



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUOJIAJI GUIHUA JIAOCAI

NENGYUAN GONGCHENG GUANLI

能源工程管理

任有中 主编



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

Thermal Energy & Power



普通高等教育“十一五”国家级规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUOJIAJI GUIHUA JIAOCAI

NENGYUAN GONGCHENG GUANLI

能源工程管理

主编 任有中
编写 田 雨 洪积渝
主审 顾念祖



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

全书共分九章，主要包括能源技术知识（能源知识概述、能源的转换与利用以及节能技术），一般工业企业管理知识，技术经济分析基础，工程项目经济效益的评价原则，固定资产的折旧及重置决策，工程项目不确定性分析及项目可行性分析。

本书可作为高等院校能源动力类专业本科生相关课程的教材，也可作为同类专业专科学生、成人教育、函授大学生的教材，还可作为从事能源管理、能源经济技术分析工作的技术人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

能源工程管理/任有中主编. —北京：中国电力出版社，
2007

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-5083-5858-1

I. 能… II. 任… III. 能源-工程-管理-高等学校-
教材 IV. TK01

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 118338 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2007 年 10 月第一版 2007 年 10 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 16.5 印张 400 千字

定价 27.00 元

敬 告 读 者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前 言

人类社会要能不断地可持续发展,能源问题是最重要的制约因素之一。因为在 21 世纪内目前的主要常规能源——矿物燃料,将开始进入枯竭期。此外,能源工业的发展必然带来环境方面的污染,中国政府已适时提出完善科学发展观和建立和谐社会的方针。因此,对每一个与能源有关的工程技术人员来说,不仅要学好科技知识,学习和了解各种能源的转换与利用技术,而且要学会管理知识和经济学方面的知识。多年来,无论从教学与科研的实践,还是从与能源有关的工程项目的计划与实施,都需要有切合实际和适合教学的一本好教材,以满足有关专业的教学需要,使我们的学生既要有专业工程技术的知识,又要具有现代经济管理的头脑,培养成既是技术人员又是管理人员的双重人才是我们的目标。

“十五”期间中国电力教育协会组织制定了反映电力行业特点的“十五”教材规划,2004 年出版了教材《能源工程管理》。近几年来由于能源工业出现了飞跃的发展,同时因环境可持续发展的需要,环境法规和环境质量标准也进行了修订,原教材中很多数据和国家标准都已与现实不相适应,为此有必要对原教材进行修订。第一章主要对统计数据和国家标准进行更新;第二章删除磁流体发电一节,增加或补充可再生能源的利用。

本书第一章概况(包括能源与社会、能源与环境)介绍能源的概念,我国能源的概况及能源与社会、经济、环境的关系。第二章介绍各种能源转换与利用技术,使学生了解能源工业带方向性的技术发展前沿。第三章介绍节能技术,了解工业企业主要节能方面的工作。第四章现代企业管理概论,主要阐述企业现代管理知识。第五、六章介绍有关工程经济学方面的基本理论,培养学生具有工程经济的知识和头脑,掌握技术经济分析基础,能对工程项目的经济效益作评价。第七、八、九章分别介绍固定资产折旧、项目不确定性分析和项目可行性研究,进一步培养学生掌握与工程项目投资有关的基础知识。本教材内容较多,部分内容可以根据实际的课程学时数不做课堂讲解。

洪积渝高工有几十年从事节能技术推广方面的工作经验,负责修订第三章。田雨副教授多年从事企业经营管理方面的教学和研究工作,负责修订第四章。他们参加本书的修订工作为本教材润色不少。此外,顾念祖教授在对本书进行审稿时不仅提出一些指导性意见,同时还给出了不少数据、资料等具体修改的意见。方敏博士为本书的数据处理和制图也做了不少工作。在此,对为本书修订作出贡献的所有专家、学者由衷地表示感谢。

本书可作为高等院校热能工程、工程热物理、能源工程等专业本科学生《能源工程管理》课程的教材,也可作为同类专业大专学生或成人教育、函授教育的教材。本书还可供配电、环境科学、环境工程、制冷与空调、采暖通风、制氧与低温工程等有关专业师生以及从事能源管理或能源经济技术工作的有关人员参考。

由于编者本人水平所限,编写时间仓促,书中难免存在错误或不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2007 年 5 月

