



主 编 钱显毅 张刚兵

副主编 钱爱玲 陈先博

新能源及发电技术

XINNENGYUAN JI FADIAN JISHU

牌专业建设工程资助项目

项目编号：PPZY2015B129

新能源及发电技术

XINNENGYUAN JI FADIAN JISHU

主 编 钱显毅（常州工学院）

张刚兵（常州工学院）

副主编 钱爱玲（台州学院）

陈先博（江苏贝豪控股集团有限公司）

江苏大学出版社
JIANGSU UNIVERSITY PRESS

镇 江

图书在版编目(CIP)数据

新能源及发电技术 / 钱显毅, 张刚兵主编. — 镇江:
江苏大学出版社, 2019. 2
ISBN 978-7-5684-0951-3

I. ①新… II. ①钱… ②张… III. ①新能源 - 发电
- 研究 IV. ①TM61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 225931 号

新能源及发电技术

主 编/钱显毅 张刚兵

副 主 编/钱爱玲 陈先博

责任编辑/李经晶

出版发行/江苏大学出版社

地 址/江苏省镇江市梦溪园巷 30 号(邮编: 212003)

电 话/0511-84446464(传真)

网 址/<http://press.ujs.edu.cn>

排 版/镇江文苑制版印刷有限责任公司

印 刷/镇江文苑制版印刷有限责任公司

开 本/787 mm × 1 092 mm 1/16

印 张/16

字 数/364 千字

版 次/2019 年 2 月第 1 版 2019 年 2 月第 1 次印刷

书 号/ISBN 978-7-5684-0951-3

定 价/40.00 元

如有印装质量问题请与本社营销部联系(电话:0511-84440882)

前 言

自中国共产党十八大以来，在以习近平同志为核心的党中央的领导下，我国生态环境建设取得了丰硕成果。对新能源、可再生能源发电技术的研究和应用就是为了改善自然环境，建设美丽中国。

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，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，我们精选内容编成本书，本书的特色如下：

(1) 符合《教育部办公厅关于做好教育事业发展“十三五”规划编制工作的通知》的精神，具有时代性、先进性、创新性，为培养造就一大批创新能力强、适应经济社会发展需要的高质量应用型工程技术人才和卓越工程师打下良好的专业基础，也可以供相关工程技术人员参考。

(2) 特色鲜明，实用性强，方便读者自学。相关章节中安排有可再生能源发电的知识，方便读者自学，将每个知识点紧密结合到相关学科，可以提高读者和相关工程技术人员的学习兴趣，适应不同基础的学生和相关工程技术人员自学。

(3) 重点突出，简明清晰，结论表述准确。对可再生能源发电技术的公式不求严格证明过程，但对可再生发电原理表达清晰，结论准确，有利于帮助读者建立可再生能源发电的数理模型，培养读者的形象思维能力和解决实际工程的能力。

(4) 难易适中，适用面广，符合因材施教。本书适用不同的读者学习和参考，也有利于普通高校教学之用。

(5) 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，培养创新型、实用型人才和相关工程技术人员解决实际问题时参考。

本书由钱显毅、张刚兵、钱爱玲、陈先博编写。由于各方面的原因，书中存在有错误的地方，敬请读者指出。

编 者

2018 年 12 月

目 录

第1章 新能源和可再生能源

- 1.1 能源定义与分类 /001
- 1.2 新能源和可再生能源含义 /002
 - 1.2.1 新能源和可再生能源的含义和特点 /002
 - 1.2.2 新能源和可再生能源的种类 /003
- 1.3 新能源与可再生能源发展概况 /005
 - 1.3.1 世界能源结构变迁 /005
 - 1.3.2 世界新能源和可再生能源时代 /006
 - 1.3.3 中国新能源和可再生能源的发展历程 /008
- 1.4 中国资源的消费量十年来涨势迅猛 /010
 - 1.4.1 中国已是多种矿产资源和能源的全球最大消费国 /010
 - 1.4.2 中国为什么会成为全球最大的资源消费国 /012
 - 1.4.3 高资源消耗的隐患 /012

第2章 太阳能及其发电技术

- 2.1 太阳和太阳能 /014
 - 2.1.1 太阳的结构和组成 /014
 - 2.1.2 太阳的能量 /015
 - 2.1.3 地球上的太阳能 /016
 - 2.1.4 我国丰富的太阳能资源 /020
- 2.2 太阳能光伏发电 /024
 - 2.2.1 太阳能光伏发电原理与组成 /024
 - 2.2.2 太阳能光伏发电系统的分类 /029
- 2.3 太阳能光伏发电系统的设计及实例 /032
 - 2.3.1 太阳能光伏发电系统的设计 /032
 - 2.3.2 太阳能电池板入射能量的计算 /034
 - 2.3.3 光伏电站系统工程设计案例 /035
- 2.4 太阳能电池及太阳能电池方阵 /045
 - 2.4.1 太阳能电池及其分类 /045
 - 2.4.2 太阳能电池的工作原理、特性及制造方法 /047
 - 2.4.3 太阳能电池方阵 /054
- 2.5 充、放电控制器 /056
 - 2.5.1 充电控制 /056

