展过程中存在的问题	(171)
5.6.3	我国生物质能技术发展方向与对策	(171)
第 6 章	地热能及其发电技术	(173)
6.1	地热资源的开发利用	(173)
6.1.1	地热能	(173)
6.1.2	地热的分布	(173)
6.1.3	地热的开发应用情况	(175)
6.1.4	地热的分类及主要用途	(176)
6.1.5	不同方式供暖成本比较和地热资源开发规划	(177)
6.2	地热发电概况	(178)
6.2.1	国外地热发电简介	(178)
6.2.2	我国大陆地区地热发电现状	(180)
6.3	地热发电技术	(183)
6.3.1	概述	(183)
6.3.2	地热发电的热力学特点	(184)
6.3.3	地热发电方式	(185)
6.4	地热发电技术的发展趋势	(189)
6.5	地热电站实例简介	(190)
6.5.1	国外地热电站实例	(190)
6.5.2	国内地热电站实例	(192)
第 7 章	水能及其发电技术	(194)
7.1	水利资源及其开发利用概况	(194)
7.1.1	水力发电的特点与作用	(194)

7.1.2	水力能资源及其开发利用概况	(195)
7.1.3	河川水力能资源及其开发利用概况	(196)
7.1.4	小水力发电	(198)
7.2	水力发电的基础知识	(201)
7.2.1	水力发电的基本原理	(201)
7.2.2	水力发电的开发方式	(202)
7.2.3	水力发电站简介	(206)
7.3	水电站的建筑物	(209)
7.3.1	挡水建筑物	(209)
7.3.2	引水建筑物	(213)
7.3.3	泄水建筑物	(215)
7.3.4	水电站厂房	(218)
7.4	水轮发电机组	(220)
7.4.1	水轮机的分类与型号	(221)
7.4.2	水轮机的结构与特点	(222)
7.4.3	水轮机的主要性能参数与基本工作原理	(225)
7.4.4	水轮机的选择	(227)
7.4.5	水轮发电机	(230)
7.5	水轮发电机组的运行及电能输送	(234)
7.5.1	水轮发电机组的试运行	(234)
7.5.2	水轮发电机组的正常运行	(236)
7.5.3	小水电站的电能输送	(236)
7.6	抽水蓄能电站	(237)
7.6.1	抽水蓄能电站的功用与开发方式	(237)
7.6.2	抽水蓄能电站的分类	(238)
7.6.3	抽水蓄能机组	(239)
7.6.4	抽水蓄能电站的特点	(239)
7.6.5	抽水蓄能电站的发展简况	(240)
7.6.6	抽水蓄能电站举例	(241)
参考文献		(244)

第1章 新能源和可再生能源概述

【内容摘要】

本章分析了新能源和可再生能源的概念，明确了新能源和可再生能源的定义，并介绍了新能源与可再生能源的发展概况，以及新能源和可再生能源对我国经济社会发展的重要意义。

【理论教学要求】

了解新能源及其发展。

【工程教学要求】

参观小型新能源实验室，制作一个微型风能或太阳能发电电源，激发学生的学习兴趣。

1.1 能源的定义与分类

什么是能源？能源就是向自然界提供能量的物质，包括矿物质能源、核物理能源、大气环流能源、地理性能源等。能源是人类活动的物质基础。从某种意义上讲，人类社会的发展离不开优质能源的出现和先进能源技术的使用。在当今世界，能源的发展，能源和环境，是全世界、全人类共同关心的问题，也是我国社会经济发展的重要问题。

能源给人类带来了光和热。从广义上讲，地球上的所有能源都来源于太阳。

太阳光照耀地球，地面上的水蒸发而上升到大气中，然后变成雨，就形成了河流中的水能。太阳光照耀地球，地面上的空气受热不同，温差形成气流，就形成了风能。化石能源（煤炭、石油、天然气）是远古时代的生物变成的，而没有太阳，就没有生物，因此，化石能源也来源于太阳。海洋能中，一方面是风能形成的波浪能，风能也来源于太阳，另一方面，潮汐能是太阳、地球、月亮共同作用的结果，也与太阳有关。在宇宙大爆炸时，太阳系形成过程中，地球同时形成，而地热能、核能是在地球形成过程中形成的，因此地热能、核能也与太阳有关。因此，不论地球上的哪种能源，都与太阳有关。