目 录

前言

第一章 概述	1
第一节 能源工程管理研究的目的和意义	1
第二节 能量与能源	3
第三节 世界和中国能源概况	8
第四节 能源与社会经济发展	14
第五节 能源与环境	17
思考题	24
第二章 能源的转换与利用	26
第一节 蒸汽动力循环	26
第二节 煤气化技术	30
第三节 燃料电池	34
第四节 核能发电	35
第五节 太阳能发电	42
第六节 风能发电	45
第七节 生物质能和城市有机废弃物能源的利用	47
第八节 地热能和海洋能	49
思考题	52
习题	52
第三章 节能技术	53
第一节 余能的利用	54
第二节 热能的梯级利用	58
第三节 余热利用新技术	67
第四节 企业能量平衡管理	79
思考题	86
习题	86
第四章 现代管理概论	87
第一节 管理科学的形成和发展	87
第二节 管理的概念与职能	95
第三节 电力企业的管理工作	99
第四节 市场营销管理	102
第五节 全面质量管理	115
第六节 技术创新与工业产权	120
思考题	127
第五章 技术经济分析基础	128
第一节 概述	128

第二节	资金的时间价值	129
第三节	普通复利的利率因子及等值计算	131
思考题	.....	141
习题	.....	141
第六章	工程项目经济效益的评价原理	143
第一节	工程建设项目经济评价方法	143
第二节	互斥方案的经济效益评价	144
第三节	非互斥方案的经济效益评价	167
思考题	.....	170
习题	.....	171
第七章	固定资产的折旧及其重置决策	174
第一节	固定资产的折旧	174
第二节	固定资产的重置	176
第三节	重置决策的方法	177
思考题	.....	180
习题	.....	181
第八章	不确定性分析	182
第一节	概述	182
第二节	盈亏平衡分析	182
第三节	敏感性分析	186
第四节	风险分析	188
思考题	.....	192
习题	.....	193
第九章	项目的可行性研究	195
第一节	项目兴建的依据及市场预测	195
第二节	技术方案、设备方案和工程方案	198
第三节	投资及成本估算	199
第四节	工程项目的环评评价	201
第五节	可行性研究报告编制大纲	204
思考题	.....	207
附录 A	普通复利表	208
附录 B	将等差变额转化为现值之因子 ($P/g, i, n$) 数值表	253
附录 C	将等差变额转化为等额年金之因子 ($R/g, i, n$) 数值表	254
参考文献	.....	256

第一章 概 述

第一节 能源工程管理研究的目的和意义

一、能源工程管理研究的内容

能源工程管理是一门适用在能源工业企业中的管理科学。随着现代大工业的产生和发展,企业的组织形式经历着一个不断变化和发展的过程,企业管理工作成为制约生产的越来越重要的因素之一。现代化的企业管理知识,已得到了各方面的广泛重视。能源工业企业有和一般工业企业相同的共性,也有它的特殊性。因此,能源工程管理研究的是能适用于能源工业企业的管理科学知识。

能源工程管理是研究能源技术经济的一门管理方面的学科。近代科学技术的发展,一方面使科学技术的分工愈来愈细,另一方面又促进了综合性和交叉性科学技术的发展。能源技术和经济学相互交叉的科学——能源技术经济,既是能源科学的一个分支,又是经济科学的一个分支。两者结合称为能源技术经济,该学科既要研究能源技术方面的先进性、可行性,又要研究经济方面的经济效益。

从科学的领域来讲,人类科学构成了自然科学、社会科学和管理科学三大科学体系。能源技术属于自然科学的范畴,而工程经济属于管理科学的范畴,所以能源技术经济是一门跨学科的边缘科学。它以能源技术为基础学科,进而研究能源工程的经济规律。

能源技术,从广义来看是指能源方面的生产和生产能力,包括各种各样的能源设备、能量的资源和从事能源工作人员的技能这三个方面。从总的方面看,它是一个综合能源系统,既包括能源的开发、生产、转换、储存、输送、分配和利用等各个环节,又包括常规能源和新能源,一次能源和二次能源等各种能源。任何能源技术应用于生产实际,都必须消耗大量的人力、财力和物力,因此,能源技术不能脱离经济,能源技术和经济之间有着密切的关系。能源技术经济也就是研究综合能源系统经济规律的一门科学。

工程经济学是能源技术经济中进行经济分析时主要用到的经济学方面的知识。也可以说,是工程经济学在能源工业中的具体应用和紧密结合。在一项工程建设的前期工作中,除了要论证技术上的可行性外,还必须论证经济上的合理性,进行技术经济分析。也就是研究如何运用工程技术,使投入的资金发挥最大经济效果的一种学问和方法。它为项目的经济评价提供了原理与方法,对决策具有重要的指导作用,是有关工作人员必备的知识。实践证明,要进行工程项目的投入经营,必须把技术因素和经济因素结合起来加以研究。决策人员不懂技术和经济,或技术人员缺乏经济概念,经营人员缺乏工程知识,都是造成失误的重要原因。这就说明了研究工程经济的重要性和必要性。

