

N E N G Y U A N G O N G C H E N G G U A N L I

能源工程管理

周伟国 马国彬 编著



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

能源工程管理

周伟国 马国彬 编著



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内容提要

该书系同济大学“十五”规划教材,是为学生学习和掌握能源工程管理基础知识而编写的.全书共分六章,分别讲述了能源分类与评价、能源品质与烟平衡、能源利用与贮存、能源工程管理、能源工程技术经济分析、能源系统与规划.是一本通过阐述基本原理、讨论技术、介绍方法,将能源工程技术与管理方法有机结合起来

的综合性教材.
该书可作为高等院校热能与动力、建筑环境与设备、环境工程等专业的教材,也适合从事能源生产、能源工程管理等领域的工程技术人员及管理人员参考与使用.

图书在版编目(CIP)数据

能源工程管理/周伟国,马国彬编著. —上海:同济大学出版社,2007.8

ISBN 978-7-5608-3481-8

I. 能… II. ①周… ②马… III. 能源—工程—管理 IV. TK01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 155911 号

能源工程管理

周伟国 马国彬 编著

责任编辑 姚烨铭 责任校对 谢惠云 封面设计 潘向葵

出版发行 同济大学出版社 www.tongjipress.com.cn

(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 崇明裕安印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 14.75

印 数 1—3100

字 数 368000

版 次 2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-3481-8/TK·9

定 价 26.00 元

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换。 版权所有 侵权必究

前 言

能源是人类社会生存和发展的物质基础,是经济的命脉.随着经济的发展,人类对能源的依赖性更强.但由于石油、煤炭、天然气等矿物燃料大量的、无节制的消耗,使得能源的供需矛盾日益突出,已严重影响了国民经济的进一步发展.尽管我国在“十五”规划期间,在能源的开发利用方面已取得了巨大的成效,但仍然跟不上经济发展的需求.

目前,在能源供应所面临的严峻形势下,能源工程管理工作显得更为重要.能源工程管理是指根据国家能源工作的各项方针、政策,利用科学手段,按照客观规律,对能源的开发(生产)、输送、转换和应用等环节进行计划、组织、指挥、监督(测)和调节,以达到合理开发、节约用能和提高能源利用效率的目的.使有限的能源资源通过节约和综合利用,发挥最大的作用.同时充分地利用新能源和分布式能源,降低环境污染,提高能源安全性.

本书共分6章.第1章介绍能源分类与评价、能源资源、能源供应、能源战略、能源的环境问题.使读者对能源供应与利用现状有一个全局性的认识.

第2章介绍了能量品质、焓和熵的概念、焓计算、焓平衡分析和焓损失计算.使读者了解能量品质在能源利用过程中的贬值情况,并掌握各类能量形式的焓计算和焓平衡分析方法,从而更有效地进行能源工程的管理.

第3章介绍了煤炭、核能、水能等常规能源利用技术,太阳能、风能、生物质能等新能源利用技术,氢能利用技术,煤层气开发技术,分布式能源技术以及能量的储存技术.使读者对先进能源技术有所了解,也是促进改变能源结构,充分利用洁净和可再生能源、提高能源供需平衡可靠性管理水平的基础.

第4章介绍了能源工程管理工作内容和特点、能量平衡管理和节能管理要求、能源需求侧管理、能源需求侧管理实施步骤与应用、能源合同管理基本概念和实施步骤、合同能源管理中存在的问题、能源工程风险管理、风险管理体系的构建、能源工程风险管理规划.使读者能掌握能源工程管理的内涵和新型的节能管理模式,了解能源工程风险管理的重要性,掌握风险管理的一般方法.

第5章介绍了技术经济分析基本概念、资金时间价值的计算方法、能源工程经济评价原则与方法、盈亏平衡分析、敏感性分析和风险分析.使读者了解能源工程实施前进行技术经济分析计算的意义,掌握一般的技术经济分析方法,包括确定性分析和不确定分析,充分认识技术经济动态分析的重要性.

第6章介绍了能源系统概述、能源系统网络模型、能源系统规划目的、能源规划类型及特点、内容与步骤、能源系统预测方法.使读者对能源系统概念有所了解,并掌握能源系统规划与预测等方面的内容与方法.

本书第1章至第5章由周伟国编写,第6章由马国彬编写.

本书是在参考了大量的资料,并结合作者多年来研究工作心得.编写而成,毋庸置疑,由于成书时间仓促,在内容深度和全书整体性方面会存在一些不足,恳请读者不吝指正,以容日后改进.

编者

2007年6月

目 次

前 言

1 概 述	(1)
1.1 能源分类与评价	(1)
1.1.1 能源分类	(1)
1.1.2 能源评价	(2)
1.2 能源资源	(3)
1.2.1 能源资源结构	(3)
1.2.2 能源供应	(15)
1.2.3 能源战略	(18)
1.3 能源的环境问题	(21)
1.3.1 能源与环境	(21)
1.3.2 主要环境污染物	(24)
1.3.3 环境保护展望	(28)
1.4 能源工程管理的的主要内容	(29)
2 能量品质与熵平衡	(31)
2.1 能量守恒与转换定律	(31)
2.2 能量平衡	(32)
2.3 熵平衡	(34)
2.3.1 熵和熵	(35)
2.3.2 熵计算	(35)
2.3.3 熵平衡分析和熵损失计算	(50)
3 能源利用与储存	(63)
3.1 常规能源利用技术	(63)
3.1.1 洁净煤技术	(63)
3.1.2 核能的和平利用	(65)
3.1.3 水 能	(71)
3.2 新能源利用技术	(73)
3.2.1 太阳能	(73)
3.2.2 风 能	(80)
3.2.3 生物质能	(83)
3.2.4 地热能	(89)
3.2.5 氢 能	(91)