能源是整个人类社会发展和经济增长的最基本驱动力，是人类社会赖以生存的最重要的物质基础之一。

《能源百科全书》中能源的定义为：“能源是可以直接或经转换提供人类所需的光热、动力等任意形式能量的载能体资源”。《能源词典（第二版）》对能源的解释是：“能源是可以直接或通过转换提供人类所需的有用能的资源”，世界上一切形式能源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。

上述各种能源的定义有一个共同点：能源是一种呈多种形式的，且可以相互转换能量的源泉。《能源词典（第二版）》把世界上的能源分为11种不同类型：化石能源（煤炭、石油、天然气）、水能、核能、电能、太阳能、生物质能、风能、海洋能、地热能、氢能、受控核聚

变,这是能源的基本形式。

此外,人们还可以根据不同的形式,从不同的角度,把能源划分为各种不同的类型。

(1) 从是否可再生角度可划分为可再生能源和不可再生能源。前者是指在自然界中不断再生并可以持续利用的资源,主要包括太阳能、风能、水能、地热能、生物质能等;后者是指经过亿万年形成的、短期内无法再生的能源,包括原煤、原油、天然气、油页岩、油砂矿、核能、煤层气等。

(2) 从其物理形态是否改变角度可以划分为一次能源和二次能源。前者是指从自然界取得的未经任何改变或转换的自然能源,如原油、原煤、天然气、生物质能、水能、核燃料、太阳能、地热能、潮汐能等;后者是指一次能源经过加工或转换得到的能源,如煤气、焦炭、汽油、煤油、电力、热水、氢能等不同形式的能源。

(3) 从是否进入商品流通环节角度可以划分为商品能源和非商品能源。前者是指作为商品流通环节并大量消耗的能源,目前主要指煤炭、石油、天然气、电力等常规能源;后者指不经过商品流通环节而自产自用的传统常规能源,如农村的薪柴、秸秆等。

(4) 从对自然环境产生污染程度的角度可以划分为清洁能源和非清洁能源。对环境污染大的能源称为非清洁能源,包括煤炭、石油等;对自然环境无污染或污染小的能源称为清洁能源,包括天然气、水能、太阳能、风能和核能等。当然,这里提到的无污染以能源相对干净使用为前提。

(5) 从目前开发与利用状况角度可划分为常规能源和新能源两类。到目前为止,已被人们广泛应用,而且使用技术又比较成熟的能源,称为常规能源,如煤炭、石油、天然气、水能及传统生物能等。太阳能、地热能、风能等虽早已被利用,但大规模开发利用的技术还不成熟,广泛应用还有一定的局限性,直到现在才进一步受到人们的普遍重视,其他还有核能、沼气能、氢能、激光和海洋能等,也只是近些年来才被人们所认识和应用,而且在利用技术和方式上都有待改进和完善,这些都可以被称为新能源。

1.2 新能源和可再生能源的含义、特点与种类

1.2.1 新能源和可再生能源的含义和特点

一直以来,新能源的概念都模糊不清,众说纷纭,形成了“百家争鸣”的局面。新能源既与可再生能源、清洁能源有共同的领域,也有互相区别的地方。新能源和可再生能源的基本内涵是不同的,更不能相提并论,因为新能源主要指在新技术的基础上加以开发利用的可再生能源,是未来世界持久能源系统的基础,如未来的核聚变;而可再生能源是指在一定时空背景下可连续再生、永续使用的一次性能源,特别强调能源的可再生性。