- 2.5.2 放电保护 /061
- 2.5.3 具有特殊功能的电压调节器 /063
- 2.6 直流-交流逆变器 /069
 - 2.6.1 逆变器基本工作原理及电路系统构成 /069
 - 2.6.2 光伏发电系统用逆变器的分类及特点 /071
 - 2.6.3 逆变器的主要技术性能及评价和选用 /073
 - 2.6.4 光伏电站逆变器操作使用与维护检修 /076

第3章 风能及其发电技术

- 3.1 风及风能 /077
 - 3.1.1 风的形式 /077
 - 3.1.2 风能资源的计算及其分布 /085
- 3.2 风力发电机、蓄能装置 /094
 - 3.2.1 独立运行风力发电系统中的发电机 /094
 - 3.2.2 并网运行风力发电系统中的发电机 /102
 - 3.2.3 蓄能装置 /115
- 3.3 风力发电系统的构成及运行 /117
 - 3.3.1 独立运行的风力发电系统 /117
 - 3.3.2 并网运行的风力发电系统 /120
 - 3.3.3 风光互补发电 /131
- 3.4 并网风力发电机组的设备 /133
 - 3.4.1 风力发电机组设备 /133
 - 3.4.2 风电场升压变压器、配电线路及变电所设备 /144
- 3.5 风力发电机变流装置的研究 /145
 - 3.5.1 整流器 /145
 - 3.5.2 逆变器 /146

第4章 水能及其发电技术

- 4.1 水利资源及开发利用概况 /149
 - 4.1.1 水力发电的特点与作用 /149
 - 4.1.2 水力能资源及其开发利用概况 /150
 - 4.1.3 河川水力能资源及其开发利用概况 /151
 - 4.1.4 关于小水力发电 /154
- 4.2 水力发电基础知识 /155
 - 4.2.1 水力发电基本原理 /155
 - 4.2.2 水力发电的开发方式 /157
 - 4.2.3 水力发电站类型 /159
 - 4.2.4 水电站的构成 /161
- 4.3 水电站的建筑物 /163
 - 4.3.1 挡水建筑物 /163
 - 4.3.2 引水建筑物 /166

4.3.3	泄水建筑物 /170
4.3.4	水电站厂房 /173
4.4	水轮发电机组 /176
4.4.1	水轮机的分类与型号 /176
4.4.2	水轮机的结构及特点 /178
4.4.3	水轮机主要性能参数和基本工作原理 /183
4.4.4	水轮机选择 /187
4.4.5	水轮发电机 /191
4.5	小水电站水轮发电机组的运行及电能输送 /192
4.5.1	水轮发电机主要性能参数 /193
4.5.2	水轮发电机的选择 /195
4.5.3	水轮发电机组的试运行 /195
4.5.4	水轮发电机组的正常运行 /197
4.5.5	小水电站的电能输送 /197
4.6	抽水蓄能电站 /198
4.6.1	抽水蓄能电站的功用与开发方式 /198
4.6.2	抽水蓄能电站的分类 /199
4.6.3	抽水蓄能机组 /200
4.6.4	抽水蓄能电站特点 /201
4.6.5	抽水蓄能电站发展简况 /201
第5章	生物质能及其发电技术
5.1	概述 /203
5.1.1	生物质能 /203
5.1.2	生物质能资源 /204
5.1.3	生物质能的特点 /205
5.1.4	生物质的利用 /205
5.1.5	生物质能的研究 /206
5.1.6	我国发展生物质能产业潜力巨大 /206
5.2	生物柴油及生物燃料乙醇 /208
5.2.1	生物柴油及其特点 /208
5.2.2	生物燃料乙醇及其特点 /208
5.3	制备方法 /209
5.3.1	生物柴油的制备方法 /209
5.3.2	生物乙醇的制备方法 /212
5.4	国内发展状况和趋势 /214
5.4.1	我国生物柴油的产业化前景 /214
5.4.2	我国加速发展乙醇产业 /214
5.5	国外发展现状和趋势 /215
5.5.1	国外的生物柴油的发展前景 /215