3.2.6 煤层气开发·····	(93)
3.3 能量的储存·····	(94)
3.3.1 储能技术·····	(95)
3.3.2 天然气贮存·····	(102)
3.3.3 氢能贮存·····	(108)
3.3.4 分布式能源系统·····	(110)
4 能源工程管理·····	(113)
4.1 能源工程管理综述·····	(113)
4.1.1 能源工程管理主要工作内容·····	(113)
4.1.2 能源工程管理特点·····	(114)
4.1.3 能量平衡管理和节能管理·····	(114)
4.2 能源需求侧管理·····	(116)
4.2.1 电力需求侧管理基本原理·····	(117)
4.2.2 需求侧管理实施过程·····	(118)
4.2.3 电力需求侧管理在其他能源需求侧管理方面的应用·····	(123)
4.3 能源合同管理·····	(128)
4.3.1 能源合同管理基本概念·····	(128)
4.3.2 合同能源管理的实施步骤·····	(131)
4.3.3 合同能源管理实施举例·····	(133)
4.3.4 合同能源管理中存在的问题·····	(136)
4.4 能源工程风险管理·····	(138)
4.4.1 风险管理的重要性·····	(138)
4.4.2 风险管理与安全管理·····	(140)
4.4.3 风险管理体系的构建·····	(141)
4.4.4 能源工程风险管理规划·····	(147)
5 能源工程技术经济分析·····	(173)
5.1 技术经济分析基础·····	(173)
5.1.1 资金的时间价值·····	(173)
5.1.2 现金流量图·····	(174)
5.1.3 资金等值·····	(174)
5.1.4 资金时间价值的计算方法·····	(174)
5.2 能源工程经济评价方法·····	(180)
5.2.1 评价的基本原则·····	(180)
5.2.2 互斥方案经济效益的评价方法·····	(181)
5.2.3 非互斥方案经济效益的评价方法·····	(190)
5.3 不确定性分析·····	(193)
5.3.1 盈亏平衡分析·····	(193)
5.3.2 敏感性分析·····	(196)

5.3.3 风险分析 (198)

6 能源系统与规划 (203)

6.1 能源系统概述 (203)

6.1.1 系统基本定义与分类 (203)

6.1.2 能源系统工程的实用领域 (204)

6.2 能源系统网络模型 (207)

6.2.1 能源系统网络模型的构成 (207)

6.2.2 能源系统能流网络模型各环节的效率 (211)

6.2.3 能源平衡分析研究 (213)

6.3 能源系统规划 (215)

6.3.1 能源系统规划的目的 (215)

6.3.2 能源规划的类型及特点 (216)

6.3.3 能源系统规划的内容 (216)

6.3.4 能源规划的步骤 (217)

6.4 能源系统预测 (218)

6.4.1 驱动未来世界能源形势的关键因素 (218)

6.4.2 探求洁净能源 (219)

6.4.3 世界能源供应和消费发展趋势 (220)

6.4.4 能源系统预测方法 (221)

参考文献..... (225)

1 概述

1.1 能源分类与评价

1.1.1 能源分类

能源是指人类取得能量的来源,包括以开采出来可供使用的自然资源以及经过加工或转换而得到的能量来源。能源是为人类在生产和生活中提供各种能力和动力(如电能、热能、机械能、光能等)的物质资源,是支撑国民经济发展和保障人民生活的重要物质基础。能源资源包括煤炭、石油、天然气、核能、太阳能、生物质能等。能源的开发和有效利用程度以及人均消费量是生产技术和生活水平的重要标志。

中国改革开放 20 多年来,随着经济的快速发展和人民生活水平的稳步提高,能源消费也在不断增加。在过去的 20 多年里,能源消费翻了一番,已经达到约 $15 \times 10^8 \text{ t}$ 标准煤,现成为仅次于美国的世界第二大能源消费大国。根据中国的发展战略,未来 20 年内,经济仍然要保持年均 7.2% 的快速增长率,这意味着能源供应将要先行快速增长。

能源的分类方法很多,一般有下列几种:

1) 按来源分类

来自地球以外的太阳能:主要有太阳辐射能以及与太阳能有关的煤、石油、天然气、生物质能、风能、海洋能、雷电等。

地球自身蕴藏的能源:地球自身蕴藏着大量能源,如地热能、原子能燃料(核裂变燃料铀、钍等和核聚变燃料(氘、氚等)、地震能、火山喷发能、温泉等。

地球与其他天体引力相互作用而形成的能源:主要是地球与月球相互间引力作用而产生的能源,如潮汐能等。

2) 按生产方式分类

一次能源:自然界中以自然形态存在的、可以利用的能源,主要有煤炭、石油、天然气、太阳能、风能、地热能、核能等,其中有些可以直接利用,但通常需要经过适当加工转换后才能利用。

二次能源:由一次能源加工转换后的能源称为二次能源,其中主要是热能、机械能和电能。

3) 按可再生性分类

在一次能源中又可以分为:

可再生能源:凡是可以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,如风能、水能、海洋能、潮汐能、太阳能和生物质能等均属可再生能源;

非再生能源:经过几亿年形成的、短期内无法补充的能源称为非再生能源,如煤炭、石油、天然气等,其特点是随着不断的开发和使用,储量越来越少,最终将会枯竭。

地热能一般归在非再生能源,但从地球内部巨大的蕴藏量来看,又具有再生的性质。核能的新发展将使核燃料循环而具有增殖的性质。核聚变的能比核裂变的能高出 5~10 倍,核聚变最合适的燃料重氢(氘)又大量地存在于海水中,可谓“取之不尽,用之不竭”。核能是未来能源系统的支柱之一。

