

新技术研究与应用系列



新能源概述

风能 & 太阳能

编 王晓暄

编 李春兰 时 谦



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

新技术研究与应用系列

新 能 源 概 述

——风能 & 太阳能

主 编 王晓暄

副主编 李春兰 时 谦

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书共分为三部分——新能源与新能源政策、太阳能及其利用和风能及其利用。

第一部分对新能源的定义、新能源的类型、发展新能源技术的意义以及各国为推广新能源所采取的鼓励政策进行了介绍。

第二部分主要对太阳能的特点、资源的分布、太阳能光热转换技术、太阳能光电转换技术进行了介绍,并对近几年快速发展的聚光太阳能热发电技术和太阳能聚光光伏发电技术的工作原理、系统组成、技术特点和应用场合进行了介绍。

第三部分主要对风的形成与类型、风的基本特征、风能资源及其分布、风能利用历史、风能利用方法、风力发电技术发展现状与趋势进行了介绍,并针对现在风能利用的两大应用技术——小型水平轴风力发电技术和大型水平轴并网风力发电技术,以及新兴的垂直轴风力发电技术进行了较为详细的介绍。

本书可作为本科层次新能源科学与工程专业的教材,也可作为电气工程、机械设计等专业的拓展类课程教材,同时还可作为新能源行业从业人员的入门书籍。

图书在版编目(CIP)数据

新能源概述: 风能与太阳能/王晓霞编著. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2015. 7

新技术研究与应用系列

ISBN 978-7-5606-3674-1

I. ①新… II. ①王… III. ①风力能源—研究 ②太阳能—研究 IV. ①TK81 ②TK511

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 140137 号



策划编辑 胡华霖

责任编辑 阎 彬 董柏娴

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 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2015年7月第1版 2015年7月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 10

字 数 231千字

印 数 1~3000册

定 价 18.00元

ISBN 978-7-5606-3674-0/TK

XDUP 3966001-1

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。

前 言

能源是社会发展的重要物质基础，但随着化石能源储量的急剧减少和人们对环境污染的重视，化石能源的使用将受到更大的限制；另一方面，随着社会的发展，人类对能源的需求必将不断增加。解决这一对矛盾的唯一方法就是发展可再生的新型能源。

可再生新能源主要指风能、太阳能、生物质能、海洋能、地热、小水电等使用现代科技进行开发利用的、对环境无不良影响或影响较小的能源。由于新能源的种类较多，并且所采用的开发利用技术繁杂，受环境与自然条件限制较多，因此在使用过程中孰优孰劣还需要在实践中不断进行研究和验证。

世界各国对新能源开发利用都很重视，而发达国家和部分发展中国家都制定了各自的中长期新能源发展战略，并制定了相关的促进与鼓励政策，积极推动新型能源的发展。根据世界范围内新能源技术的发展状况，并结合我国国情，即淡水资源匮乏、人均耕地面积少等情况，太阳能与风能是比较适合我国进行广泛开发利用的新型能源类型。

本书共分为三部分——新能源与新能源政策、太阳能及其利用和风能及其利用，重点是太阳能、风能及其利用。人们对太阳能与风能在资源储量及其分布、利用历史等方面的认识已经比较统一，仅是在风资源储量上有了新的评价方法和测量与估算数据。由于在太阳能、风能的利用技术方面存在不同观点，为正确、公正地对各项技术进行介绍，本书作者在编撰过程中对太阳能、风能利用的各项技术都分别从类型、工作原理、系统组成、技术特点和发展前景 5 个方面进行阐述。在编写过程中，对部分新能源利用技术与传统能源技术之间的过渡与衔接进行了介绍。

本书可作为本科层次新能源科学与工程专业的教材，也可作为电气工程、机械设计等专业的拓展类课程教材；同时由于本书主要针对太阳能利用技术和风能利用技术进行综述性介绍，因此还可作为新能源行业从业人员的入门书籍。