新能源和可再生能源是1978年12月20日联合国第33届大会第148号决议使用的一个专业化名称,即指常规能源以外的所有能源。1981年8月,联合国于肯尼亚首都内罗毕召开的新能源和可再生能源会议上正式界定了其基本含义,即以新技术和新材料为基础,使传统的可再生能源得到现代化的开发利用,用取之不尽、用之不竭的可再生能源来不断取代资源有限、对环境有污染的化石能源。新能源和可再生能源不同于常规化石能源,特别强调可以持续发展,对环境无损害,有利于生态的良性循环。

在后面论述中,本书也基本尊重上述联合国会议的“权威”定义,不再深究这些基本概念的字面含义。内罗毕会议界定的新能源和可再生能源的主要特点如下:

- (1) 能量密度较低,并且高度分散。
- (2) 资源丰富,可以再生。
- (3) 清洁干净,使用中几乎没有损害生态环境的污染物排放。
- (4) 太阳能、风能、潮汐能等资源具有间歇性和随机性。
- (5) 开发利用的技术难度大。

基于上述概念和特点,太阳能、风能应该属于新能源和可再生能源的范围。

1.2.2 新能源和可再生能源的种类

联合国开发计划署(UNDP)把新能源和可再生能源分为三大类:①大中型水电;②可再生能源,包括小水电、太阳能、风能、现代生物质能、地热能 and 海洋能等;③传统生物质能。这里把水力发电、太阳能、风能、生物质能、地热能、海洋能等都划入新能源和可再生能源的范围。也有一种说法,新能源和可再生能源的种类包括除了常规化石能源、大中型水力发电及核裂变发电之外的可再生能源。

按目前国际惯例,新能源和可再生能源一般不包括大中型水电(已经属于常规能源),只包括太阳能、风能、小型水电、地热能、生物质能和海洋能等一次能源以及氢能、燃料电池等二次能源。目前,各国新能源和可再生能源就遵照这种划分方法,即指除常规化石能源、大中型水力发电及核裂变发电之外的太阳能、风能、小水电、生物质能、地热能、海洋能等一次能源以及氢能、燃料电池等二次能源。

目前“新能源”意义下的可再生能源包括小水电、现代生物质能、风能、太阳能、地热能和生物燃料等,这也是本书论述的核心内容。“新能源”意义下的可再生能源目前在发达国家和一些发展中国家中发展迅速,新能源在能源消费中所占比例越来越大。

1. 太阳能

太阳能是指太阳所负载的能量,一般以阳光照射到地面的辐射总量来计量,包括太阳的直接辐射和天空散射辐射的总和。太阳能的转换和利用方式有光-热转换、光-电转换和光-化学转换。接收或聚集太阳能使之转换为热能,然后用于生产和生活,这是太阳能热利用的最基本方式。

太阳能热水系统是目前中国太阳能热利用的主要形式,它是利用太阳能将水加热并储存于水箱中以便利用的装置。太阳能产生的热能可以广泛地应用于采暖、制冷、干燥、蒸馏、温室、烹饪以及工农业生产等领域,并可进行太阳能热发电或作为热动力。利用光伏特效应的原理制成的太阳能电池,可将太阳的光能直接转换成电能加以利用,称为光-电转换,即太阳能光电利用。光-化学转换尚处于研究试验阶段。

2. 风能

风能是太阳能的一种新的转化形式,是由于太阳辐射造成地球表面温度不均匀,引起各地温差和气压不同,导致空气运动而产生的能量。风能属于一种自然资源,具有总储量大、可以再生、分布广泛、不需运输、对环境没有污染、不破坏生态平衡等诸多特点,但在利用上也存在着能量密度低、随机变化大、难以储存等诸多问题。风能的大小取决于风速和空气的密度。在中国西北地区和东南沿海地区的一些岛屿,风能资源非常丰富。利用风

力机可将风能用于发电、制热以及风帆助航等。

3. 生物质能

生物质能是新能源和可再生能源的重要组成部分,主要包括自然界可用作能源用途的各种植物、人畜排泄物以及城乡有机废物转化成的能源,如薪柴、沼气、生物柴油、燃料乙醇、林业加工废弃物、农作物秸秆、城市有机垃圾、工农业有机废水、其他野生植物和动物粪便等。从其来源分析,生物质能是绿色植物通过叶绿素将太阳能转化为化学能储存在生物质内部的能量。

