

环境调控丛书

4

能源-环境 调控

左玉辉 孙平 柏益尧 著



科学出版社
www.sciencep.com

环境调控丛书 4

能源-环境调控

左玉辉 孙平 柏益尧 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是《环境调控丛书》之四。

能源安全是关系社会经济发展全局的一个重大战略问题,能源短缺与能源环境问题是我国发展面临的首要资源环境瓶颈。本书对化石能源、核裂变能、核聚变能、水能、太阳能、风能、氢能、生物质能等主要能源逐一进行五律解析,系统评价各类能源短期和长期的五律协同度。研究认为,我国近期的主导能源仍然是化石能源,远期到远景的能源主力将是生物质能、太阳能、风能、核能、水能等。

本书可供政府工作人员、科研人员和相关专业研究生参阅,也可作为环境学课程的辅助教材供环境科学专业学生使用,还可作为大学生环境通识教育课程辅助教材和国民科学素质教育读物供大学生和一般读者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

能源-环境调控 / 左玉辉, 孙平, 柏益尧著. —北京: 科学出版社, 2008

(环境调控丛书: 4 / 左玉辉主编)

ISBN 978-7-03-021386-0

I. 能… II. ①左…②孙…③柏… III. 能源开发-关系-环境-研究-中国 IV. X24

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 034469 号

责任编辑: 周巧龙 吴伶俐 / 责任校对: 包志虹

责任印制: 钱玉芬 / 封面设计: 王 浩

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

铭浩彩色印装有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008 年 4 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2008 年 4 月第一次印刷 印张: 12 1/2

印数: 1—3 000 字数: 234 000

定价: 31.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈环伟〉)

《环境调控丛书》序

《环境调控丛书》(以下简称《丛书》)是国内运用环境学原理开拓我国宏观环境调控研究领域的首部系列专著,包括《环境调控总论》、《人口-环境调控》、《经济-环境调控》、《能源-环境调控》、《土地资源调控》、《水资源调控——大西线调水解析》、《农村环境调控》和《海岸带资源环境调控》。《丛书》主张,我国实现科学发展需要经济调控、社会调控、环境调控协调同步,其理论主线是五律解析与五律协同。《丛书》就人口、经济、资源与环境四个领域的环境调控空间、调控时机和调控策略进行了系统研究,并提出了一批富有创意的见解和建议,希望为我国实现科学发展提供新理论、新视野、新策略。

《丛书》的撰写与出版得到李文华院士、唐孝炎院士、金鉴明院士、任阵海院士、郝吉明院士、张懿院士、孙铁珩院士、张全兴院士、叶文虎教授、张远航教授和李爱民教授的热情支持与学术指导,得到南京大学和“污染控制与资源化研究”国家重点实验室的资助与大力支持,在此谨表诚挚谢意。

左玉辉

2008年1月于南京大学

前

言

能源安全是关系经济社会发展全局的一个重大战略问题。单位产品的能耗是对技术水平的衡量，而一个国家的人均能耗是对社会经济发展水平的衡量。目前，我国人均能源消费水平仅相当于日本、英国的 1/4，美国的 1/8。以日本和英国目前的人均能耗作为我国 21 世纪中叶能耗水平的参考指标，我国的能耗总量至少还要增长 2~3 倍。能源短缺与能源环境问题是我国发展面临的首要资源环境瓶颈。

本书对化石能源、核裂变能、核聚变能、水能、太阳能、风能、氢能、生物质能等主要能源逐一进行了五律解析，系统评价各类能源短期和长期的五律协同度。

化石能源是目前人类使用的主要能源。最新研究成果表明，它对环境的影响有可能通过零排放技术得到有效控制，因此化石能源在资源耗竭之前，与人类的能源目标总体上是五律协同的。但问题在于，化石能源不可再生，它总有耗竭的一天。

核燃料资源近期有富裕、中期有保证、远期有潜力。核裂变技术越来越成熟，目前的主要问题在于其建设成本偏高，核废料的最终安全处置问题有待解决。从长远看，核裂变能是五律协同的。