本书由新疆农业大学王晓暄任主编，李春兰、时谦任副主编。在编写过程中得到了新疆农业大学刘小勇教授的大力支持，在此表示诚挚的感谢！

由于编者水平有限，书中难免会有不足之处，敬请读者批评指正。

编 者

2015 年 2 月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 能源的类型	(1)
1.2 世界能源结构变迁	(2)
1.3 能源与经济发展	(2)
第 2 章 新能源与新能源政策	(6)
2.1 环境保护与能源战略	(6)
2.1.1 能源与环境保护	(6)
2.1.2 能源安全	(7)
2.1.3 发达国家能源战略	(7)
2.1.4 我国的能源战略	(9)
2.2 新能源与可持续发展	(11)
2.2.1 新能源和可再生能源的种类	(12)
2.2.2 可持续发展对新能源的需求	(14)
2.2.3 世界新能源和可再生能源发展历程	(16)
2.2.4 我国能源发展历程	(17)
2.3 新能源与可再生能源政策	(19)
2.3.1 各国可再生能源发展相关激励政策	(19)
2.3.2 国外可再生能源发展相关激励政策	(19)
2.3.3 我国可再生能源发展相关激励政策	(22)
第 3 章 太阳能概述	(24)
3.1 基本概念	(24)
3.2 太阳能的利用及其特点	(27)
3.2.1 太阳能利用	(27)
3.2.2 太阳能利用的特点	(32)
3.3 世界太阳能资源的分布	(33)
3.4 我国太阳能资源的分布	(35)
第 4 章 太阳能光热转换技术	(37)
4.1 太阳集热器	(37)
4.1.1 集热器的分类	(37)
4.1.2 平板太阳能集热器	(37)
4.1.3 真空管型太阳能集热器	(41)
4.1.4 聚光型太阳能集热器	(42)
4.2 常见太阳能热利用技术	(44)

4.2.1	太阳能灶	(44)
4.2.2	太阳能热水系统	(45)
4.2.3	太阳能干燥	(46)
4.3	聚光太阳能热发电	(49)
4.3.1	聚光太阳能热发电的基本原理与类型	(49)
4.3.2	聚光太阳能热发电的特点	(50)
4.3.3	太阳能槽式热发电	(51)
4.3.4	太阳能塔式热发电	(53)
4.3.5	太阳能碟式热发电	(55)
第 5 章	太阳能光电转换技术	(58)
5.1	光伏发电概述	(58)
5.1.1	太阳能光伏发电优、缺点	(58)
5.1.2	太阳能光伏发电发展状况	(59)
5.2	太阳能电池	(60)
5.2.1	太阳能电池的类型	(60)
5.2.2	太阳能电池组件	(64)
5.2.3	太阳能电池的性能参数	(65)
5.3	太阳能供电系统的类型	(65)
5.3.1	简单直流系统	(65)
5.3.2	直流供电系统	(66)
5.3.3	交流、直流供电系统	(66)
5.3.4	混合供电微网系统	(67)
5.3.5	并网混供系统	(69)
5.3.6	并网系统	(69)
5.4	太阳能聚光光伏发电	(70)
5.4.1	聚光光伏发电原理	(70)
5.4.2	聚光光伏发电系统组成	(71)
5.4.3	聚光光伏发电的优势	(73)
5.4.4	聚光光伏发电的不足	(73)
第 6 章	风能及其利用	(75)
6.1	风与风能	(75)
6.1.1	大气层结构	(75)
6.1.2	风的形成与类型	(76)
6.1.3	风的基本特征	(79)
6.1.4	风能资源及其分布	(87)
6.2	风能利用	(91)
6.2.1	风能利用历史	(91)
6.2.2	风能利用方法	(92)
6.2.3	风能利用的特点	(94)

第 7 章 风力发电技术简介	(96)
7.1 风电场项目规划	(96)
7.1.1 风场宏观选址	(96)
7.1.2 风场测量与风能评估	(97)
7.1.3 风场项目经济分析	(99)
7.1.4 风场微观选址(风机选型与布局)	(99)
7.2 风力发电机组的设计、制造	(100)
7.2.1 风力发电机组的设计	(100)
7.2.2 风力发电机组的制造组织方式	(103)
7.3 风电场设计与建设	(104)
7.3.1 风电场基础设施设计与建设	(104)
7.3.2 风电设备运输策划与实施	(105)
7.3.3 风电机组吊装	(105)
7.3.4 风电机组试运行	(105)
7.4 风电场运行与维护	(105)
7.4.1 风电场的运行	(106)
7.4.2 风电机组的维护	(106)
7.4.3 风电场的安全管理	(109)
7.5 风力发电原理	(110)
7.5.1 风能的计算	(110)
7.5.2 升力与阻力	(110)
7.5.3 翼型与攻角	(111)
7.5.4 风能利用系数	(113)
7.5.5 叶尖速比系数	(116)
7.6 风力发电技术发展现状与趋势	(116)
第 8 章 常见风力发电机	(121)
8.1 风力发电机组的类型	(121)
8.2 小型水平轴风力发电机组	(129)
8.2.1 小型风力发电机组的组成	(130)
8.2.2 小型风力发电系统配置	(133)
8.2.3 小型水平轴风力发电机的发展状况	(133)
8.3 大型水平轴并网风力发电机	(134)
8.3.1 大型水平轴并网风力发电机的特点与应用	(134)
8.3.2 大型水平轴并网风力发电机的系统组成	(134)
8.3.3 叶轮	(135)
8.3.4 主传动系统	(136)
8.3.5 偏航系统、变桨系统	(138)
8.3.6 发电机	(140)
8.3.7 并网控制系统	(140)