4) 按使用广泛性分类

常规能源:是指在当前的科学技术水平之下,已经被人类在相当长的历史时期中广泛使用的能源,如煤炭、天然气、水力、电力等,其特点是被人们所熟悉,应用范围广泛,已经成为现代社会的主要能源。

新能源:新能源是相对于常规能源而言的,泛指太阳能、风能、地热能、海洋能、潮汐能和生物质能等。由于新能源的能量密度较小,或品位较低,或有间歇性,按已有的技术条件转换利用的经济性尚差,还处于研究、发展阶段,只能因地制宜地开发和利用,但新能源大多数是再生能源。资源丰富,分布广阔,是未来的主要能源之一。

除了上述的太阳能、风能等以外,还有两类特殊的新能源。一类是通过焚烧可以产生热能进行供热或发电等的垃圾或废弃物;另一类是各种节能系统,如热电联产系统、燃料电池系统、热泵系统等。

5) 按流通性分类

商品能源:经过商品流通环节消耗的能源,目前主要有煤炭、石油、天然气、水电和核电5种。

非商品能源:就地利用的薪柴、农业废弃物等能源,通常是可再生的。

6) 按反应性分类:

燃料能源:燃料能源主要有矿物燃料(煤炭、石油、天然气等)、生物燃料(木材、水生植物、工业有机废弃物、动物粪便等)、核燃料(铀、钍、氘、氚等)。

非燃料能源:非燃料能源多数具有机械能,有的具有热能,有的具有光能,有的具有位能。

7) 按清洁性分类

清洁能源:在能量转换过程中对环境无污染或者污染小的能源,如太阳能、水能、氢能等。

非清洁能源:在能量转换过程中会产生一些有害物质,对周围环境造成污染,如煤炭、重油等。

1.1.2 能源评价

不同种类的能源,由于它们各自的特性、获得的途径、使用的方式等不同,因此,在它们的现实性、可用性、经济性等方面也存在差异。评价一种能源应该从下列各个方面进行:

1) 能流密度

能流密度是指在一定面积或空间内,从某能源中所得到的能量。一般来说各种常规能源的能流密度都比较大,如1kg标准煤发热量约为29300kJ,1千克石油发热量约为41868kJ。而太阳能、风能等由于能流密度很小,目前还很难成为主要能源。

2) 能源储量

能源储量分为探明储量(即不考虑可采率,也不扣除已采出量)、可采储量(按现在或近期技术水平可以开采的储量)和经济可采储量(在最近或不远的将来不仅技术上可采,而且经济上也合理的储量),且有下列关系:

$$\text{可采储量} = \text{探明储量} \times \text{可采率} - \text{已采出量}$$

作为能源的一个必要条件是储量要足够丰富。我国煤炭、水力资源非常丰富,其他常规能源和新能源也不少,但常规能源地理分布非常不均。我国的煤炭和天然气资源偏西北,水力资源偏西,而经济发达的华东沿海地区,能源却相当匮乏。因此,才有了4000多公里的“西气东输”天然气管道建设工程;才有了液化天然气槽车从新疆长途跋涉运往华南沿海地区的无奈。

之举。

3) 能源可储性

能源可储性是说当能源不用时可以储存起来,如矿物燃料、核燃料、生物质能等,而太阳能、风能等不能直接储存,需要先转化为其他形式的能源才能储存。

4) 能源开发费用和用能设备费用

各种矿物燃料和核燃料,从勘探、开采、加工到利用,都需要大量人力和物力的投资,而且有一定的危险性和危害性,但是其用能设备的初投资较为便宜。风能、太阳能可以不花任何的投资就能得到,但是按目前的技术水平,其发电设备的初投资太大,且投资回收速度也太慢。

5) 能源输送能耗

从能源开采或生产处将能源输送至用户终端的过程中,无论是通过水上或陆上运输煤炭,或通过管道输送石油或天然气,均需要消耗能源,还存在能源损耗(泄漏等)。对于通过电网输送电力,也同样存在电能的损耗(转换为热能等)。能源的消耗和损耗构成了能源输送的能耗。

6) 能源品质

根据能源转换为机械能(或做功)的能力不同,有高低品质的区别。水力能够直接转变为机械能后发电,它的品质要比必须先经过燃烧转化的矿物燃料为高。热、冷源温差越大,则循环热效率就愈高。载能体温度越偏离环境温度,则其能源品质越高。在使用能源时,要合理利用不同品质的能源。

7) 能源利用对环境影响

使用一种能源时,要考虑到对环境和生态平衡的影响。原子能可能产生的危害性大家都重视,应用时一定会采取各种安全措施,现在对其他燃料(如煤炭等)燃烧污染的危害性也越来越得到重视。水力资源开发利用时,也要综合考虑对生态平衡、灌溉、航运等的影响。

1.2 能源资源

能源资源是指为人类提供能量的天然物质。它包括煤、石油、天然气等常规能源,也包括水能、太阳能、风能、生物质能、地热能、海洋能、核能等非常规能源。能源资源是一种综合的自然资源。纵观社会发展史,人类经历了柴草能源时期、煤炭能源时期和石油天然气能源时期,目前正向新能源时期过渡,并且无数学者仍在不懈地为社会进步寻找开发更新更安全的能源,可以相信能源的多元时代即将来临。