核聚变原料的理论资源储量是无限的。但是，核聚变技术还处于实验阶段，它能否成功、什么时候能够成功都是未知数。因此，它的经济可行性、社会可行性、环境可行性都是不确定的。五律解析结果表明，核聚变能只有其自然规律是协同的，其他要素都是偏离的。研究认为，核聚变技术值得研究，但将 13 亿人口大国的远期能源需求寄希望于这样一个具有众多不确定性的技术，风险将会太大。

水能开发引起诸多争议，但本书作者通过研究认为，水能的五律协同度非常高。太阳能和风能的开发，其存在的问题主要是资源分散、不稳定，开发成本高。氢能不是一次能源，它的开发瓶颈在于技术要求复杂、成本高。

生物质能可储存、可转化为液体燃料、可作为化工原料，是可再生的绿色能

源，能够实现碳的当代循环。本书作者认为，生物质能具有很高的五律协同度，它的开发瓶颈主要是水资源和土地资源。《环境调控丛书》认为，通过大西线调水，开发西北、华北土地资源，建设生物质能生产基地，实现西北、华北生态修复，是五律协同度很高的一个战略性基础工程，具有多重效益。

本书作者认为，我国近期的主导能源仍然是化石能源，远期的能源主力将是生物质能、太阳能、风能、核能、水能等。

本书所用数据、资料力求权威、新鲜、合理，参考文献列于书末，在此向这些文献的作者深表谢意。

由于作者水平有限，对部分新观点、新思路的研究不免有诸多疏漏之处，在此谨向广大读者和同仁深表歉意，敬请不吝指正为感。

左玉辉

2008年1月于南京大学



《环境调控丛书》序

前言

第 1 章 能源-环境调控概述	(1)
1.1 能源资源的利用及其开发	(1)
1.1.1 能源概念	(1)
1.1.2 常规能源的开发和利用	(3)
1.1.3 新能源和可再生能源的开发利用	(6)
1.1.4 能源生产与消费	(10)
1.2 能源利用前瞻	(13)
1.2.1 中国未来能源需求情景分析	(13)
1.2.2 我国能源发展面临的主要问题	(18)
1.2.3 能源资源开发利用前瞻	(22)
第 2 章 化石能源五律解析	(24)
2.1 自然解析	(24)
2.1.1 资源量	(24)
2.1.2 自然属性	(30)
2.1.3 对其他自然资源的需求	(31)
2.2 技术解析	(33)
2.2.1 洁净煤技术	(33)
2.2.2 油气	(39)
2.2.3 电力	(43)
2.3 经济解析	(45)
2.3.1 价格	(45)
2.3.2 产业规模	(46)
2.4 社会解析	(47)
2.4.1 能源安全	(47)

2.4.2 就业容量	(50)
2.4.3 煤矿安全生产	(50)
2.5 环境解析	(51)
2.5.1 污染物和温室气体排放	(51)
2.5.2 化石能源开发的生态环境影响	(56)
第3章 核能五律解析	(62)
3.1 自然解析	(62)
3.1.1 核能产生的自然机理	(62)
3.1.2 核燃料资源量	(63)
3.1.3 自然属性	(65)
3.2 技术解析	(65)
3.2.1 核裂变	(65)
3.2.2 核聚变	(68)
3.3 经济解析	(69)
3.3.1 产业规模	(69)
3.3.2 成本价格比较	(70)
3.4 社会解析	(71)
3.4.1 社会接受度	(71)
3.4.2 能源安全	(72)
3.5 环境解析	(74)
3.5.1 核裂变	(74)
3.5.2 核聚变	(75)
第4章 水能五律解析	(76)
4.1 自然解析	(76)
4.1.1 水能资源	(76)
4.1.2 自然属性	(77)
4.2 技术解析	(78)
4.2.1 电站总体设计	(78)
4.2.2 水电设备加工制造	(78)
4.2.3 水电建设技术	(79)
4.3 经济解析	(80)
4.4 社会解析	(81)
4.4.1 社会接受度	(81)