生物质能的利用方式主要有直接燃烧、热-化学转换以及生物-化学转换三种不同途径。生物质的直接燃烧在今后相当长的时间内仍将是中国农村生物质能利用的主要方式。生物质的热-化学转换是指在一定温度和条件下使生物质气化、碳化、热解、催化、液化,以生产气态燃料、液态燃料和化学物质的技术。生物质的生物-化学转换包括生物质-沼气转换和生物质-乙醇转换等。沼气转换是指有机物质在厌氧环境中,通过微生物发酵产生一种以甲烷为主要成分的可燃性混合气体,即沼气。乙醇转换是指利用糖质、淀粉和纤维素等不同原料经发酵制成乙醇。

4. 地热能

地热能是来自地球深处且可再生的热能资源。它起源于地球的熔融岩浆和放射性物质的衰变。地热能储量可能比目前人们所利用的总量大很多倍,而且集中分布在构造板块边缘一带,该区域也是火山和地震多发区。如果地下热量提取的速度不超过补充的速度,那么地热能便是可再生的。目前,地热能在世界很多地区开发和应用得相当广泛。据估计,每年从地球内部传到地面的热能相当于 $100 \text{ PW} \cdot \text{h}$ 。不过,地热能的分布相对来说比较分散,开发难度较大。

储存在地下岩石和流体中的地热能资源可以用来发电,也可以为建筑物供热和制冷。地热能资源按储存形式可分为水热型(又分为干蒸汽型、湿蒸汽型和聚冰型)、地压型、干热岩型和岩浆型四大类。按温度高低可分为高温型(高于 150°C)、中温型($90^\circ\text{C} \sim 149^\circ\text{C}$)和低温型(低于 89°C)三大类。地热能的利用方式主要有地热能发电和地热能直接利用两大类。

不同品质的地热能,其作用也是不同的。液体温度为 $200^\circ\text{C} \sim 400^\circ\text{C}$ 的地热能主要用于发电和综合利用; $150^\circ\text{C} \sim 200^\circ\text{C}$ 的地热能主要用于发电、工业热加工、工业干燥和制冷; $100^\circ\text{C} \sim 150^\circ\text{C}$ 的地热能主要用于采暖、工业干燥、脱水加工、回收盐类和双循环发电; $50^\circ\text{C} \sim 100^\circ\text{C}$ 的地热能主要用于温室、采暖、家用热水、工业干燥和制冷; $20^\circ\text{C} \sim 50^\circ\text{C}$ 的地热能主要用于洗浴、养殖、种植和医疗等。

5. 海洋能

海洋能是指蕴藏在大海中的可再生能源,它包括潮汐能、波浪能、潮流能、海流能、海水温度差能和海水盐度差能等不同的能源形态。海洋通过各种物理过程接收、储存和散发能量,这些能量以潮汐、波浪、温度差、海流等多种形式存在于海洋之中。

海洋能按储存能量的形式可分为机械能、热能和化学能。潮汐能、波浪能、海流能、潮流能为机械能,海水温差能为热能,海水盐度差能为化学能。所有这些形式的海洋能都可以用来发电。

6. 氢能和燃料电池

氢能是世界新能源和可再生能源领域正在积极开发的一种二次能源。2个氢原子与1个氧原子相结合便构成了一个水分子。氢气在氧气中易燃烧释放热量，然后氢分子便和氧分子起化学反应生成了水。由于氢分子和氧分子结合不会产生二氧化碳、二氧化硫、烟尘等大气污染物，所以氢能被看作未来最理想的清洁能源，有“未来石油”之称。

国际上的氢能制备原料主要来源于矿物和化石燃料、生物质、水，氢的制取工艺主要有电解制氢、热解制氢、光化制氢、放射能水解制氢、等离子电化学方法制氢和生物方法制氢等。氢能不但清洁干净，利用效率高，而且其转换形式多样，也可以制成以其为燃料的燃料电池。在21世纪，氢能将会成为一种重要的二次能源，燃料电池也必将成为一种最具产业竞争力的全新的发电方式。