8.3.8 主控系统	(141)
8.3.9 辅助系统	(141)
8.3.10 塔架和基础	(142)
8.4 垂直轴风力发电机	(144)
8.4.1 垂直轴风力发电机的基本结构	(144)
8.4.2 垂直轴风力发电机与水平轴风力发电机的差别	(145)
8.4.3 垂直轴风力发电机的优点	(146)
8.4.4 大功率升力型垂直轴风力发电机	(146)
8.4.5 小功率升力型垂直轴风力发电机	(148)
8.4.6 阻力型垂直轴风力发电机	(150)
参考文献	(152)

第1章 绪 论

能源是指能提供能量的自然资源,它可以直接或间接提供人们所需要的电能、热能、机械能、光能、声能等。能源资源是指已探明或估计的自然赋存的富集能源。已探明或估计可经济开采的能源资源称为能源储量。各种可利用的能源资源包括煤炭、石油、天然气、水能、风能、核能、太阳能、海洋能、生物质能等。

1.1 能源的类型

1. 按能源的生成方式分类

按照能源的生成方式,一般可将其分为一次能源和二次能源。一次能源是直接利用的自然界的能源;二次能源是将自然界提供的直接能源加工以后所得到的能源。一次能源中又分为可再生能源和非再生能源。可再生能源是指不需要经过人工方法再生就能够重复取得的能源。非再生能源有两重含义:一是指消耗后短期内不能再生的能源,如煤、石油和天然气等;二是指除非用人工方法再生,否则消耗后就不能再生的能源,如原子能。

2. 一次能源按来源分类

一次能源按其来源主要可分为四类:来自地球以外与太阳能有关的能源;与地球内部的热能有关的能源;与核反应有关的能源;与地球—月球—太阳相互吸引(万有引力)有关的能源。能源分类如表 1.1 所示。

表 1.1 能源分类表

能源类型		一	二	三	四
一次能源	可再生能源	太阳能、风能、水能、生物质能、海洋能	地热	—	潮汐能
	非再生能源	煤炭、石油、天然气、油页岩	—	核能	—
二次能源		焦炭、煤气、电力、蒸汽、沼气、酒精、汽油、柴油、重油、液化气、其他	—	—	—

由表 1.1 可见,在一次能源的可再生能源中,第一类是太阳能及由太阳能间接形成的可再生能源,风能、水能、生物质能和海洋能是太阳能的间接形式;第二类是地热能,地热能是地球内部的热能释放到地表的能量,如地下热水、地下蒸汽、干热岩体、岩浆以及地震能等;第四类是潮汐能,潮汐能是由于地球—月球—太阳的引力相互作用,引起海水做周期性涨落运动所形成的能量。所以,在一次能源的可再生能源中,太阳能是最主要的能源。

煤、石油、天然气和油页岩等是在短期内无法产生的非再生能源,但由于这些能源是由很久以前的生物质能形成的,因此也属于第一类能源。属于第三类的非再生能源是核能。已探明的铀储量约为 4.9×10^6 t,钍储量约为 2.75×10^6 t。聚变核燃料有氘和锂-6,氘主要存在

于海水中,其储量约为 $4 \times 10^{13} \text{ t}$, 锂的储量约为 $2 \times 10^{11} \text{ t}$ 。这些核聚变材料所能释放的能量比全世界现有总能量还要大千万倍,因此核聚变的能量可以看作是取之不尽的能量。

3. 按能源的利用进程分类

能源按其利用进程又可分为常规能源和新能源。已经被人类长期广泛利用的能源称为常规能源,如煤炭、石油、天然气、水力、电力等。常规能源与新能源是相对而言的,现在的常规能源过去也曾是新能源,今天的新能源将来又会成为常规能源。