4.4.2 能源安全	(82)
4.5 环境解析	(82)
4.5.1 水电对环境的正面影响	(82)
4.5.2 水电对环境的负面影响	(84)
第 5 章 风能五律解析	(87)
5.1 自然解析	(87)
5.1.1 风能资源	(87)
5.1.2 自然属性	(88)
5.2 技术解析	(88)
5.3 经济解析	(89)
5.3.1 产业规模	(89)
5.3.2 并网风电价格	(90)
5.4 社会解析	(91)
5.4.1 能源安全	(91)
5.4.2 提供就业	(91)
5.5 环境解析	(92)
5.5.1 风电对环境的正面影响	(92)
5.5.2 风电对环境的负面影响	(92)
第 6 章 太阳能五律解析	(95)
6.1 自然解析	(95)
6.1.1 太阳能资源	(95)
6.1.2 自然属性	(96)
6.2 技术解析	(96)
6.2.1 太阳能热利用技术	(96)
6.2.2 太阳能发电技术	(97)
6.3 经济解析	(104)
6.4 社会解析	(104)
6.5 环境解析	(105)
第 7 章 氢能五律解析	(107)
7.1 自然解析	(107)
7.1.1 氢的储量	(107)
7.1.2 自然属性	(107)
7.2 技术解析	(108)

7.2.1 制氢技术	(108)
7.2.2 储氢技术	(109)
7.2.3 氢能利用技术	(110)
7.3 经济解析	(112)
7.4 社会解析	(112)
7.5 环境解析	(114)
7.5.1 对环境的正面影响	(114)
7.5.2 对环境的负面影响	(114)
第8章 生物质能五律解析	(116)
8.1 自然解析	(116)
8.1.1 能源植物	(117)
8.1.2 资源量	(124)
8.1.3 对水资源的需求	(129)
8.2 技术解析	(129)
8.2.1 生物质能生产技术	(130)
8.2.2 生物质能利用技术	(132)
8.3 经济解析	(141)
8.3.1 石油的价格	(141)
8.3.2 生物质液体燃料成本价格分析	(141)
8.3.3 生物质产业	(145)
8.4 社会解析	(147)
8.4.1 能源安全	(147)
8.4.2 能源安全与粮食安全	(148)
8.4.3 就业	(149)
8.5 环境解析	(151)
8.5.1 正面影响	(151)
8.5.2 负面影响	(153)
第9章 中国能源-环境调控策略	(155)
9.1 主要能源五律解析小结	(155)
9.1.1 自然解析	(155)
9.1.2 技术解析	(157)
9.1.3 经济解析	(158)
9.1.4 社会解析	(159)

9.1.5 环境解析	(160)
9.1.6 小结	(161)
9.2 未来能源供给策略	(161)
9.2.1 煤炭资源供应前景	(161)
9.2.2 油气资源供应前景	(163)
9.2.3 核电资源开发前景	(164)
9.2.4 可再生能源开发前景	(164)
9.2.5 能源供给策略	(165)
9.3 节能策略	(167)
9.3.1 充分挖掘工业部门节能潜力	(167)
9.3.2 大力加强建筑节能	(168)
9.3.3 电力系统应推行需求侧管理	(173)
9.3.4 交通运输部门应大力发展轨道交通，加强公路运输节能	(176)
主要参考文献	(183)

第 1 章 能源-环境调控概述

能源是人类生存、经济发展、社会进步和现代文明不可缺少的重要物质资源,是关系国家经济命脉和国防安全的重要战略物资,在现代化建设中具有举足轻重的地位。21 世纪中叶以前是我国实现工业化的关键时期,也是经济结构、城市化水平、居民消费结构发生明显变化的阶段,经济和社会等领域将发生许多革命性的变化,能源领域也将面临诸多挑战。目前,能源供应主要依靠煤炭等化石燃料,化石能源资源的有限性及其开发利用所引起的环境污染和温室气体排放对经济和社会的可持续发展产生了严重的制约作用。我国是一个能源生产和消费大国,在全面建设小康社会的进程中,在能源领域如何进行环境调控,从而改善能源结构,保证能源安全,促进经济、社会和环境的可持续发展,是我国面临的一个重大战略问题。