由于各种主客观原因，氢能、海洋能的开发利用目前还只是处于一个逐步探索的技术未成熟阶段，其产业化开发也还有很长的路要走。

7. 小水电

水的流动可产生能量，通过捕获水流动的能量来发电，称为水电。所谓小水电，通常是容量在1.2万kW以下的小水电站及与其相配套的电网的统称。1980年，联合国召开的第一次国际小水电会议确定了以下3种小水电容量的范围：1001~1200kW为小型水电站，101~1000kW为小小水电站，101kW以下为微型水电站。

中国国家发展和改革委员会现行规定，电站总容量在5万kW以下的为小型水电站；5~25万kW的为中型水电站，25万kW以上的为大型水电站。

从技术和经营层面来看，小水电和大水电在技术上没有太大的差异，而国内外跨国公司，尤其传统跨国能源企业涉足小水电的开发意愿并不强烈。

1.3 新能源与可再生能源的发展概况

1.3.1 世界能源结构变迁

在过去的一个多世纪里，人类的能源开发利用方式经历了两次比较大的变迁，即从烧薪柴时代到使用煤炭的时代与从使用煤炭到目前大范围地使用石油和天然气的时代。在两次能源消费利用变迁的发展过程中，能源消费结构在不断发生变化，能源消费总量也呈现大幅度跨越式的增长态势(见图1-1)。

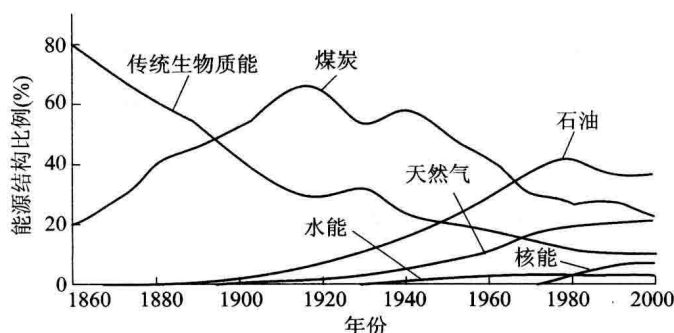


图1-1 过去100多年世界能源结构变化

在两次能源消费时代的变迁过程中,都伴随着社会生产力的巨大飞跃,极大地推动了人类经济社会的发展和进步。同时,随着人类使用能源,特别是化石能源的数量越来越多,能源对人类经济社会发展的制约和对自然环境的影响也越来越明显。

在过去的一个世纪里,人类经济、科技和生活水平也发生了翻天覆地的变化,这种社会变化伴随着能源消费规模的猛增,与此同时产生了自然资源和能源的短缺、环境和气候的严重恶化。目前,能源短缺、环境恶化已成为人类社会需要面临的共同挑战,世界各国都在努力寻求解决这一问题的办法和途径。

然而究其根源,解决能源短缺、环境恶化的根本途径还是在于转变能源消费方式,实现能源消费利用方式的第三次大变迁,即从目前大规模使用煤炭、石油、天然气等矿产能源变迁到开发利用清洁、环保而且可循环持续使用的新能源和可再生能源生产消费模式。这也许是人类发展历史上最艰难的一次能源消费方式大转换,因为第三次能源大转换与前两次能源大转换有许多不同之处,主要是替代能源的技术还不成熟,同时用什么能源替代常规化石能源还不是特别明确,目前的替代能源除了水力发电外其他基本都不具备价格优势。自从20世纪70年代以来,新能源和可再生能源的开发利用受到了高度重视,人们对新能源和可再生能源的产业化发展也有了深刻而广泛的认识,看到了新能源和可再生能源资源潜力巨大,且清洁环保,可持续利用,代表着能源未来发展的方向,是解决自然资源和能源短缺、进行环境保护、应对全球气候变化问题的最根本途径。

