



普通高等教育“十二五”规划教材

新能源及其发电技术

主 编 钱爱玲



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



普通高等教育“十二五”规划教材

新能源及其发电技术

主 编 钱爱玲

副主编 钱显毅 白 玉 王宝成



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书介绍了新能源发电技术的基本知识,重点分析了可再生能源的发电技术,主要内容包括太阳能发电技术、风能发电技术、海洋能发电技术、生物质能发电技术、地热能发电技术。确保可再生新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。

本书适用本科院校卓越工程师人才培养、创新型人才培养、实用型人才培养教学用书,还可以作为相关专业研究生作教材用,相关专业工程技术人员解决实际问题时可以参考。

图书在版编目(CIP)数据

新能源及其发电技术 / 钱爱玲主编. -- 北京: 中国水利水电出版社, 2013. 11
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5170-1401-0

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第271824号

书 名	普通高等教育“十二五”规划教材 新能源及其发电技术
作 者	钱爱玲 主编
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68367658 (发行部) 北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京时代澄宇科技有限公司
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 14印张 332千字
版 次	2013年11月第1版 2013年11月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	29.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

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。新能源发电技术是 21 世纪人类使用能源的方向，已经引起人们的高度关注，许多国际组织和研究机构对此进行了深入研究，发表了大量的研究报告，新能源将得到广泛的应用。

(1) 本教材符合教育部《关于“十二五”普通高等教育本科教材建设的若干意见》的精神，具有时代性、先进性、创新性，能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各类型工程技术人才和卓越工程师打下良好的专业基础。

(2) 特色鲜明，实用性强、方便读者自学。相关章节中安排有新能源发电技术的知识实例，方便学生自学，将每个知识点紧密结合到相关学科、可以提高学生学习兴趣，适应不同基础的学生自学。

(3) 重点突出、简明清晰、结论表述准确。对新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，有利于帮助学生建立新能源发电的数理模型、培养学生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，符合应才施教。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，确保新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。

本书第 1 章，由钱显毅、王宝成编写；第 2~第 3 章，由钱爱玲编写；第 4~第 6 章，由白玉编写，本书由钱爱玲统稿。由于各方面的原因，书中存在有误的地方，敬请读者指出。

本书可以提供相关教学材料，联系方法：QQ 群：236425612 或 QQ：1601907371。

编者

2013 年 9 月

目 录 /

前言

第1章 新能源和可再生能源概述	1
1.1 能源定义与分类	1
1.2 新能源和可再生能源含义	2
1.3 新能源与可再生能源发展概况	5
1.4 中国资源的消费量十年来涨势迅猛	9
第2章 风能及其发电技术	13
2.1 风及风能	13
2.2 风力发电机、蓄能装置	30
2.3 风力发电系统的构成及运行	52
2.4 并网风力发电机组的设备	67
2.5 发电技术发展现状及趋势	79
第3章 太阳能及太阳能发电技术	84
3.1 太阳和太阳能	84
3.2 太阳能光伏发电	94
3.3 太阳能光伏发电系统的设计及实例	101
3.4 太阳能电池及太阳能电池方阵	116
3.5 充、放电控制器	125
3.6 直流—交流逆变器	138
3.7 交流配电系统	145
3.8 太阳能热发电技术	149
3.9 太阳能热水器	150
第4章 生物质能及其发电技术	155
4.1 概述	155
4.2 生物柴油及生物燃料乙醇	159
4.3 制备方法	161
4.4 国内发展状况和趋势	166
4.5 国外发展现状和趋势	167
4.6 我国生物质能技术发展现状和问题	170

第 5 章 海洋能及其发电技术	173
5.1 海水温差发电	174
5.2 波力发电	180
5.3 潮汐发电	187
5.4 海流发电	190
第 6 章 地热能及其发电技术	193
6.1 地热资源的开发利用	193
6.2 地热发电概况	198
6.3 地热发电技术	204
6.4 地热发电技术发展趋势	210
6.5 地热电站实例简介	211
参考文献	216

第 1 章 新能源和可再生能源概述

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。因此，能源就是太阳，太阳就是能源。

水能，是太阳的阳光照耀地球，地球上的水蒸发而上升到大气中，然后变成雨，形成河流中的水能。风能，是太阳的阳光照耀地球，其上的空气受热不同，温差形成气流而成为风能。化石能源（煤炭、石油、天然气），据相关文献，是远古时代的生物变成的，而没有太阳，就没有生物，因此，化石能源也是来源于太阳。海洋能一方面是风能形成的波浪能，风能也是来源于太阳；另一方面，潮汐能是太阳、地球、月亮共同作用的结果，也是与太阳有关。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物质基础之一。在某种意义上讲，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》的能源定义为：“能源是可以直接或经转换提供人类所需的光热、动力等任一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。