- 5.5.2 国外生物乙醇产业发展现状 /216
- 5.5.3 世界燃料乙醇产业现状 /216
- 5.6 我国生物质能技术发展现状和问题 /217
 - 5.6.1 我国生物质能技术发展历程 /218
 - 5.6.2 我国生物质能技术发展过程中存在的问题 /219
 - 5.6.3 发展方向与对策 /219

第6章 地热能及其发电技术

- 6.1 地热资源的开发利用 /221
 - 6.1.1 地热能 /221
 - 6.1.2 地热的分布 /221
 - 6.1.3 地热开发应用情况 /223
 - 6.1.4 地热分类及主要用途 /225
 - 6.1.5 不同方式的供暖成本比较和地热资源开发规划 /225
- 6.2 地热发电概况 /226
 - 6.2.1 国外地热发电现状 /226
 - 6.2.2 我国地热发电现状 /228
- 6.3 地热发电技术 /231
 - 6.3.1 概述 /231
 - 6.3.2 地热发电的热力学特点 /233
 - 6.3.3 地热发电方式 /234
- 6.4 地热发电技术发展趋势 /238
- 6.5 地热电站实例简介 /239
 - 6.5.1 国外地热电站实例 /239
 - 6.5.2 国内地热电站实例 /241

参考文献 /243

第1章 新能源和可再生能源

1.1 能源定义与分类

什么是能源？能源是太阳，它给人类带来了光和热。广义地讲，地球上的所有能源都来源于太阳。

水能，是太阳的阳光照耀地球，地面上的水蒸发上升到大气中，然后变成雨，形成河流中的水能；风能，来源于太阳，因为太阳对地球不同位置照射的强度不同，强度高的地方，空气温度增高，热空气上升，形成气流而成为风能；化石能源（煤炭、石油、天然气），由远古时代的生物形成，而没有太阳就没有生物，因此，化石能源也来源于太阳；海洋能一方面是风能形成的波浪能，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。地热能、核能是地球在形成过程中，也就是宇宙大爆炸时，从太阳系形成时的物质，也与太阳有关。因此，不论地球上哪种能源，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动力，是人类社会赖以生存的最重要物质基础之一。从某种意义上讲，任何时期的人类社会发展都离不开优质能源的出现和先进能源技术的使用。

中国《能源百科全书》对能源定义为：“能源是可以直接或经转换提供人类所需的光热、动力等任何形式能量的载能体资源。”中国《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量资源”，世界上一切形式能源的初始来源是核聚变、核裂变、放射性源及太阳系行星的运行。

综合上述各种能源定义有一个相同点，就是能源是一种呈多种形式的，且可以相互转换能量的资源。《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，按照不同的角度，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，它主要包括太阳能、风能、水能、地热能、生物质能等；而后者是指经过亿万年形成的、短期内无法恢复的能源，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;后者是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、太阳能热水、风能等。

(4) 从对环境保护的角度可以划分为清洁能源和非清洁能源。对自然环境污染大的能源称为非清洁型能源,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型能源,包括天然气、水能、太阳能、风能和核能等,当然这里提到的不污染、污染小是相对的。

(5) 按照目前开发与利用状况,可将能源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、风能也可以看成常规能源,因为自十八大以来,我国为了保护环境已经开始大规模使用太阳能和风能,地热能等虽早被利用,但大规模开发利用的技术还不成熟,而且成本也高,并不广泛应用,不能算是常规能源。其他还有沼气能、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含义

1.2.1 新能源和可再生能源的含义和特点

一直以来,新能源概念非常模糊不清,各说各的,形成了“百家争鸣”的状况。它既与可再生能源、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系统开发利用的可再生能源,有着更强调未来世界持久性使用的能源,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,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眼含义。内罗毕会议界定新能源和可再生能源的主要特点是:

(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涉及范围。

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 新可再生能源, 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。

目前“新能源”意义下的可再生能源则包括小水电、现代生物质能、风能、太阳能、地热能和生物燃料等, 也是本书论述的核心内容。而“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快速, 在现代能源消费结构所占比例逐年增加。

1.2.2.1 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。

太阳热水系统是目前中国太阳能热利用的广泛形式, 从边远地区到城市, 到处都有太阳能热水器。它是利用太阳能将水加热储存于水箱中, 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、烹调等工农业生产及生活各个领域, 并可进行太阳能热发电和热动力。利用光生伏打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, 这种转换技术包括半导体电极产生电而电解水制成氢、利用氢氧化钙和金属氢化物热分解储能等。

1.2.2.2 风能

风能是太阳能的一种新的转化形式, 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, 但在利用上也存在能量密度低、随机变化大、难以储存等诸多问题, 风能的大小决定于风速和空气的密度。在今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转换成电力、热能及风帆助航等。