1.2.1 能源资源结构

以煤炭、石油、天然气为主的矿物燃料已经维持了地球数百年的能源消耗,能源危机也已经不止一次地袭击人类。人类在大规模地开发石油、天然气、煤炭等常规能源的同时,早已开始关注并实施对其他非常规能源的开发利用,如水力、核能、太阳能、生物质能、风能、地热能、海洋能、氢能等。这些能源构成了目前世界上一次能源的基本结构,即以石油、天然气、煤炭等不可再生能源为主,可再生能源为辅的多种能源并存的能源结构。

1.2.1.1 煤炭

煤炭是由有机物质和无机物质混合组成的。煤中有机物质主要由碳(C)、氢(H)、氧(O)、氮(N)四种元素构成,还有一些元素则组成煤中的无机物质,主要有硫(S)、磷(P)以及稀有元素等。煤炭是由埋在地下的树木和植物,在亿万年中经过地壳变动、压力和温度等作用而形成

的. 由于各种煤炭的形成年代不同, 因此, 煤炭的含碳量不等. 煤的科学分类为煤炭的合理开发和利用提供了基础. 最简单的分类方法是根据煤中干燥无灰基的挥发份含量将煤分成褐煤、烟煤和无烟煤三大类.

煤炭是地球上蕴藏量最丰富, 分布地域最广的化石燃料. 根据世界能源委员会的评估, 地球上煤炭可采资源量达 4.84×10^{12} t 标准煤, 占世界矿物燃料可采资源量的 66.8%. 地球上的煤炭主要集中在北美、中国和苏联, 约占地球煤炭总蕴藏量的 80% 以上. 我国煤炭资源丰富, 储量居世界之首, 主要分布在华北和东北地区.

国际能源署《2005 年世界主要能源统计》中, 提供了历年来世界煤炭生产的情况, 见图 1-1. 从该图中可以看出, 中国煤炭生产年增长速度很快. 从图 1-2 中可以看出, 从 1973—2004 年, 中国煤炭产量占世界总产量的比例从 18.7% 增加到 37.3%, 翻了一番, 说明了中国经济在 20 世纪末的快速发展.

图中欧洲经济合作组织包括澳大利亚、奥地利、比利时、加拿大、捷克、丹麦、芬兰、法国、德国、希腊、匈牙利、冰岛、爱尔兰、意大利、日本、韩国、卢森堡、墨西哥、荷兰、新西兰、挪威、波兰、葡萄牙、斯洛伐克、西班牙、瑞典、瑞士、土耳其、英国、美国.

非欧洲经济合作组织包括阿尔巴尼亚、波斯尼亚、黑塞哥维那、保加利亚、克罗地亚、塞浦路斯、直布罗陀、马其顿、马耳他、罗马尼亚、塞尔维亚和门的内哥罗、斯洛文尼亚.

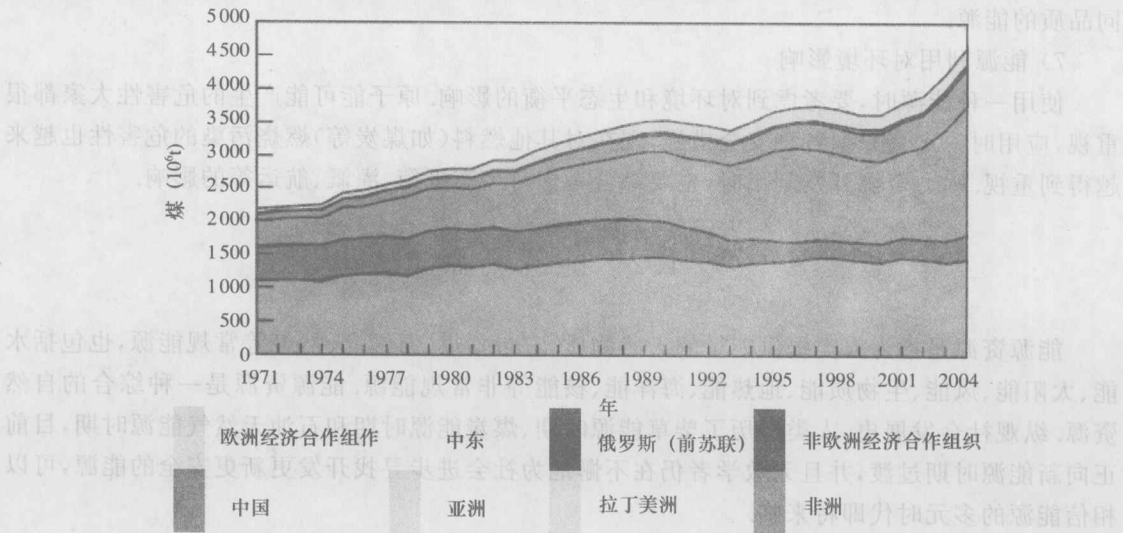
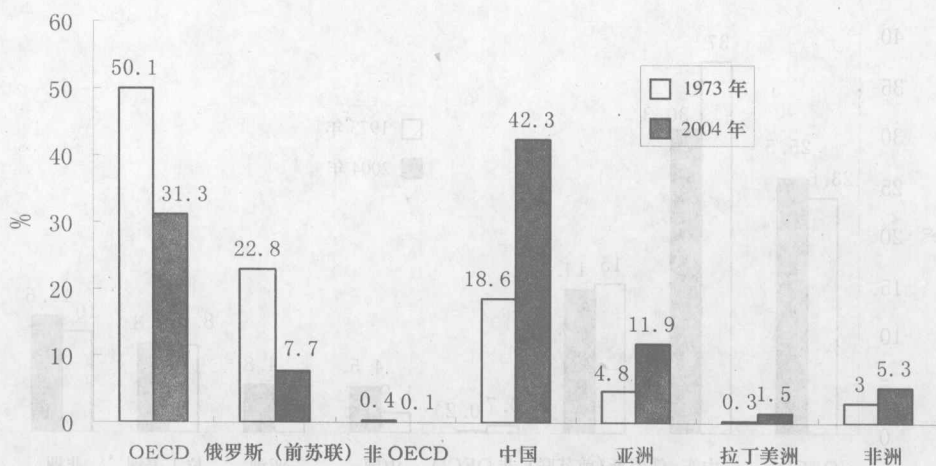