4. 按能源利用时对环境污染的大小分类

从使用能源时对环境污染的大小,可把无污染或污染小的能源称为清洁能源,如太阳能、水能、氢能等;对环境污染较大的能源称为非清洁能源,如煤炭、石油等。

1.2 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,即从烧薪柴的时代到使用煤炭的时代和从使用煤炭的时代到目前大范围使用石油和天然气的时代。在两次能源消费利用方式变迁的发展过程中,能源消费结构在不断发生变化(见图 1.1),能源消费总量也呈现大幅度跨越式的增长态势。

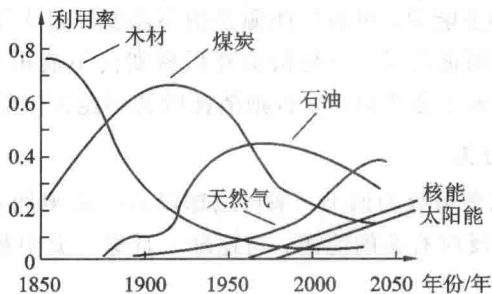


图 1.1 世界能源消费结构与趋势

在两次能源消费方式的变迁过程中都伴随着社会生产力的巨大飞跃,煤炭和石油的广泛使用也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,而随之产生的却是自然资源 and 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、天然气等化石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的生产消费模式。

1.3 能源与经济发展

能源是人类社会存在和发展的物质基础。在过去的 200 多年里,建立在煤炭、石油、

天然气等化石燃料基础上的能源体系极大地推动了人类社会的发展。以煤炭为主要燃料的蒸汽机的诞生,大幅度提高了生产率,引发了第一次工业革命,使采用蒸汽机国家的经济得到了快速发展。随着石油与天然气的开发和利用,电力、石油化工、汽车等许多行业的产量和生产效率得到了大幅度的提高,促进了世界范围内的经济快速发展,大幅度提高了人们的物质生活和精神生活水平。

人类在大量使用化石燃料发展经济的同时,也带来了严重的环境污染和对生态系统的破坏,主要表现为大气污染、水污染、土地荒漠化、绿色屏障锐减、臭氧层被破坏、温室效应、酸雨侵害、物种濒危、垃圾积留、人口激增等十大环境问题,国际上概括为“3P”和“3E”问题:Population(人口)、Poverty(贫穷)、Pollution(污染)、Energy(能源)、Ecology(生态)、Environment(环境)。经济规模的扩大和经济的快速发展,加快了一次能源的消耗量,使非再生的化石能源面临资源枯竭的严峻局面。

1. 能源对经济的促进作用

随着世界各国的经济发展和人口增加,人类对能源的需求越来越大。在正常情况下,能源消费量越大,国民生产总值也越高,能源短缺会严重影响国民经济的发展。例如,在1974年的世界能源危机中,美国能源短缺 1.16×10^8 t 标准煤,国民生产总值减少了930亿美元;日本能源短缺 6×10^7 t 标准煤,国民生产总值减少了485亿美元。

一般情况下,能源消耗随着经济的增长而增长,经济增长的同时保证能源需求量下降仅属个别特例。能源增长与经济增长存在一定的比例关系,理想的新能源经济是在保证经济高速增长的同时,能保持较低的能源消耗。能源是经济增长的推动力量,并限制经济增长的规模和速度。能源在经济增长中的作用主要表现为:

(1) 能源推动生产的发展和经济规模的扩大。

(2) 能源推动技术进步,特别是在工业交通领域,几乎每一次的重大技术进步都是在能源进步的推动下实现的,如蒸汽机的普遍利用是在煤炭大量供给的条件下实现的,电动机更是直接依赖电力的利用,交通运输的进步与煤炭、石油、电力的利用直接相关。农业现代化的实现,包括机械化、水利化、电气化等同样依赖于能源的推动。能源的开发利用所产生的技术进步需求,也对整个社会技术进步起到了促进作用。

(3) 能源是提高人们生活水平的主要物质基础之一。生活同样离不开能源,而且生活水平越高,对能源的依赖性就越大。民用能源包括炊事、取暖、卫生等家庭用能,也包括交通、商业、饮食服务等公共事业用能。所以,民用能源的数量和质量是制约人们生活水平的重要因素之一。

2. 能源消费弹性系数

能源与经济增长之间的关系通常用能源消费弹性系数表示。能源消费弹性系数表示能源消费量增长率与经济增长率之间的比例关系,其数学表达式为

$$e = \frac{\left(\frac{\delta E}{E}\right)}{\left(\frac{\delta G}{G}\right)} = \left(\frac{\delta E}{\delta G}\right) \times \left(\frac{G}{E}\right) \quad (1.1)$$