1.1 能源资源的利用及其开发

1.1.1 能源概念

从物理学观点看,能量可以简单定义为做功的本领。就广义而言,任何物质都可以转化为能量,但是转化的数量和转化的难易程度是不一样的。比较集中而又较易转化的含能物质称为能源。由于科学技术的进步,人类对物质性质的认识及所掌握的能量转化的方法也在深化,因此并没有一个很确切的能源定义。还有另一种类型的能源,即物质在运动过程中所转化的能量(所谓能量过程),如水的势能落差运动产生的水能及空气运动所产生的风能等。因此,能源的定义可以描述为:比较集中的含能体或能量过程称为能源,可以直接或经过转化提供人类所需的光、热、动力等任何形式能量的载能体资源。通常我们所说的能源,是指能够直接或经过转换而提供能量的自然资源。

目前,可供人类利用的能源很多,如煤、石油、天然气、核能、水力、太阳能、生物质能、风能、海洋能等。能源的种类非常多,按其来源分类如图 1-1 所示。

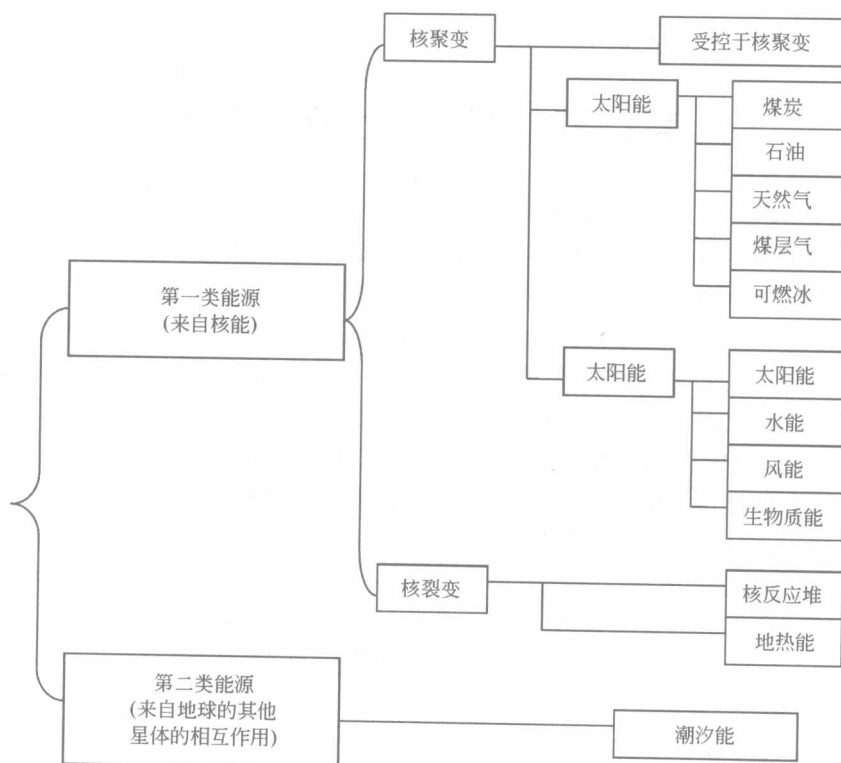


图 1-1 能源按来源的分类

根据能源产生方式可将能源分为一次能源和二次能源。一次能源，如水能、石油、天然气、煤炭以及太阳能、风能、地热能、海洋能、生物能等，这些都是自然界本来就有的各种形式的能源；二次能源则包括电力、煤气、柴油、焦炭、洁净煤、沼气等，它们是由一次能源经过转化或加工制造而产生的。二次能源是联系一次能源和能源用户的中间纽带。二次能源又可分为“过程性能源”和“含能体能源”。目前，电能是应用最广的“过程性能源”；柴油、汽油则是应用最广的“含能体能源”。由于目前“过程性能源”还不能大量地直接储存，因此汽车、轮船、飞机等机动性强的现代交通运输工具就无法直接使用从发电厂输出来的电能，只能用像柴油、汽油这样的一类“含能体能源”。由此可见，过程性能源和含能体能源是不能互相替代的，它们各自有自己的应用范围。一次能源还可进一步细分。凡是不断得到补充或能在较短周期内再产生的能源称为再生能源，如水能、太阳能、风能、海洋能、潮汐能等；反之则称为不可再生能源，如煤炭、石油、天然气等。

根据其使用的广泛程度又可将能源分为常规能源和新能源。在现有的经济和技术条件下,已经大规模生产和广泛使用的能源为常规能源,如水、煤炭、石油、天然气等;在新技术系统上开发利用的能源为新能源,如太阳能、风能、地热能、海洋能、核能、生物能等,新能源大部分是天然和可再生的,是未来世界持久能源系统的基础。