目前,世界各国政府都从本国实际出发,颁布实施了不少鼓励和支持新能源及可再生能源发展的法规、政策,并制定了相应的发展目标、战略以及相关实施措施。

1.3.2 世界新能源和可再生能源时代

能源是人类社会赖以生存和发展的重要物质资源,全球人口增长和经济增长对能源的需求日益加大。而长期过量开采煤炭、石油、天然气这些常规矿产能源,致使其储量快速减少。世界大部分国家能源供应不足,不能满足经济发展的需要。煤炭、石油等化石能源的利用会产生大量的温室气体,污染环境。这些问题使得新能源和可再生能源的开发利用在全球范围内升温。

在国际上,目前新能源和可再生能源已被看作一种替代能源,可以替代用化石燃料资源生产的常规能源。从目前世界各国既定的发展战略和规划目标来看,大规模开发利用新能源和可再生能源已经成为未来世界各国能源发展战略的重要组成部分。世界新能源和可再生能源消费利用总量将会显著增加,新能源和可再生能源在世界能源供应中也将占有越来越重要的地位。

据预测,到2070年,世界上80%的能源要依靠新能源和可再生能源,新能源和可再生能源的产业发展前景将是非常广阔的,世界各国政府也相应制定了未来新能源和可再生能源的长远发展计划(见表1-1)。

20世纪90年代以来,新能源和可再生能源发展很快,世界上许多国家都把新能源和可再生能源作为能源政策的基础。从世界各国新能源和可再生能源的利用与发展趋势来看,风能、太阳能和生物质能发展速度最快,产业前景也最好。风力发电在可再生能源发电技术中成本最接近于常规能源,因此也成为产业化发展最快的清洁能源技术,年增长率达到27%。

表 1-1 部分国家制定的未来可再生能源开发目标

国家	2020 年	2050 年
美国	风电比例为 5%，可再生能源发电比例为 20%	
加拿大	水电比例达到 20%	
德国	可再生能源发电比例为 20%	可再生能源发电比例为 50%
英国	可再生能源发电比例为 10%	
法国		可再生能源发电比例为 50%
日本	2030 年可再生能源发电比例为 10%	
中国	风电达到 2%，可再生能源发电比例达到 12%	可再生能源发电比例为 30%

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的需要，而又不危及后代人前途的社会。因此，应节约能源、提高能源利用效率、尽可能多地用洁净能源替代高含碳量的矿物燃料，这也是中国能源建设必须遵循的最基本原则。

在可预见的未来，新能源和可再生能源产业领域及市场投资额将逐年大幅度增加，随之也将创造非常可观的社会价值、经济价值和工作就业机会。过去一说到发展新能源和可再生能源，人们首先就会联想到环境恶化、气候变化和自然资源匮乏。现在世界各国考虑更多的是能源安全、就业机会、新的经济增长点、先进的技术开发和装备制造、消费者的拥护以及能源供应选择。

1.3.3 中国新能源和可再生能源的发展历程

纵观新中国成立以来的能源工业发展历程，新能源和可再生能源产业作为中国能源工业的一个重要组成部分，也始终与中国经济发展和资源环境密切相关。其主要发展历程可划分为四个阶段。

1. 第一阶段(1949—1992 年)，发展起步阶段

1949 年新中国刚刚成立时，全国一次能源的生产总量只有 24 万吨标准煤。20 世纪 50 年代以后，中国能源工业从小到大，不断发展壮大。到 1953 年，经过建国初的经济恢复，一次能源总产量已经达到了 5200 万吨标准煤，一次能源消费也达到了 5400 万吨标准煤。随着中国社会主义经济建设的发展，中国的能源工业得到了迅速发展，到 1980 年一次能源生产和消费分别达到了 6.37 亿吨和 6.34 亿吨标准煤，同 1953 年相比，平均年增长 9.7% 和 9.3%。