综合上述各种能源定义有一共同点，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，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

料以及太阳能、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，当然这里提到的无污染是在能源相对安全使用的前提之下的。

(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、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，新能源的概念非常模糊不清，各说各的说法和道理，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，更强调未来世界持久的能源系统，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，作者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界定，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利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, 这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, 大约在现代能源消费结构中占 2.4%。

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各个领域, 并可进行太阳能热发电和热动力。利用光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和电解水制成氢、利用氢氧化钙和金属氢化物热分解储能等。

2. 风能

风能是太阳能的一种新的转化形式, 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, 导致大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, 风能的大小决定于风速和空气的密度。在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、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—化学转换以及生物—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—化学转换包括有生物质—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。

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。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，它可以用来发电，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（又分为干蒸汽型、湿蒸汽型和聚冰型）、地压型、干热岩型和岩浆型 4 大类。按温度高低可分为高温型（大于 150℃）、中温型（90～149℃）和低温型（小于 89℃）3 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，作用也是不同的。液体温度为 200～400℃ 的地热能主要用于发电和综合利用；150～200℃ 的地热能，主要用于发电、工业热加工、工业干燥和制冷；100～150℃ 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；50～100℃ 的地热能主要用于温室、采暖、家用热水、工业干燥和制冷；20～50℃ 的地热能主要用于洗浴、养殖、种植和医疗等。

5. 海洋能

海洋能是指蕴藏在蓝色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并生成了水。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，所以氢能被看做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，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。

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：1001~1200kW 为小型水电站 (small)；101~1000kW 为小小型水电站 (Mini 比)；1100kW 以下为微型水电纳 (Micor)。

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 万~25 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变迁，即从烧薪柴时代到使用煤炭的时代和从使用煤炭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（图 1-1）。

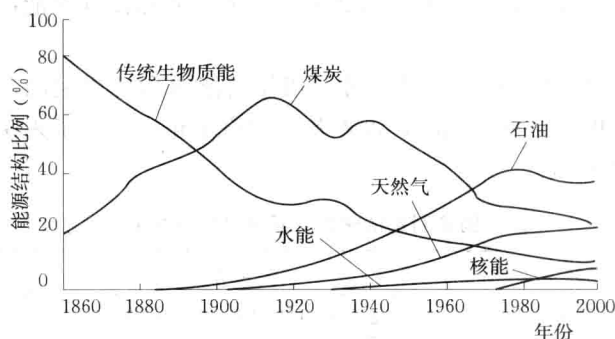


图 1-1 过去 100 多年世界能源结构变化

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巨大能源消费规模的猛增，而与能源消费结构和消费规模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、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，颁布实施了一些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。

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做一种替代能源，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长远发展规划（表 1-1）。

表 1-1 部分国家制定的未来可再生能源开发目标

国家	2010 年	2020 年	2050 年
美国	可再生能源利用率为 7.5%	风电 5%；可再生能源发电比例 20%	
加拿大	将风能利用提高 5 倍	水电比例达到 20%	
德国	风电比例达到 12.5%	可再生能源发电比例 20%	可再生能源发电比例 50%
英国	可再生能源发电比例 10%	可再生能源发电比例 10%	
法国	可再生能源发电比例 22%		可再生能源发电比例 50%
日本	可再生能源发电比例 1.35%	2030 年可再生能源发电比例 10%	
韩国	可再生能源利用率 5%		
中国	可再生能源发电比例 5.3%	风电达到 2%，可再生能源发电比例 12%	可再生能源发电比例 30%

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%。测算表明,到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以及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,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,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。在高速增长的经济环境下,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制约密切相关。将其主要发展历程划分为四个阶段。

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了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(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

对还是比较粗放的，利用效率相对还是比较低下的。

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，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”规划末，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、产品质量以及服务体系的建立都起到了重要的促进作用（朱俊生，2003年）。

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》，国家经济贸易委员会制定了《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t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在世界上发展中国家中前列。

3. 第三阶段（2005~2007年）——法律制度健全和产业化快速发展阶段

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的重要措施。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

18GW，累计装机容量 63GW，占据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 m^3 ，太阳能热水器使用总量超过 1.2 亿 m^3 ，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，沼气年利用量达到了约 110 亿 m^3 。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。

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。当然太阳能光伏发电也很有发展前景，但根本问题还是发电成本太高，产业规模化发展受到较大的制约。