从环境保护的角度进行分类,能源还分为污染型能源,如煤炭、石油等;清洁型能源,如水能、电力、太阳能、风能等。

1.1.2 常规能源的开发和利用

1.1.2.1 煤炭

煤炭是埋在地壳中亿万年以上的树木等植物,由于地壳变动等原因,经过物理和化学作用而形成的含碳量很高的可燃物质,又称作原煤。按煤炭的挥发物含量的不同,将其分为泥煤、褐煤、烟煤和无烟煤等类型。

煤炭既是重要的燃料,又是珍贵的化工原料,在国民经济的发展中起着重要作用。煤炭在电源结构中约占72%,在化工生产原料用量中约占50%,在工业锅炉燃料中约占90%,在生活民用燃料中约占40%。自20世纪以来,煤炭主要用于电力生产和在钢铁工业中炼焦,某些国家蒸汽机车用煤的比例也很大。电力工业多用劣质煤(灰分大于30%);蒸汽机车对用煤质量的要求较高,即灰分应低于25%,挥发分含量要求大于25%,易燃并具有较长的火焰。在煤矿附近建设的坑口发电站,使用了大量的劣质煤作为燃料,直接转化为电能向各地输送。另外,由煤转化的液体和气体合成燃料对补充石油和天然气的使用也具有重要意义。

1.1.2.2 石油

石油是一种用途极为广泛的宝贵矿藏,是天然的能源物资。在陆地、海上和空中交通方面,以及在各种工厂的生产过程中,都是使用石油或石油产品来作为动力燃料的。在现代国防方面,新型武器、超音速飞机、导弹和火箭所用的燃料都是从石油中提炼出来的。石油是重要的化工原料,可以制成发展石油化工所需的绝大部分基础原料,如乙烯、丙烯、苯、甲苯、二甲苯等。石油化工可生产出成百上千种化工产品,如塑料、合成纤维、合成橡胶、合成洗涤剂、染料、医药、农药、炸药和化肥等与国民经济息息相关的产品,因此可以说石油是国民经济的“血脉”,石油的动荡对于国民经济而言是“牵一发而动全身”。

科学家一直对石油是如何形成的这个问题有争论,目前大部分的科学家都认同的一个理论是:石油是沉积岩中的有机物质变成的。因为在已经发现的油田

中, 99%以上都是分布在沉积岩区。另外, 人们还发现现代的海底、湖底的近代沉积物中的有机物, 正在向石油慢慢地变化。石油是一种黏稠的液体, 颜色深。直接开采出来的未经加工的石油称为原油。由于所含的胶质和沥青的比例不同, 石油的颜色也不同。石油中含有石蜡, 石蜡含量的高低决定了石油的黏稠度的大小。另外, 含硫量也是评价原油的指标, 含硫量对石油加工和产品性质的影响很大。