图 1-1 历年来世界主要地区、组织和中国煤炭生产变化情况

1.2.1.2 石油

石油素有“工业的血液”之称, 是当今世界最重要的能源, 又是近代化工的重要原料. 石油泛指各种天然形成的可燃性液态碳氢化合物, 常含有氧、氮、石蜡及硫等组分. 一般认为石油是由沉积岩中的有机物质变成的. 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. 石油同煤相比具有很多优点: 热值高、使用方便.

世界上已探明的石油总储量为 1043×10^8 t. 目前世界上已找到近 3 万个油田和 7500 个气田, 在 156 个较大的盆地内几乎均有油气田发现, 但分布极不平衡. 目前主要有七大储油区, 按储油量大小依次为: 中东地区、拉丁美洲地区、前苏联地区、非洲地区、北美洲地区、西欧地区和东南亚地区. 其中, 中东地区的石油占了 65% 左右.



注:1973年 $2.237 \times 10^9 \text{ t}$; 2004年 $4.629 \times 10^9 \text{ t}$;

“亚洲”中不包括中国; “OECD”表示欧洲经济合作组织。

图 1-2 1973 年与 2004 年世界主要地区、组织和中国煤炭生产比例的对比

国际能源署《2005 年世界主要能源统计》中,提供了历年来世界石油生产的情况,见图 1-3。从该图中可以看出,中国石油生产尽管逐渐增长,但总量还是非常小,从图 1-4 中可以看出,从 1973—2004 年,中国石油产量占世界总产量的比例从 1.9% 增加到 4.5%,尽管也增加了 1 倍多,但比例还是很小,说明中国石油资源非常匮乏。

中国石油资源概况探明率为 40%~46%,表 1-1 为中国石油资源情况。随着经济的迅速发展,目前,中国已经成为石油净进口国。

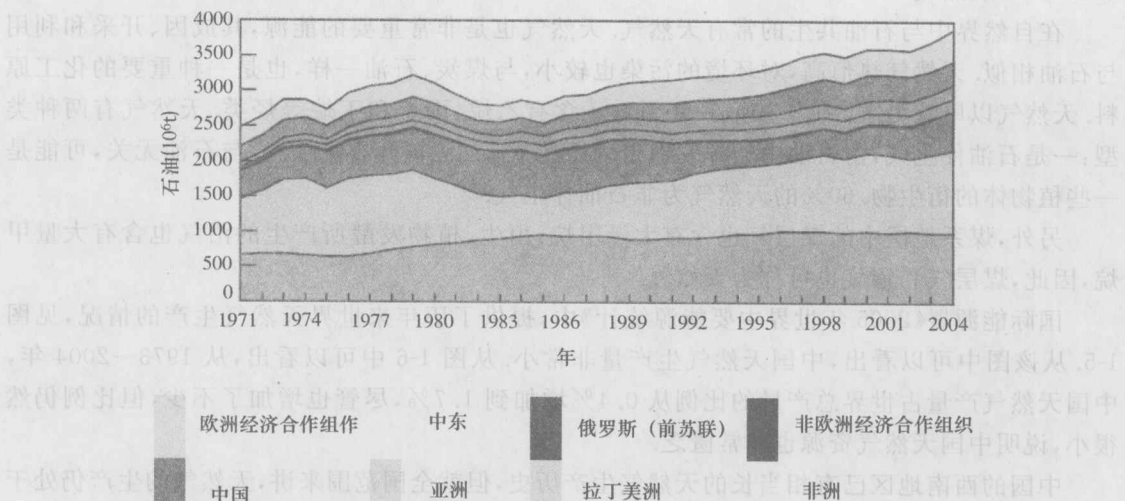
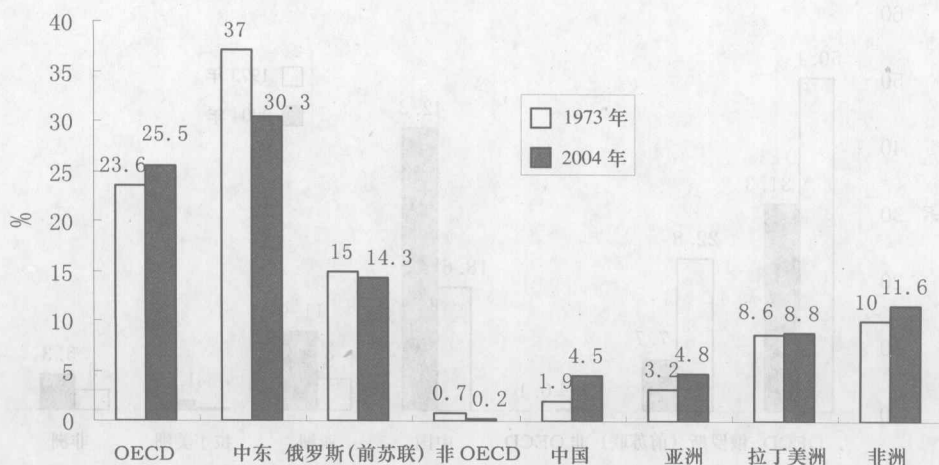