2007 年，中国对可再生能源消费量占能源消费总量的比重为 8.5%。《可再生能源中长期发展规划》明确到 2010 年，中国可再生能源的比重将达到 10%，2020 年达到 15%。目前，中国新能源和可再生资源，年可开发潜力在 9 亿 t 标准煤以上，而到 2050 年将超过 20 亿 t 标准煤。届时中国新能源和可再生能源将真正实现产业化，并成为中国能源供应结构中的一个重要支柱能源产业。

有关专家预测，到 2020 年中国新能源和可再生能源将成为中国经济结构中的一个新兴朝阳产业。据初步估计，2020 年中国新兴能源产业能形成年产值 4500 亿元，同时带动相关产业 6000 亿元的产值，增加就业机会 500 万个。特别需要指出的，与生物液体燃料相关的原料种植及其加工产业链的形成将会极大地促进中国广大农村的经济发展，并能进一步增加农村劳动力就业机会和改善自然生态环境。

据国际能源署（EIA）预测，到 21 世纪下半叶，在全球范围内新能源和可再生能源将逐渐取代传统常规化石能源而占据主导地位。中国新能源和可再生能源产业领域的技术创新能力，将成为国家综合竞争能力的重要内容，也将是国家经济、社会发展和国家安全的重要保障。随着新兴能源开发利用的技术成熟和产业化程度逐步提高，新能源和可再生能源在中国未来经济结构中 will 发挥越来越显著的作用。

1.4 中国资源的消费量十年来涨势迅猛

1.4.1 中国已是多种矿产资源和能源的全球最大消费国

中国的资源消费量到底有多大？大到一个看似小小的变动都会强烈影响全球市场。以天然气为例，根据估算，如果天然气占中国能源消费的比例提升 1%，就相当于每年要增加 250 亿 m^3 的采气量，这大约是卡塔尔每年投放市场的液化天然气量的一半。而卡塔尔却是世界上最大的液化天然气出口国。

煤炭方面，中国的煤炭生产和消费都居世界第一，年产 30 多亿 t 煤，3 倍于排在第二位的美国。而且中国在石油消费上落后于美国的趋势似乎也在渐渐逆转，据美国能源情报署（EIA）的初步数据显示，2012 年 12 月，美国石油净进口量为每天 598 万桶，而根据中国海关数据，中国同期净进口量达到每天 612 万桶，这意味着中国超越美国成为了全球最大的石油净进口国。

再看金属，中国各种金属的消费量基本上都占到全球消费量的 30%~50% 之间，铜在中国的消费量占全球的 40%，钢铁 50% 左右，铝 40% 左右。

而包括大豆和棉花在内的大宗农产品也是同样，近几年中国的消费量一直稳居世界第一。

来自《2012 中国矿产资源报告》的数据就很清晰的展现了中国是如何吸纳来自国际市场的资源的。《2012 中国矿产资源报告》显示，在 2011 年中国石油、铁、铜等大宗矿产进口量持续增长，对外依存度居高不下，其中，石油的对外依存度有 56.7%、铁矿石 56.4%、钾肥 51.5%、铝 61.5%，铜甚至达到了 71.4%。

在 2011 年时，中国就取代了日本，成为了世界上最大的煤炭进口国。中国强大的资源需求，甚至还体现在进口非法资源方面。国际 NGO 组织环境调查机构（EIA）就称，中国每年都会进口价值约 40 亿美元的非法木材，占全球热带木材一半。原因是在飞速发展的中国，建筑和家居业都对木材需求旺盛——这种需求将许多地区木材价格抬高至非正常水平。

图 1-2 是 2003—2012 年中国煤炭消费量概览，图 1-3 是 2003—2011 年中国石油消费量概览，图 1-4 是 2003—2011 年中国铁矿石（原铁矿）消费量概览。