1.1.2.3 天然气

天然气是地下岩层中以碳氢化合物为主要成分的气体混合物的总称, 它主要由甲烷、乙烷、丙烷和丁烷等烃类综合组成, 其中甲烷占 80%~90%。天然气有两种不同的类型: 一种是伴生气, 由原油中的挥发性组分所组成, 约有 40% 的天然气与石油一起伴生, 称为油气田。它溶解在石油中或是形成石油构造中的气帽, 并为石油储藏提供气压。另一种是非伴生气, 即气田气, 它埋藏更深, 很多来源于煤系地层的天然气称为煤成气, 它可能附于煤层中或另外聚集, 在 700 万~1700 万 Pa 和 40~70℃时每吨煤可吸附 13~30m³ 的甲烷。即使是在伴生油气田中, 液体和气体的来源也不一定相同。它们所经历的不同的迁徙途径和迁移过程完全有可能使它们最终来到同一个岩层构造中。这些油气构造不是一个大岩洞, 而是一些多孔岩层, 其中含有气、油和水, 这些气、油和水通常都是分开的, 各自聚集在不同的高度水平上。油、气分离程度与二者的相对比例、石油黏度及岩石的空隙度有关。

天然气是一种重要能源, 燃烧时有很高的发热值, 对环境的污染也较小, 同时也是一种重要的化工原料。以天然气为原料的化学工业简称为天然气化工, 主要有天然气制炭黑、天然气提取氢气、天然气制氢、天然气制氨、天然气制甲醇、天然气制乙炔、天然气制氯甲烷、天然气制四氯化碳、天然气制硝基甲烷、天然气制二硫化碳、天然气制乙烯、天然气制硫磺等。

天然气的勘探、开采与石油类似, 但采收率较高, 可达 60%~95%。大型稳定的气源常用管道输送至消费地区, 每隔 80~160km 必须设一增压站, 加上天然气压力高, 故长距离管道输送投资很大。最近 10 年液化天然气技术有了很大发展, 液化后的天然气体积仅为原来体积的 1/600, 因此可以用冷藏油轮进行运输, 运到使用地后再进行气化。另外, 天然气液化后, 可为汽车提供方便的污染小的天然气燃料。

1.1.2.4 水能

许多世纪以前, 人类就开始利用水下落时所产生的能量。最初, 人们以机械的形式利用这种能量, 在 19 世纪末期, 人们学会将水能转换为电能。早期的水

电站规模非常小,只为电站附近的居民服务。随着输电网的发展及输电能力的不断提高,水力发电逐渐向大型化方向发展,并从这种大规模的发展中获得益处。

水能资源最显著的特点是可再生,无污染。开发水能对江、河的综合治理和综合利用具有积极作用,对促进国民经济发展,改善能源消费结构,缓解由于消耗煤炭、石油等化石能源所带来的污染有重要意义。因此,世界各国都把开发水能放在能源发展战略的优先地位。到1998年,发达国家可开发水能资源已经开发了60%,而发展中国家仅开发了20%,所以今后大规模的水电开发主要集中在发展中国家。中国水能资源的理论蕴藏量、技术可开发量和经济可开发量均居世界第一位,其次为俄罗斯、巴西和加拿大。

1.1.2.5 核能

由于原子核的变化而释放的巨大能量叫做核能,也叫做原子能。经过科学家们的大量实验研究和理论分析,发现释放核能有重核的裂变和轻核的聚变两条途径。核能发电是一种清洁、高效的能源获取方式。对于核裂变,核燃料是铀、钚等元素,核聚变的燃料则是氘、氚等物质。有一些物质,如钍,其本身并非核燃料,但经过核反应可以转化为核燃料。