二、能源工程管理研究的目的和意义

能源是人类赖以生存和发展的主要物质基础。当今能源问题已成为国民经济发展的战略重点。20世纪以来,随着能源科学的发展,人们已掌握了越来越多的能源技术。其中有许多能源技术可以起到相同的目的并可相互进行替代。例如,要建设电站,目前可以建设火力

发电站、水力发电站或核能发电站，火力发电站可采用凝汽式火电站和供热式热电站。火电站又可分为燃煤、燃油或燃气等多种不同方案。另外，由于能源科学技术的发展，人们已掌握了各种先进技术，对同一种能源技术方案来说，还可以采用不同的技术参数方案。这样，实际需要的一个能源技术方案可以有多个能源技术方案可供选择。所以能源技术经济的研究目的就是要从许多个能源技术方案中寻找出技术上可行，经济上最节省和合理的方案，也就是最佳的能源技术方案。

能源技术经济分析有很重要的意义，它能在每项能源技术方案还没有付诸实践以前估算出它们的经济效果和财务效果。分析、比较不同能源技术方案的价值。这种分析和比较，可以帮助我们选用符合本国和本地区能量资源特点和自然经济条件的能源技术，使已成熟的各种能源技术的应用更好地结合实际情况，还可以帮助我们更好地推广经济效果和财务效果好的能源技术去代替老技术，促进能源技术的改革。这种分析和比较也有助于我们判断什么能源技术值得加以重点研究和发展，成为制定能源科学技术研究计划和研究方向的重要依据，从而制订出最佳的能源规划与能源政策。在不断总结实践经验的基础上，可以不断改进技术措施、提高经济效果。总之、能源技术经济是为能源事业发展直接服务，并使之不断向前发展的一门科学。

学习能源工程管理不仅仅在于能源技术经济的分析，还要了解经济发展的模式。循环经济概念的提出是在人类物质文明达到空前发达的时代，同时地球的生态环境和自然资源也是遭到最为严重破坏的时代。循环经济和知识经济是当今社会瞩目的两大课题，“知识经济”是将“知识”从传统生产要素中提炼并独立出来。“循环经济”将“环境”由经济外部的制约性因素提升到经济内部的新生产要素。循环经济更新了环境在经济中的位置，由一个外部的制约因素变成经济健康发展的内部促进因素。循环经济和知识经济相辅相成，即科学技术是循环经济的基石，缺乏科学技术实现不了循环经济。循环经济应是我国实施可持续发展战略的恰当的经济发展模式。如选择某一个能源技术方案，从单个方案的经济效果和财务效果来分析它是不好的应该放弃，但从整个生态系统来说是好的，则该方案应采用。学习能源工程管理必须要学习现代管理概论。

从更广义的企业管理学方面来讲，企业就是一种从事经济活动，为社会提供社会必须的商品同时获得一定的盈利，具有法人地位的经济组织。学习能源工程管理将来就是要管理好能源工业企业，最大限度地为社会提供必须的能源，同时又最大限度地获得一定的盈利。

从世界各国来看，能源工业基本上都是由国家所控制的。这不仅因为能源工业需要消耗和占用大量的资金，而且因为它涉及国家的资源、经济命脉和国家安全。由此也可以看出学习能源工程管理的重要性。

三、能源技术人员学习“能源技术经济”的必要性

能源技术经济既是能源技术和工程经济的紧密结合，在本课程中我们必须讲述能源技术的基本知识和工程经济的基本原理和方法。在能源技术方面，作为自然科学范畴内要了解世界上先进的能源利用新技术；在工程经济方面作为管理科学范畴内要了解现代管理学基础、技术经济分析和工程项目的评估。妥善解决能源问题已成为国民经济发展的战略重点，这个重任落在每一个能源工作者的身上。要很好地解决这个问题，既要精通能源技术，把握技术的先进性、可靠性，又要学习管理科学和工程经济，能评价经济的合理性、有效性。工程项目所采用的技术及所作设计的优劣，直接决定着工程项目的财务和经济效果的好坏，所以，