中国具有丰富的新能源和可再生能源资源，在其开发利用方面也取得了很大的进展，为进一步发展奠定了坚实的基础。中国大规模开发利用新能源和可再生能源始于 20 世纪 70 年代，经过两次世界能源危机的警示，针对当时中国经济发展出现的局部能源供应紧张、特别是农村能源短缺(半数农民每年缺柴 3~6 个月)、热效率低下(只有 9%)和大气污染、生态恶化等问题，国务院提出了“因地制宜，多能互补，综合利用，讲求效益”的十六字方针，从而有力地推动了新能源和可再生能源的开发利用工作，但其开发方式相对也是比较粗放的，利用效率相对也是比较低下的。

2. 第二阶段(1992—2004年), 法律政策导向和科技产业化发展阶段

1992年在巴西里约热内卢召开联合国环境与发展大会后, 中国政府率先制定了《中国21世纪议程》, 提出了积极开发利用太阳能、风能、生物质能和地热能等新兴可再生能源, 保护环境, 坚持走可持续发展的道路, 这标志着新能源和可再生能源产业化建设正式进入了中国政府工作议事日程当中。

“八五”计划末, 为支持新能源和可再生能源产业领域的科学研究、新技术攻关、新装备开发研制、示范工程建设尤其是产业规划建设, 原国家计划委员会、经济贸易委员会、科学技术委员会于1995年联合制定了《1996—2010年新能源和可再生能源发展纲要》, 再次强调了发展新能源和可再生能源对中国经济可持续发展和环境保护的重要作用, 提出了一系列优先发展的新兴能源项目, 并拨付专项资金进行支持。这对提高中国新能源和可再生能源的技术装备水平、开发利用技术、产品质量以及建立服务体系都起到了重要的促进作用。

1995年颁布实施的《中华人民共和国电力法》和1998年1月1日起开始实施的《中华人民共和国节约能源法》都明确提出“国家鼓励开发利用新能源和可再生能源”, 使这项有助于实现中国可持续发展的新兴能源产业正式纳入了法制化的建设轨道。

2001年为了进一步贯彻落实《中华人民共和国节约能源法》, 国家经贸委制定了《2000—2015年新能源和可再生能源产业发展规划》, 进一步提出了我国新能源和可再生能源中长期发展目标, 即“到2005年, 新能源和可再生能源利用能力达到4300万吨标准煤, 占全国当时能源消费总量的2%(不含传统生物质能利用和小水电), 包括小水电8000万吨标准煤, 占当时能源消费总量的3.6%”。

2004年, 中国传统的可再生能源的利用总量超过了3亿吨标准煤, 水电发电量约3280亿千瓦时, 约占中国全部发电量的17%。包括其他资源的开发利用在内, 可再生能源开发利用超过了1.3亿吨标准煤, 2004年在全国能源消费结构中约占7%。无论是开发总量还是结构比例均排在世界上发展中国家的前列。

3. 第三阶段(2005—2007年), 法律制度健全和产业化快速发展阶段

2005年到2007年中国新能源和可再生能源开发技术逐步趋于成熟, 产业化进程不断取得新进展。2005年2月26日全国人民代表大会正式通过了《中华人民共和国可再生能源法》, 并于2006年1月1日开始施行, 而与《中华人民共和国可再生能源法》配套的一系列法规和政策支撑体系也不断出台, 包括支持新能源和可再生能源产业化发展的电价、税收、投资等政策, 并建立了专项财政资金和全网分摊的可再生能源电价补贴制度。这标志着中国新能源和可再生能源发展进入了一个新的里程碑阶段——法律制度健全阶段。

2007年6月, 中国政府发行了《中国应对气候变化国家方案》, 将发展风能、生物质能等新能源和可再生能源作为应对中国气候变化和减排温室气体重要措施。2007年12月, 中国政府发布了《中国的能源状况与政策》白皮书, 明确提出实现能源多元化的发展战略, 将大力发展新能源和可再生能源作为国家能源发展战略的重要组成部分。

4. 第四阶段(2008年开始), 产业规模化的发展阶段

从新能源和可再生能源的资源状况和当今技术发展水平来看, 中国今后真正可以规模化发展的新能源和可再生能源产业领域除了水能以外, 应该还有现代生物质能、风能和太阳能。从目前来看, 现代生物质能未来很有可能成为应用最广泛的新能源和可再生能源产