式中: e 为能源消费弹性系数; E 为前期能源消耗量; δE 为本期能源消耗增量; G 为前期经济产量; δG 为本期经济产量的增量。

根据公式(1.1)可以计算不同时期能源消费弹性系数的变化情况。目前,普遍采用的计算方法是平均增长速度方法,具体方法如下:

设 a 和 b 为考察期能源消费平均增长率和经济产量平均增长率,则有

$$a = \left(\frac{E_t}{E_0} \right) \exp \left(\frac{1}{t - t_0} \right) - 1 \quad (1.2)$$

$$b = \left(\frac{G_t}{G_0} \right) \exp \left(\frac{1}{t - t_0} \right) - 1 \quad (1.3)$$

式(1.1)可以转化为

$$e = \frac{a}{b} = \frac{\left(\frac{E_t}{E_0} \right) \exp \left(\frac{1}{t - t_0} \right) - 1}{\left(\frac{G_t}{G_0} \right) \exp \left(\frac{1}{t - t_0} \right) - 1} \quad (1.4)$$

式中: t 为终期年; t_0 为基期年; E_t 为终期年能源消费量; E_0 为基期年能源消费量; G_t 为终期年经济产量; G_0 为基期年经济产量。

式(1.4)是按平均增长速度法计算能源弹性系数的基本表达式。

作为宏观分析方法,能源消费弹性系数可以根据需要选择适当指标,只要分子与分母为统一范围或对称即可。选择的指标不同,表达的含义也就不同。常用的指标有总量或全局性指标、部门或地区指标、人均指标。现分别说明如下。

1) 总量或全局性指标

该指标是考察能源消费弹性系数最主要的指标,可以完整地表示能源消费增长与经济增长的关系。根据分子的选择不同,又可以分为一次能源消费弹性系数和电力消费弹性系数两种。

一次能源消费弹性系数一般简称为能源消费弹性系数,反映了一次能源增长与经济增长的关系,一次能源的范围仅限于商品能源。目前,发达国家非商品能源在一次能源中所占的比例很小,可以忽略不计,可以用能源总量来表示;在发展中国家,非商品能源所占的比例比较大,故有人不赞成用商品能源作为反映发展中国家能源消费弹性系数的指标。与能源消费总量相对应,分母应该选取反映经济增长的综合指标。

2) 部门或地区指标

能源消费弹性系数也适合于分析某一部门或行业或某一地区能源消费与经济增长的关系,这样,只要把系数的分子或分母相应调整为该部门或该地区能源消费增长指标即可。

3) 人均指标

用人均能源消费弹性系数指标来表示一个国家或地区能源消费与经济增长的关系,其优点是考虑了人口增长的因素,便于进行不同国家之间的比较。人均能源消费弹性系数 e_c , 表示人均能源消费量与人均产值的关系,其数学表达式为

$$e_c = \frac{\left(\frac{\delta F}{F} \right)}{\left(\frac{\delta N}{N} \right)} \quad (1.5)$$

式中: F 为前期人均能源消费量; δF 为本期人均能源消费增量; N 为前期人均产值; δN 为本期人均产值增量。具体计算方法与式(1.4)相同。

预计 2020 年我国的能源需求总量将在 23.2~31.0 亿吨标准煤之间,能源消费弹性系

数在 0.35~0.55 之间,能源需求年平均增长 2.4%~3.8%。能否继续以较低的能源消费增长实现经济的长期高速增长,是开创中国特色可持续发展道路的一个重要标志。中国已经连续 20 年将平均能源消费弹性系数保持在 0.5 左右,这在经济高速发展的大国中是绝无仅有的。

3. 循环经济三原则

人们在发展经济的同时,日益注重能源与经济的关系,循环经济正在全球兴起与发展。循环经济的本质是以生态学规律为指导,通过生态经济综合规划,设计社会经济活动,使不同企业之间形成共享资源和互换副产品的产业共生组合,使上游生产过程中产生的废弃物成为下游生产过程的原料,实现废物综合利用,达到产业之间资源的最优化配置,使区域的物质和能源在经济循环中得到循环利用,从而实现产品清洁生产和资源可持续利用的环境和谐经济模式。循环经济是把能源作为资源中的一种来对待的,节约资源和提高资源的利用率,也包括了节约能源和提高能源的利用率。循环经济是系统性的产业变革,是从产品利润最大化的市场需求主宰向遵循生态可持续发展能力有序建设的根本转变。循环经济内涵的三个基本评价原则,简称“3R”原则如下。