特别是能源工程项目的总负责人和设计人员,只有掌握了有关经济效益分析的理论和方法之后,才能应用自如。而且也只有熟悉工程项目总体情况和有关细节的人,才能最完善地加以解决,这是其他任何人所不能代替的。也只有这样,才能有针对性地不断完善自己的设计方案,或重新确定财务和经济效果更好的新方案。为此,作为一个能源工作者,必须牢固地树立技术设计同经济效果不可分割的观念,把项目的设计问题 and 经济效果问题结合起来,以求最合理和经济地解决能源技术问题。我们不仅要能成为一个能源工业方面的工程技术人员,而且也要能成为一个能源工业方面的管理人员。能源工程项目的决策人员,如不懂得能源技术经济,就无法进行科学的审批、决断。

第二节 能量与能源

在人类历史上,技术的重大进步、经济的迅速发展,都有赖于能量的供应与新能源的发现。今天,能量的充分供应与合理利用直接与国家工业化程度和人民生活水平有关。

当今,科技人员,尤其是动力、能源工作者,都必须全面考虑能量、经济、生态(Energy、Economy、Ecology)三者(即“3E”)之间的合理关系,必须坚持这样的原则:正确地权衡“3E”,即在有碍生态程度最小的条件下,经济合理地开发能源与利用能源。

一、能量及其分类

(一) 能量

能量可分为许多种形式,如机械能、化学能、热能、核能、电能等。当物质运动形式发生转变时,能量的形式也同时发生转变。能量的基本特征是自然界一切常规过程都服从能量守恒和转换定律,即在非微观系统和宇宙系统的常规体系内,各种形式的能量的总和是一个常数。能量不能创生,也不能消灭,只能从一种形式转变为另一种形式。

能量用规定的单位表示:国际标准单位是焦耳(J)。此外,能量通常还用单位时间内的能量功率和时间的乘积来表达,如千瓦·时($\text{kW} \cdot \text{h}$)。

(二) 能量资源

自然界中存在而可能为人类用来取得能量的自然资源称为能量资源,它的范围将随着科学技术的进步而扩大。

能量资源按其来源大致可以划分为四类。第一类是来自地球以外的太阳能,直接投射到地球表面的太阳辐射能,按整个地球表面计算,总能量相当于目前全人类能量消耗量的一万倍以上。太阳能与地球表面之间的能流如图 1-1 所示。此外,化石燃料(煤炭、石油、天然气)、生物质能、水能、风能、海洋能、波浪能等资源都间接来自太阳能。第二类是以地热形式储藏于地球内部的地热能,如地下热水、地下蒸汽、干热岩体、岩浆以及地震能等。据估计,地热能总量约为地球上储存的全部煤炭能量的 1.7 亿倍。第三类是地球上的铀、钍等核裂变资源和氘、氚、锂等核聚变资源。目前已勘探到的铀、钍矿具有的能量就相当于煤炭储量的几十倍,而从海水中提炼的每克氘在核聚变反应中可释放 $10^{15} \text{kW} \cdot \text{h}$ 的能量。第四类是月球对地球的引力所产生的能量,即潮汐能。目前世界上已建立的小型潮汐发电厂的总发电量约为 6400MW。