图 1-3 历年来世界主要地区、组织和中国石油生产变化情况



注:1973年 $2.867 \times 10^9 \text{ t}$; 2004年 $3.888 \times 10^9 \text{ t}$;

“亚洲”中不包括中国; “OECD”表示欧洲经济合作组织。

图 1-4 1973 年与 2004 年世界主要地区、组织和中国石油生产比例的对比

表 1-1

中国石油资源情况

(单位: 10^8 t)

石油资源总量	可采储量	目前已累计 探明储量	还有剩余 可采储量
1021~1041	140~160	64	25

1.2.1.3 天然气

在自然界中与石油共生的常有天然气,天然气也是非常重要的能源,其成因、开采和利用与石油相似。天然气热值高,对环境的污染也较小,与煤炭、石油一样,也是一种重要的化工原料。天然气以甲烷为主(约占 80%~90%),还含有乙烷、丙烷和丁烷等烃类。天然气有两种类型:一是石油伴生气,由石油中的挥发性组分所组成;二是非石油伴生气,与石油无关,可能是一些植物体的衍生物。60%的天然气为非石油伴生气。

另外,煤系地层中的煤层气也含有大量甲烷,由生、植物发酵所产生的沼气也含有大量甲烷,因此,煤层气和沼气也可称为天然气。

国际能源署《2005 年世界主要能源统计》中,提供了历年来世界天然气生产的情况,见图 1-5。从该图中可以看出,中国天然气生产量非常小。从图 1-6 中可以看出,从 1973—2004 年,中国天然气产量占世界总产量的比例从 0.4%增加到 1.7%,尽管也增加了不少,但比例仍然很小,说明中国天然气资源也非常匮乏。

中国的西南地区已有相当长的天然气生产历史,但就全国范围来讲,天然气的生产仍处于初级发展阶段,天然气在一次能源生产总量中的比例在 2003 年仅为 2.99%。中国天然气工业的发展面临着勘探开发、基础设施建设以及培育使用市场的全面挑战。表 1-2 为 2002 年年底我国陆上四大气区天然气储量分布情况。

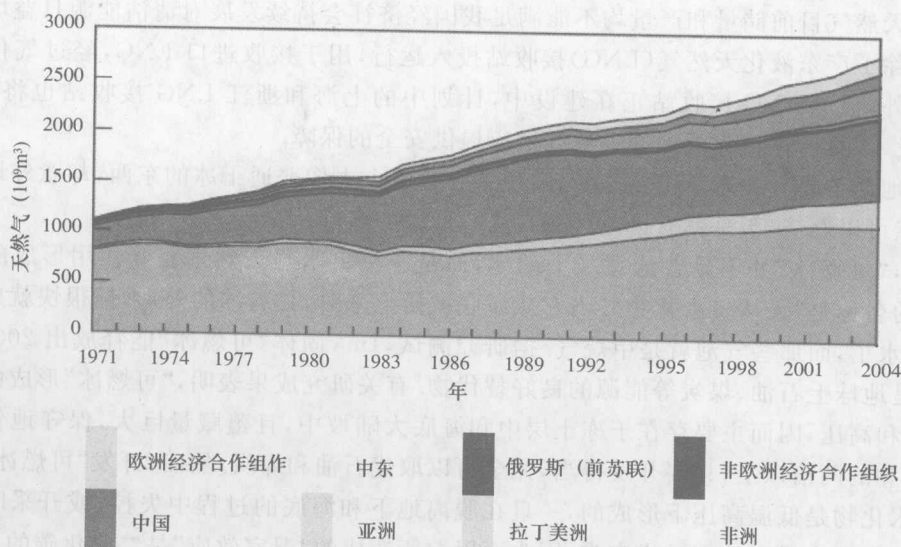
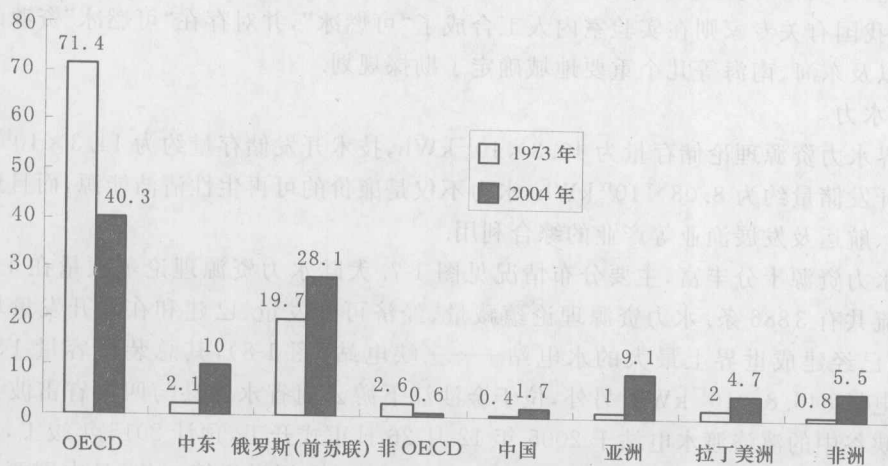


图 1-5 历年来世界主要地区、组织和中国天然气生产变化情况



注:1973 年 $1.226 \times 10^{12} \text{ m}^3$; 2004 年 $2.794 \times 10^{12} \text{ m}^3$;

“亚洲”中不包括中国; “OECD”表示欧洲经济合作组织。

图 1-6 1973 年与 2004 年世界主要地区、组织和中国天然气生产比例的对比

表 1-2

2002 年年底中国陆上四大气区天然气储量分布情况

(单位: 10^8 m^3)