1) 减量化(Reduce)原则

针对产业链的输入端——资源,通过产品清洁生产而不是采用末端治理,最大限度地减少对不可再生资源的开采和利用,以替代性的再生资源为经济活动的投入主体,尽可能减少进入生产、消费过程的物质流和能源流,对废弃物的产生、排放实行总量控制。生产者通过减少原料的投入和优化生产工艺来节约资源和减少排放,消费者则通过选购包装简易、循环耐用的产品,来减少废弃物的产生,从而提高资源的循环利用率。

2) 资源化(Reuse)原则

针对产业链的中间环节,消费者最大限度地增加产品的使用方式和次数,有效延长产品和服务的时间;对生产者则采取产业行业间的密切分工和高效协作,实现资源产品的使用效率最大化。

3) 无害化(Recycle)原则

针对产业链的输出端——废弃物,提升绿色工业的技术水平,通过对废弃物的多次回收利用,实现废弃物多级资源化和资源的闭环良性循环,使废弃物的排放达到最小。

循环经济以生态经济系统的优化运行为目标,针对产业链的全过程,通过对产业结构的重组与转型,促成生态经济系统的整体合理化,力求使生态经济系统在环境与经济综合效益优化的前提下实现可持续发展。

近年来,我国遵循循环经济的上述三个原则,开展了循环经济的示范活动,取得了显著的经济效益和环境效益。2002 年我国颁布了《清洁生产促进法》,2005 年,我国又在数十个城市推广用绿色 GDP 来计算国民经济发展的试点工作,加大了循环经济在我国的推广力度,使我国的经济向着资源节约、生态和谐的方向健康发展。

第 2 章 新能源与新能源政策

2.1 环境保护与能源战略

2.1.1 能源与环境保护

随着现代科学技术的进步和工业化进程的快速发展，人类对能源的需求量急剧增加，同时加大了人类改变和影响环境的能力。能源在利用过程中，会伴随气体、液体和固体废弃物的排放，造成严重的环境污染，导致环境的恶化。表 2.1 给出了全球生态环境恶化的具体表现。

表 2.1 全球生态环境恶化的具体表现

种 类	恶化表现	种 类	恶化表现
土地沙漠化	10 hm ² /min	二氧化碳排放	1.5×10 ⁷ t/d
森林减少	21 hm ² /min	垃圾生产	2.7×10 ⁷ t/d
草地减少	25 hm ² /min	环境污染造成的人员死亡	10 万人/d
耕地减少	40 hm ² /min	污水排放	6×10 ¹² t/天
物种灭绝	2 个/h	各种自然灾害造成的损失	1200 亿美元/天
土壤流失	3×10 ⁶ t/h		

目前，在能源的需求结构中，石油所占的比例约为 40%，煤约占 20%，天然气约占 10%。由于人口的增长和经济的发展，人类对能源的需求量还在不断增加，但是任何一种能源的开发和利用都会对环境造成一定的影响。例如，水能的开发和利用可能会造成地面沉降、地震、生态系统变化等；地热能的开发和利用可能导致地下水污染和地面下沉。

在不可再生能源和可再生能源中，不可再生能源对环境的影响比可再生能源严重。煤、石油、天然气等不可再生能源的大量利用，加剧了环境的恶化。一座 1000 MW 的燃煤、燃油、燃气发电厂的排放如表 2.2 所示。

表 2.2 1000 MW 发电厂使用不同燃料时的排放

污 染 物	不同燃料年排放量(×10 ⁶ kg)		
	燃气	燃油	燃煤
颗粒物	0.46	0.73	4.49
SO _x	0.012	52.66	39.00
NO _x	12.08	21.70	20.88
CO	忽略不计	0.008	0.21
碳氢化合物	忽略不计	0.67	0.52

由表 2.2 可以看出燃烧煤炭时,颗粒物的排放最大,分别是燃油和燃气的 6.15 倍和 9.76 倍。

能源利用过程中的污染排放量,可根据一些经验公式和长期统计数据的结果建立如下简单的关系式:

$$Q_i = MC_i \quad (2.1)$$

式中: Q_i 为 i 种污染物的排放量, t ; M 为消费的能源总量, t ; C_i 为 i 种污染物的排放系数,即单位能源消费量排放 i 种污染物的数量, t/t 。