1.2.2.3 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、工农业有机废水和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—化学转换及生物—化学转换3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山区和边远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、热解和催化液化,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,乙醇转换是利用糖质、淀粉和纤维素等不同原料经发酵创成乙醇。

1.2.2.4 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多很多倍,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。

作为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。地热能资源按赋存形式可分为水热型(又分为水蒸气型、湿蒸汽型和聚水型)、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(大于 $150\text{ }^{\circ}\text{C}$)、中温型($90\sim 149\text{ }^{\circ}\text{C}$)和低温型(小于 $89\text{ }^{\circ}\text{C}$)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 $200\sim 400\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的地热能主要用于发电和综合利用; $150\sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的地热能,主要用于发电、工业热加工、工业干燥和制冷; $100\sim 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的地热能主要用于采暖、工业干燥、脱水加工、双循环发电; $50\sim 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的地热能主要用于温室、采暖、家用热水、工业干燥和制冷, $20\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的地热能主要用于温泉洗浴、养殖、种植和医疗等。

1.2.2.5 海洋能

海洋能是指蕴藏在蓝色大海中的可再生能源,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。

1.2.2.6 氢能和燃料电池

氢能是世界新能源和可再生能源领域产业中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并生成水。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，所以氢能被看成是未来最理想的清洁能源，有“未来石油”最佳替代能源之称。

国际上的氢能制备原料主要来源于矿物和化石燃料、生物质和水，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有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，其产业化开发也许还有很长的路要走。另外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高。

1.2.2.7 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，通常是指容量在 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 ~ 1200 kW 为小型水电站；101 ~ 1000 kW 为小小型水电站；100 kW 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，5 ~ 25 万 kW 的为中型水电，25 万 kW 以上的为大型水电。

1.3 新能源与可再生能源发展概况

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能源消费时代革命，第一次革命是从烧薪柴时代到使用煤炭的时代，第二次革命是从使用煤炭时代到目前大范围的使用石油和天然气的时代。在两次能源消费利用革命中，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）。

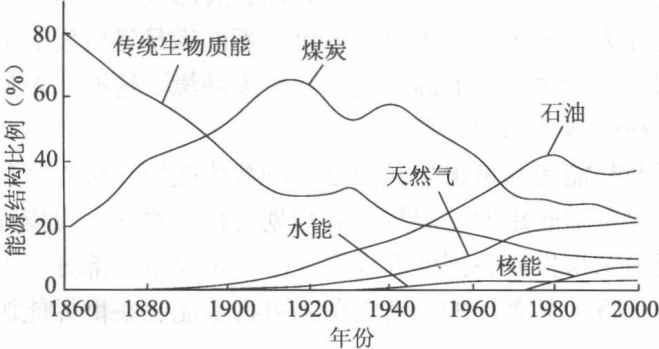


图 1-1 过去 100 多年世界能源结构变化

在两次能源消费时代的革命过程中，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。

在两次能源消费时代的革命过程中,从环境保护角度出发,能源消费结构变迁都减少了对环境污染。预计,煤炭消费只会大幅度减少,石化能源仍有一个增长过程,然后再下降,环保能源和可再生能源将逐渐增加。

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,而随能源消费结构和消费规模接连产生的却是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发展的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。

解决能源短缺、环境恶化的根本途径在于转变能源消费方式,实现能源消费利用方式的第三次革命,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的特点,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还不具备价格优势。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、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和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。

自十八大以来,煤炭在我国使用总量已经开始逐年减少,石化能源和可再生能源、环保能源使用总量逐渐增多,特别是自十九大以来,空气质量明显变好,阳光明媚,在习近平主席的英明领导下,建设美丽中国,实现中国梦,成了能源工作者探索新型环保型能源的动力。

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是一种替代能源,可以替代用化石燃料的常规能源。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是非常广阔的,世界各国政府也相应制订了未来新能源和可

再生能源长远发展计划（见表 1-1）。从表中可以看出，我国在建党第一个 100 年前的 2020 年，可再生能源发电占比达到 12%，我国在建国第一个 100 年左右的 2050 年，可再生能源发电占比到达 30%，从目前习近平主席对环境建设的重视和人民对建设美丽中国的希望看，这两个 100 年的目标一定会提前实现，因此，新能源专业人才培养要加快速度，提高质量。