1) 重核的裂变

科学家们发现,用中子去轰击质量数为235的铀核,铀核会分裂成大小相差不大的两个部分,这种现象叫做裂变。裂变后的产物以很大的速度向相反方向飞开,与周围的物体分子碰撞,使分子动能增加,核能转化成周围物体的内能。实验表明,裂变时释放的核能十分巨大,1kg铀-235中的铀核如果全部发生裂变,释放出的核能相当于2500tce^①完全燃烧时放出的能量,是同样质量煤燃料时放出能量的250万倍。从1932年发现中子到1939年发现裂变,经历了7年之久才把巨大的裂变能从铀核中解放出来。仅发生裂变释放能量还不够理想,作为核燃料的原子核在中子轰击下发生分裂,一个原子核吸收一个中子裂变后,除了能释放巨大的能量,还伴随产生2~3个中子,即由中子引起裂变,裂变后又产生更多的中子。在一定的条件下,这种反应可以连续不断地进行下去,称为链式反应。经过科学家的努力,实现了人为控制链式反应,使裂变可以进行、可以停止,形成了核反应堆。

2) 轻核的聚变

科学家们在对核反应的研究中还发现,两个较轻的原子核结合成一个较重的原子核时,也能释放出核能,这种现象叫做聚变。由于聚变必须在极高的温度和

^① tce为吨标准煤,1tce=29 270MJ,下同。

压强下进行,所以也叫做热核反应。例如,把一个氘核(质量数为2的氢核)和一个氚核(质量数为3的氢核)在高温、高压的环境下结合成一个氦核时,就会释放出核能。我们最熟悉的太阳内部就在不断地进行着大规模的核聚变反应,由此释放出的巨大核能以电磁波的形式从太阳辐射出来,地球上的人类自古以来,每天都在享用着这种聚变释放出的核能。

面对强大的核能,人们总是又爱又怕。第二次世界大战中使用的原子弹已经给人类的记忆留下了很深的伤痕,核武器的发展是科学家们所忌惮的事情。实现核能的和平利用,就能够代替化石燃料,人们已经成功地生产出各种规格的核反应堆,它是核潜艇、核动力破冰船、核电站等设施的核心部件。

1.1.3 新能源和可再生能源的开发利用

可再生能源是指风能、太阳能、水能、生物质能、地热能、海洋能等非化石能源。可再生能源是本地资源,发展可再生能源不仅可以减少能源进口、保障能源安全,同时还有利于调整能源结构、保护环境、促进当地的经济发展和扩大就业。因此,世界各国都把可再生能源作为21世纪的战略能源和后续能源。人类对于能源利用源于传统的生物质,然后逐渐发展到木炭等能量密度较高的成型燃料,最后进入以煤炭等化石燃料为主的化石能源时代。20世纪70年代的两次石油危机使人们认识到可再生能源的重要性,特别是近年来对环境保护要求的日益提高和国际社会对气候变化问题的关注,使可再生能源技术得到迅速发展,风力发电、太阳能发电等新技术使可再生能源的年增长速度达到30%以上。今天,在世界范围内发展可再生能源已成为调整能源结构、减排温室气体、实现可持续发展的重要措施。许多国家提出了宏伟的可再生能源发展目标,欧盟计划到2020年使其可再生能源的使用量在能源构成中占到20%,到2050年占到50%。在美国、欧盟成员国等最近公布的中长期能源战略中,可再生能源占据了重要地位。国际可再生能源的利用现状和发展趋势表明,许多可再生能源技术已经成熟,一部分已经具备大规模商业化发展的条件,开始成为继煤炭、石油和天然气之后的第四代能源。

太阳能是各种可再生能源中最重要的基本能源,也是人类可利用的最丰富的能源。如果把地球表面0.1%的太阳能转为电能,转变率为5%,那么每年发电量可达 $5.6\text{PW}\cdot\text{h}$,相当于目前全世界能耗的40倍。按照目前太阳的质量消耗速率计算,可维持600亿年。太阳辐射能是取之不尽用之不竭、无污染的能源。目前,人们利用太阳能的方式很多,主要是利用太阳能加热、取暖、发电。我们现在可以使用太阳能热水器、太阳灶、太阳能硅电池等,但是使用的范围还非常小,目前太阳能利用最完善的应该算是太阳能热水器。太阳能的发展方向是利用