我国是世界上以煤炭为主要一次能源的少数国家之一,也是世界上少数几个污染物排放量大的国家之一,燃烧过程产生的大气污染物占大气污染物总量的 70% 左右,其中燃煤排放量占全部燃烧排放量的 96% 左右。我国大气环境的污染物主要为粉尘和二氧化硫的煤烟型污染,其规律是北方重于南方,产煤区重于非产煤区,冬天重于夏天。全国 50 多个城市的大气分析结果表明,颗粒物全年日平均浓度北方城市为 0.93 mg/m^3 ,多数城市超过国家三级标准 (0.50 mg/m^3);南方城市为 0.41 mg/m^3 ,一般接近和超过二级标准 (0.30 mg/m^3)。与发达国家相比,污染十分严重,这种情况与我国一次能源以煤炭为主的消费结构直接相关。

与传统的化石燃料相比,新能源与可再生能源对环境的污染要小得多,是对环境友好型的能源。因此,世界各国都加大了新能源与再生能源的研发力度和相应的能源鼓励政策。在不远的将来,随着新能源与可再生能源在各国能源中的比例不断增加,能源的利用将减轻对环境造成的污染。

2.1.2 能源安全

在全世界以石油为主要一次能源的情况下,石油作为重要的战略物资,与国家的繁荣和安全紧密地联系在一起。由于世界上的石油资源分布存在着严重的不均衡,而且石油是不可再生的资源,数量有限,获得和控制足够的石油资源成为国家能源安全战略的重要目标之一,因此石油作为一次能源成为许多战争的焦点。100 多年来,多次武装冲突和战争都与石油问题有关。

另一方面,随着全球经济的不断发展,世界能源需求不断增加,而备用能源日益匮乏,解决能源的需求问题显得越来越紧迫,能源安全问题也越来越受到世界各国的重视。

能源战略和政策的目标主要是利用市场机制来实现能源的可持续供给,使市场发挥更好的调节作用,在能源政策的鼓励下,强化新能源开发与利用技术的创新,加强发达国家与发展中国家在能源领域的合作,实施可持续能源计划,使全球在保证经济发展和能源供给的同时,保护环境和生态系统,创造一个和谐的发展模式,实现经济和能源的可持续发展。

2.1.3 发达国家能源战略

1. 美国能源战略

美国是世界上第二大石油消费国和原油进口国,石油需求量的一半以上依靠进口。美国政府为保证国内石油供应,已经制定了新的能源战略。目标是保证石油供应安全,防止全球油气供应出现混乱和石油价格的大幅度波动。根据世界地域政治的变化,营造有利的

石油战略环境,加强国家石油战略储备,实现石油来源的多元化,采用先进技术提高石油采收率和石油利用率。出于对全球石油市场和自身能源安全的担忧,美国政府2001年以来积极主张增加国内能源产量,提高节能效益和燃料热效率,采用新能源和可再生能源,以避免能源结构的单一性,增强能源的安全性。为此,美国政府还要求研究部门集中精力开发高能效的建筑、设备、运输和工业系统,并在可能的情况下用新能源和可再生能源置换传统的能源,以此作为能源保障战略的一个重要方面。

2. 欧盟能源战略

欧盟正在消耗越来越多的能源,欧盟各国对能源的进口依赖程度很高,其能源需求的50%必须依靠进口。在未来的30年中,欧盟能源需求的70%需要进口,而石油的进口可能高达90%。为了居民幸福和经济的正常运行,欧盟的长期能源供应安全战略必须保证从市场上不断地获得石油产品,保证能源系统的战略安全性,在重视环境保护的前提下,保证经济的可持续发展。

欧盟通过一些纲领和大型框架性协议协调欧盟成员国的能源政策,在2003~2006年推广了“合理用能的欧洲”项目,试图把合理利用能源和知识经济相结合,使欧洲经济在全球最具有竞争力。欧盟成员国在节能方面的潜力很大,平均能耗水平在今后的20年内每年降低2.5%,并节约价值6900亿美元的化石燃料。2003年欧盟成员国中可再生能源电力生产法生效。欧盟认为单靠市场不可能给节能和可再生能源提供激励作用,必须从政策上给予保障。欧盟在能源政策上的做法是由欧盟提出法规性要求,成员国把欧盟法规具体化成自己国家的法规,违规的国家要受到经济惩罚。欧盟在能源问题上的一个重要观点就是把经济增长与能源增长分离,提倡在不增加能源消耗的前提下保持经济的持续增长。