四大气区	累计探明 天然气储量	累计探明 天然气可采储量
塔里木盆地	6509	4564
鄂尔多斯盆地	8679	5718
四川盆地	7589	5027
柴达木盆地	2374	1282
合计	25151	16591

中国天然气目前储量和产量均不能满足我国经济社会持续发展对清洁能源日益增长的需求。目前,除了广东液化天然气(LNG)接收站投入运行,用于接收进口 LNG,经过气化后再向内地输送外,福建 LNG 接收站正在建设中,计划中的上海和浙江 LNG 接收站也将在“十一五”期间投入建设,这将为中国的天然气供应提供安全的保障。

美国地质工作者在海洋中钻探时,发现了一种看上去像普通干冰的东西,却意外地被点着了。冰居然可以燃烧,于是就有了“可燃冰”这一形象的名称。

然而,“可燃冰”并不是普通意义上的冰,而是一种由水与天然气相互作用形成的晶体物质,真正的名称是“天然气水化物”。当它从海底被捞上来时,具有冰的外形,但很快就成为冒着气泡的泥水了,而那些气泡就是甲烷气。据研究测试, 1m^3 固体“可燃冰”能释放出 200m^3 的甲烷气体,是地球上石油、煤炭等能源的良好替代物。有关研究成果表明,“可燃冰”形成的必要条件是低温和高压,因而主要存在于冻土层中和海底大陆坡中,且蕴藏量巨大,保守地估计是石油储量总和的两倍以上,只要开发得当,完全可以取代石油和煤炭。然而,开发“可燃冰”非常危险,由于水化物是低温高压下形成的,一旦在脱离地下和海底的过程中失控,或开采时导致海床崩塌,使甲烷大量释放而酿成灾难。因为而甲烷所造成的“温室效应”是二氧化碳的 21 倍。

随着地球上人类可采的石油、煤炭等资源的减少,许多国家已把“可燃冰”作为后续能源进行开发研究,并取得可喜成绩。目前,起步较早的美国、俄罗斯等国家已经进入“可燃冰”的初级开发阶段。我国有关专家则在实验室内人工合成了“可燃冰”,并对存在“可燃冰”资源的青藏高原冻土层以及东海、南海等几个重要地域确定了勘探规划。

1.2.1.4 水力

全世界水力资源理论储存量为 $40.3 \times 10^{12} \text{kWh}$,技术开发储存量约为 $14.3 \times 10^{12} \text{kWh}$,近期可经济开发储量约为 $8.08 \times 10^{12} \text{kWh}$ 。水力不仅是廉价的可再生性清洁能源,而且还能实现防洪、灌溉、航运及发展渔业等产业的综合利用。

中国水力资源十分丰富,主要分布情况见图 1-7。大陆水力资源理论蕴藏量在 $1 \times 10^4 \text{kW}$ 以上的河流共有 3886 条。水力资源理论蕴藏量、经济可开发量、已建和在建开发量均居世界首位。中国已经建成世界上最大的水电站——三峡电站(图 1-8),其总装机容量 $1820 \times 10^4 \text{kW}$,年发电量 $846.8 \times 10^{12} \text{kWh}$ 。另外,位于金沙江下游云南省永善县与四川省雷波县相接壤的溪洛渡峡谷中的溪洛渡水电站于 2005 年 12 月 26 日正式开工,预计 2015 年竣工,其设计装机容量 $1260 \times 10^4 \text{kW}$,装机规模在中国仅次于三峡水电站,居世界第三位,是中国西部大开发战略的骨干工程。

国际能源署《2005 年世界主要能源统计》中,提供了历年来世界水力发电情况,见图 1-9。从该图中可以看出,中国水力发电逐渐显著增长。图 1-8 中可以看出,从 1973—2003 年,中国水力发电占世界水力总发电量的比例从 2.9% 增加到 10.4%,增加显著。

1.2.1.5 核能

目前应用中的核能,指的是核裂变能。核裂变燃料主要是铀。天然铀通常由 3 种同位素构成:铀-238,约占铀总量的 99.3%;铀-235,占铀的总量不到 0.7%;还有极少量的铀-234。1kg 铀-235 全部裂变放出的热能,相当于 2500~2700t 标准煤放出的热量。因而大大地节省了燃料的运输量和储存量。

核聚变的燃料主要是氘和氚。作为核燃料之一的氘,地球上的储量特别丰富,每升海水中含氘 0.034g,地球上 有 $15 \times 10^{22} \text{t}$ 海水,故海水中的氘含量达 $450 \times 10^8 \text{t}$,因此,几乎是取之不尽的。