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	风电占 5%；可再生能源发电占 20%	
加拿大	水电比例达到 20%	
德国	可再生能源发电比例达到 20%	可再生能源发电比例达到 50%
英国	可再生能源发电比例达到 10%	
法国		可再生能源发电比例达到 50%
日本	2030 年可再生能源发电比例达到 10%	
中国	可再生能源发电比例达到 12%	可再生能源发电比例达到 30%

新能源和可再生能源发电工程的建设，是“一带一路”建设的重要组成部分，采用新能源和可再生能源发电，就是建设美丽中国。当我们旅行到祖国各地，看到到处都是风力发电的风塔、太阳能发电的电场时，就会体会到党和国家是如何重视新能源和可再生能源发电的，你会感受到新能源和可再生能源发电增加的速度和人民建设新能源和可再生能源发电的激情。

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。风力发电在新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%。2015 年新能源和可再生能源的利用将减少 3000 多万 t 二氧化碳的温室气体及 200 多万 t 二氧化硫等污染物的排放。

近年来，大规模开发利用新能源和可再生能源，并进一步鼓励新兴能源产业进入能源消费市场，已成为许多国家发展战略中的重要组成部分。据有关国际组织预测，2015 年全球新能源和可再生能源产业化建设会有 3000 亿美元的投资规模。目前亚洲新能源和可再生能源市场年增长率超过 30%，将成为全球最具潜力的市场。

世界上越来越多的专家认识到，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，而又不危及后代前途的社会。因此，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的矿物燃料，是建设美丽中国能源建设必须遵循的最基本原则。

现在新能源和可再生能源产业领域和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。现在世界各国更多考虑的是能源安全、就业机会和新的经济增长点、先进的技术开发和装备制造，以及消

费者的拥护和能源供应选择。

1.3.3 中国新能源和可再生能源的发展历程

能源是人类赖以生存的五大要素之一，是国民经济和社会发展的重要战略物资。经济、能源与环境的协调发展，是实现中国现代化目标的重要前提。在经济高速增长的环境下，中国能源工业面临经济增长与环境保护的双重压力。

纵观中华人民共和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，始终与中国经济发展和资源环境制约密切相关。其主要发展历程可划分为四个阶段。

1.3.3.1 第一阶段（1949—1992 年）发展起步阶段

1949 年中华人民共和国刚成立时，全国一次能源的生产总量只有 24 万 t 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，经过中华人民共和国成立初的经济恢复，一次能源总产量已经达到 5200 万 t 标准煤，一次能源消费也达到了 5400 万 t 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的发展，到 1980 年一次能源生产和消费分别达到了 6.37 亿 t 和 6.34 亿 t 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（一半的农民，每年缺柴 3 ~ 6 个月，主要实施沼气替代柴草）、热效率低下（只有 9%），还有大气污染、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，但其开发方式相对还是比较粗放的，利用效率相对还是比较低下的。

1.3.3.2 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，从而标志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、产品质量以及服务体系的建立都起到了重要的促进作用（朱俊生，2003）。

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法制化的建设轨道。

2001 年为了进一步落实《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》，进一步提出我国新能源和可再生能源中长期发展目标，即“到 2015 年，新能源和可再生能源利用能力达到 4300 万 t 标准煤，占我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 t 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 t 标准煤，水电发电量约 3280 亿 kW·h，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 t 标准煤，2004 年在中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在世界上发展中国家前列。

1.3.3.3 第三阶段（2005—2007 年）法律制度健全和产业化快速发展阶段

近年来，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。

在产业化发展方面，到 2000 年年底，中国水电装机总容量达到了 1.45 亿 kW，年发电量达到 4800 多亿 kW·h，占到全部发电量的 16%。2011 年国内新增风电装机容量为 18 GW，累计装机容量 63 GW，占世界总累计装机容量的四分之一以上。太阳能热水器年生产能力已达到 2300 万 m²，太阳能热水器使用总量超过 1.2 亿 m²，占世界总使用量的 60%。生物质能开发利用也有较大发展，其中中国沼气池达到 2700 多万口，沼气年利用量约 110 亿 m³。2007 年可再生能源利用量约 2.2 亿 t 标准煤，占一次能源消费总量的 8.5%，这标志着中国新能源和可再生能源产业化发展达到了一个快速发展阶段。

1.3.3.4 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。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业领域，主要利用方式包括发电、制取沼气、供热和生产液体燃料等，其中生物液体燃料（主要包括燃料乙醇和生物柴油）是重要的石油替代产品。风力发电技术已基本成熟，经济性已接近常规化能源，在今后相当长时间内将会保持较快发展。太阳能热利用的主要发展方向是太阳能一体化建筑，并以常规能源为补充手段，实现全天候供热，在此基础上进一步向太阳能供暖和制冷的方向发展。当然太阳能光伏发