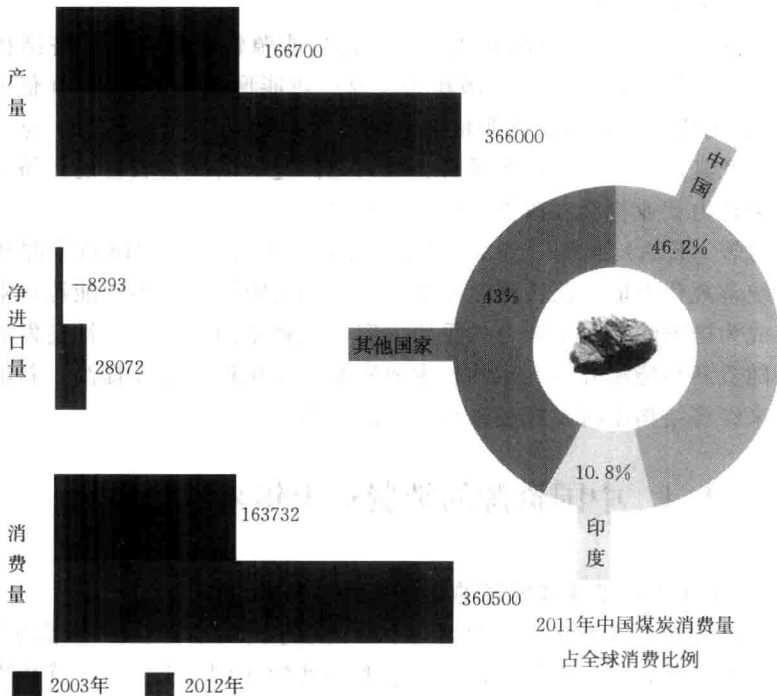


图 1-2 2003—2012 年中国煤炭消费量概览 (单位: 万 t)

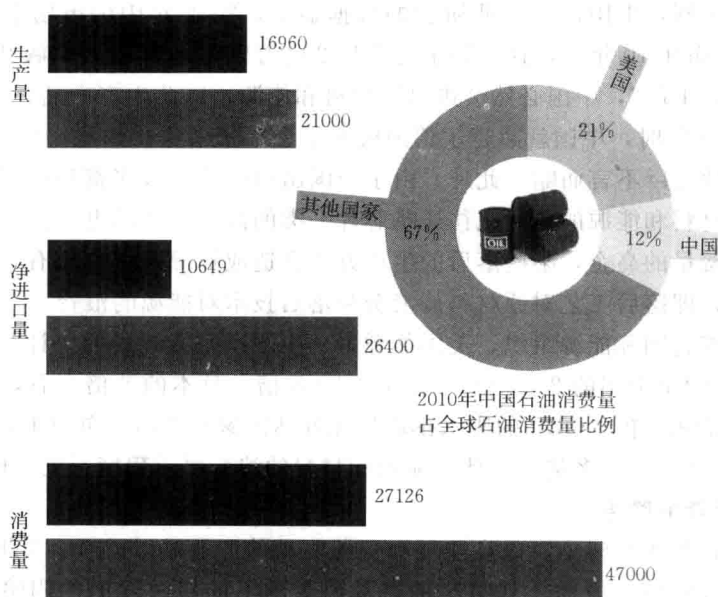


图 1-3 2003—2011 年中国石油消费量概览 (单位: 万 t)

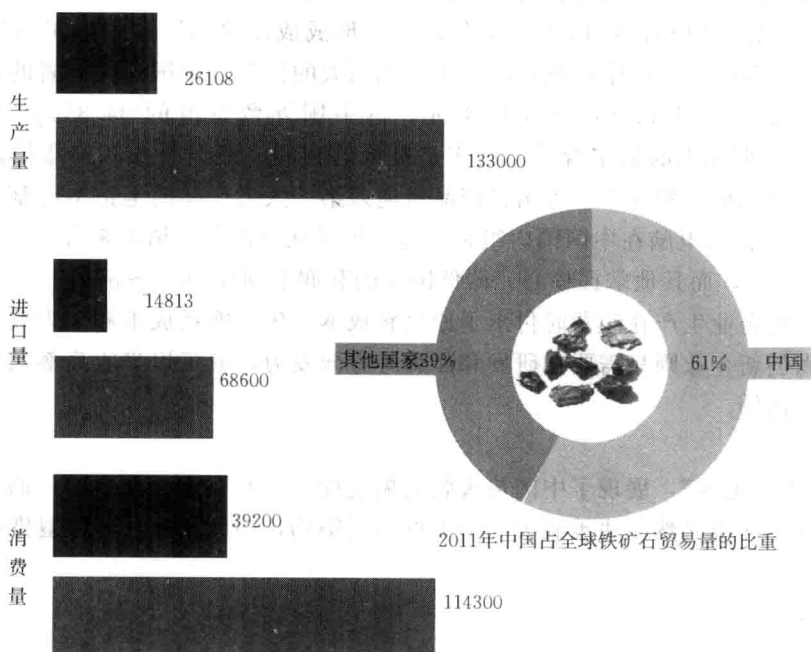


图 1-4 2003—2011 年中国铁矿石消费量概览 (单位: 万 t)

1.4.2 中国为什么会成为全球最大的资源消费国

庞大的内需加之作为“世界工厂”，会造成资源消费量高企。一方面，中国的经济增长使得近 14 亿人的内需被逐渐释放，提高了中国对各种产品需求，从而抬高了资源的