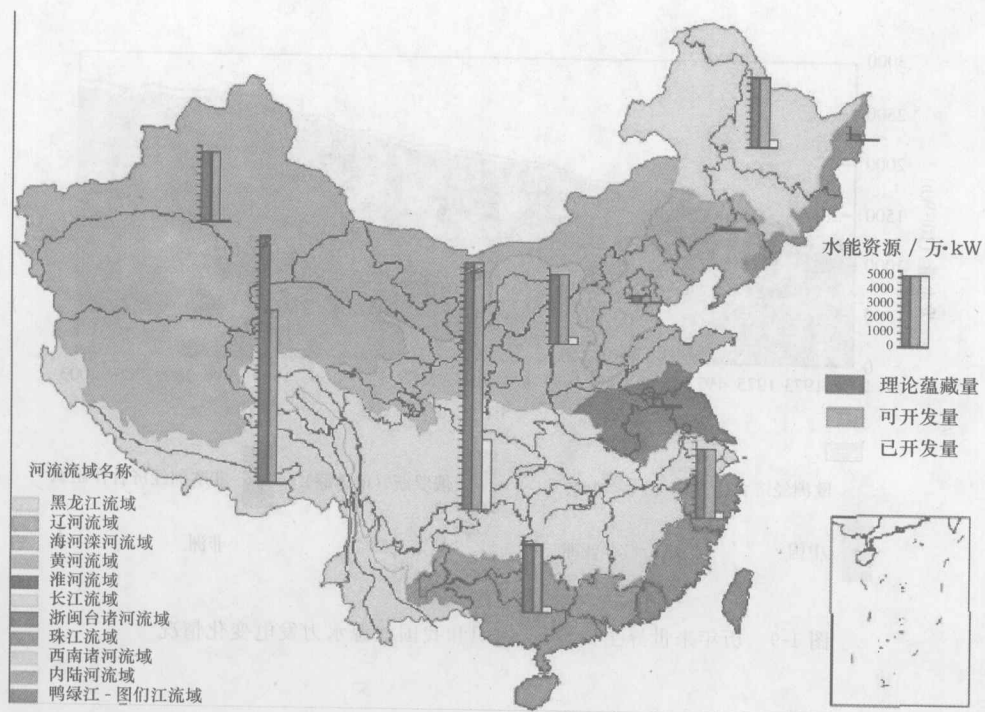


图 1-7 中国主要水力资源分布情况



图 1-8 三峡水电站

核聚变反应是在极高温下发生的。在这种极高的温度下，参加反应的原子（氘原子、氚原子等）的核外电子都被剥离，成为裸露的原子核，这种由完全带正电的原子核（离子）和带负电的电子构成的高度电离的气体就称为等离子体。要实现可控核聚变，除了需要极高温外，还需要解决等离子体密度和约束时间问题。因此，利用核聚变能还有很长一段路要走。

核能的用途十分广泛，其中最主要的是利用核能发电。世界各国，尤其是工业发达的国家

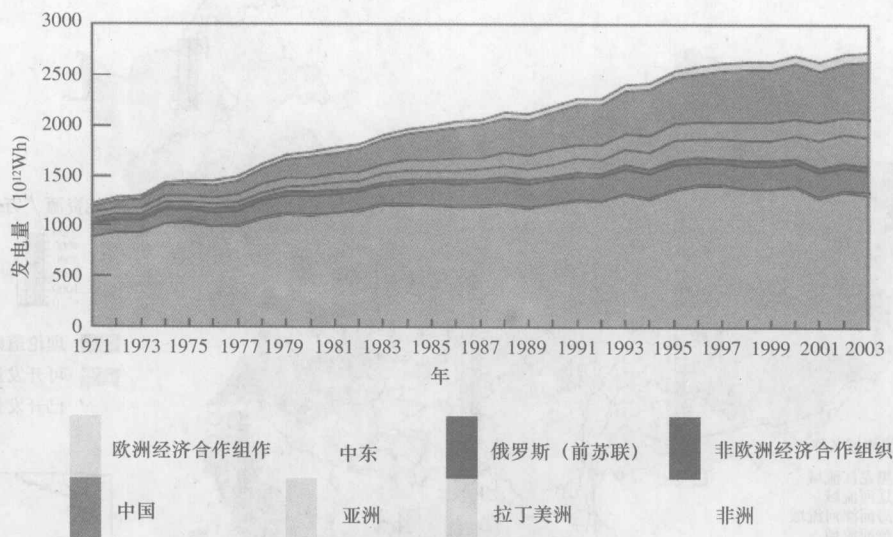
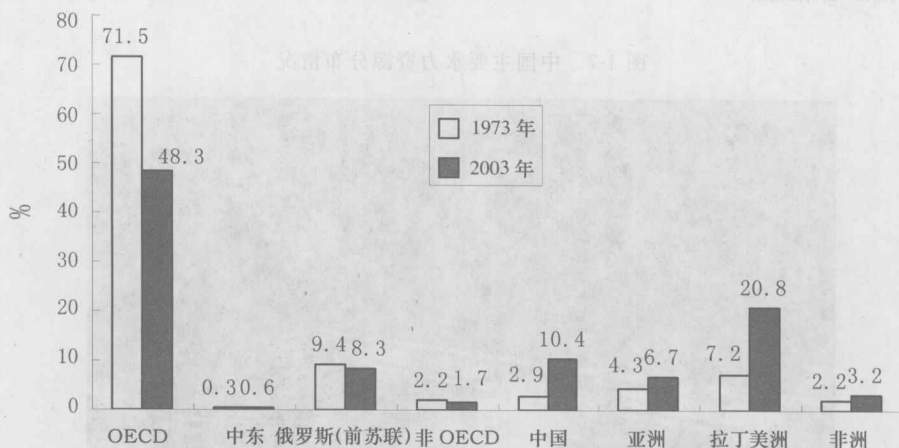


图 1-9 历年来世界主要地区、组织和我国能源水力发电变化情况



注：1973 年 1.295×10^{15} Wh；2004 年 2.726×10^{15} Wh；

“亚洲”中不包括中国；“OECD”表示欧洲经济合作组织。

图 1-10 1973 年与 2003 年世界主要地区、组织和中国水力发电比例的对比

和地区都大力发展核电。国际能源署《2005 年世界主要能源统计》中，提供了历年来世界核能发电的情况，见图 1-11。从该图中可以看出，欧洲合作组织国家核能发展很快。从图 1-12 中可以看出，从 1973—2003 年，整个亚洲的核能发电比例都非常小，中国更小。目前中国已建成秦山、大亚湾核电站，目前还有多处正在筹建，见表 1-3。发展核能发电是中国提高电力产量的重要举措之一。