欧盟十分重视能源的安全性战略,认为能源供应安全并非是要寻求能源自足最大化或依赖性最小化,而是旨在减少与这种依赖性相关的风险。欧盟追求的目标就是保持各种供应来源的平衡和多样化,其中包括能源的种类和能源所处的地理区域的多元化,以确保欧盟在未来的经济发展中有稳定和安全的能源供应。

3. 日本能源战略

对于一次能源几乎全部依赖进口的日本,能源的采购和运输是极为重要的。为了保证本国的能源供应安全,日本政府一方面制定了新的石油政策,另一方面制定了新能源发展规划。2006年5月29日,日本政府颁布了《日本新国家能源战略》。《日本新国家能源战略》由两大部分组成,即对现状的认识及今后的战略和战略措施。新战略在分析总结世界能源供需状况的基础上,从建立世界上最先进的能源供求结构、综合强化资源外交及能源、环境国际合作、充实能源紧急应对措施等方面,提出了今后25年日本能源战略三大目标、八大战略措施计划及相关配套政策。

虽然日本在可再生能源利用方面已经取得了一定的成绩,如太阳能发电量已居世界第一。但是,从整体上看,由于提高能源转变效率及设备利用率都很困难,并且存在与其他竞争能源相比成本较高等很多问题。

日本政府提出的战略目标是支持新能源产业自立发展,支持以新一代蓄电池为重点的能源技术开发,促进未来能源园区的形成。2030年之前使太阳能发电成本与火力发电相当;推广生物质能、风力发电的自产自销,提高地区的能源自给率;推广以混合动力车为

主,促进电动汽车、燃料电池汽车使用的新车型。主要政策措施是:

(1) 利用与发展阶段相适应的扶持措施,扩大太阳能、风能和生物质能发电等进入普及期的新能源市场份额;

(2) 支持尚在研究、普及阶段新能源技术的中长期发展,培育未来需求和供给的增长点;

(3) 推进海洋能、太阳能利用的基础研究;

(4) 促进太阳能发电、燃料电池及蓄电池关联产业群的形成,对风力发电、生物质能等地域局限性高的新能源,支持当地以自产自销为主的地区经济,开拓与地域特点密切结合的新能源经济;

(5) 以超高效燃烧和能源储存为突破口,真正摆脱对化石燃料的依赖,对支撑未来能源经济的核心技术实施战略性开发。

2.1.4 我国的能源战略

1. 我国能源现状及面临的困难

我国作为全球能源消费第一大国,能源缺口巨大,居全球首位,重要能源石油的对外依存度非常高,能源安全面临较大挑战。

1) 我国能源缺口大,对外依存度高

近年来我国能源的对外依存度正在不断攀升,石油对外依存度正以每年3%的速度上升。自从1993年首度成为石油净进口国以来,我国的原油对外依存度由当年的6%一路攀升,2011年达到55%,据测算,到2020年,我国的能源依存度有可能达到70%。由于进口规模增大,原油价格已与国际接轨,国内石油产业受外部因素的影响很大,风险不言而喻。

2) 技术创新面临较大困难

由于人口和经济的继续增长,使得能源难以满足国内需求,同时不同于石油危机时代的情况是,全球已经进入“低碳时代”。在实现经济发展过程中,过于依靠石油煤炭等高碳能源,也成为我国能源安全一大软肋。由于我国对各类新能源技术研究起步较晚,基础研究较薄弱,同时新能源开发利用技术较发达国家大多对我国都有技术保护,因此要快速赶超国外先进国家有很多难题需要解决。

3) 提高投资“质量”,增大对内供应

我国的几大石油公司都在努力“走出去”,近年来,通过数百亿美元的投资已经获得了每年6千万吨的份额油,可谓成绩斐然,但在这6千万吨油中的绝大多数份额由于多方面的限制,只能在当地或国际市场上进行销售,只有10%能够运往我国。所以,我国石油公司“走出去”的主要成果,是增加了全球对石油天然气的投资,增加了全球能源的供给,间接地有利于我国的石油需求保障。我国进口石油的增长,绝大部分是贸易的结果,而不是投资的结果,这就需要提高投资“质量”,增加自主销售或自主使用的份额,直接增加对国内的直接供应量。

4) 我国能源安全面临新挑战

在进口来源上,我国的海外油源主要集中在中东和非洲,进口份额分别为51%和24%,这两地的石油进口占我国石油进口量的3/4,我国面临的一个重要问题就是油气通道安全问题。我国已成为世界第二大经济体,在能源安全方面不能依靠别人,而要依靠自