(三) 能量分类

对于能量的分类可以有不同的划分方法,按能量的不同形式可分为六大类:机械能、热

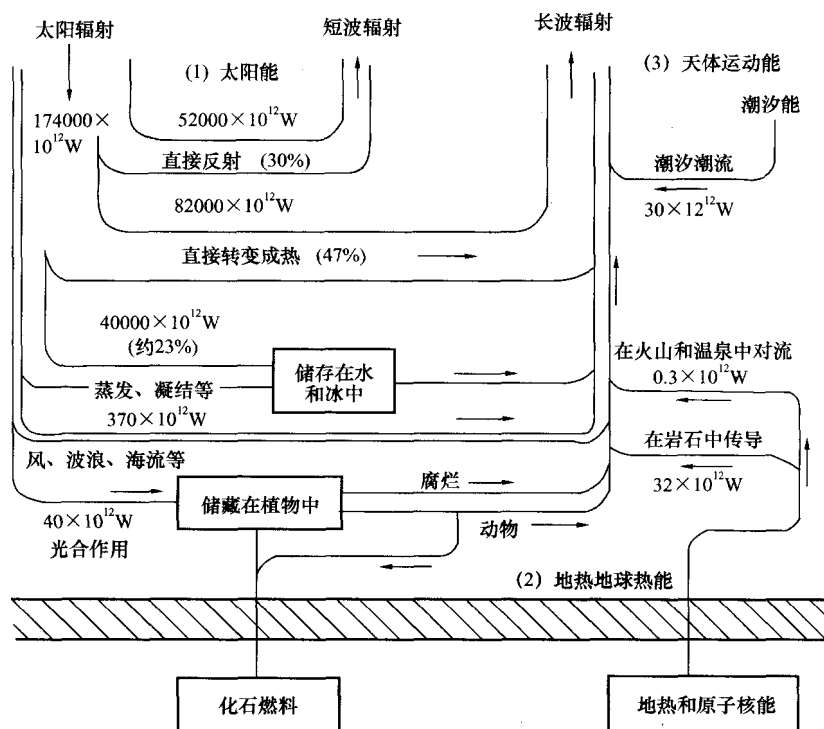


图 1-1 进入和离开地球表面的能量

能、电能、化学能、电磁能、原子核能。

1. 机械能

机械能既可以势能的形式，也可以动能的形式被储存。势能是由一个定量的物质在力场中所占的位置而拥有的能量。它包括在重力场中的重力势能、在压力下的与被压缩流体相关联的势能、与磁性物质在磁场中的位置相关联的势能以及在弹簧或扭力棒中的与弹性变形相关联的势能。动能是一种由一定质量的物质相对于另一物体作相对运动所产生的能量。飞轮就是一种将机械能储存于动能之中的装置。机械能是一种很有用的能量，可以有效而容易地转变为其他形式的能量。

2. 热能

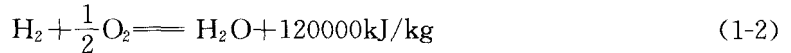
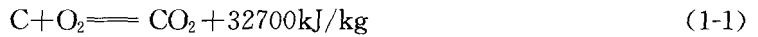
热能被认为是一种分子运动的能量。热能是一种品位低的基本的能量形式，所有其他形式的能量都能完全转换为热能形式，但是热能转换为其他形式的能量要受到热力学第二定律的严格限制。热能既可以显热形式储存，也可以潜热形式储存。

3. 电能

电能是和电子的流动与积累有关的一种能量。电能既可以静电场能被储存，也可以感应电场能被储存。静电场能是类似于由积聚在电容器板上的电子所产生的与不变电场有关的能量。感应电场能有时称作电磁场能，是一种与交替变化的感应电场和感应磁场有关的能量。电能和机械能一样，是一种品位高于热能的很有用的能量，可以有效而容易地转换为其他形式的能量。

4. 化学能

化学能是一种存在于物质中各组分间连接键内的能量,随着化学反应的进行,各组分间键的离合与重新排列就发生能量形式的转变。这种能量形式的转变可以发生在化学能与热能之间,也可以发生于化学能与电能之间,前者如燃烧反应,后者如燃料电池。目前最为常见的是燃烧反应。人类最普遍利用的化学能含燃烧碳和燃烧氢两大类,其化学反应及放出的能量如式(1-1)和式(1-2)



煤、石油和木柴等燃料中的主要可燃元素是碳和氢。氢是燃料中一种有利的元素,燃料含氢越多,越容易着火,燃料性能越好。由反应生成物可知,氢是一种清洁能源,大有发展前途。

5. 电磁能

电磁能是和电磁辐射相关联的能量,这种放射能仅仅以传递(如光速 c 的变迁)能量的形式存在。这种放射波的能量 E 与放射的频率 f 成正比,即

$$E = hf = hc/\lambda \quad (1-3)$$

式中 E ——放射的能量, J;

h ——普朗克常数, $h = 6.626 \times 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$;

f ——频率, Hz;

λ ——波长, m。

热辐射是一种由原子振动而产生的电磁能。温度为 T 的任何物体所发射的电磁能有如下关系式

$$E_0 = \sigma T^4 \text{J}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}) \quad (1-4)$$

式中 σ ——斯蒂芬—波尔兹曼常数, $\sigma = 5.69 \times 10^{-8} \text{J}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4 \cdot \text{s})$ 。

上述五种能量都遵守能量守恒定律和质量守恒定律。

6. 原子核能

原子核能是仅以储存能存在的又一种能量的形式,它是由粒子相互作用而释放的能量。原子核反应通常有三种类型,即放射性衰变、裂变和聚变。放射性衰变是相对于多数稳定的原子核而言,仅有一个不稳定的原子核或一种放射性同位素,衰变为更稳定的结构并释放出粒子和能量的过程。裂变反应是原子核反应堆的主要反应过程。这是当一个重质量的原子核吸引了一个中子,然后激发与这个中子结合在一起的原子核,使它分裂为两个或两个以上的原子核,并释放出能量的过程。在聚变反应中,两个轻质量的原子核结合,产生更稳定的结构并释放出能量。对于原子核来说,由于裂变和聚变反应释放的能量是由反应物的一部分质量转化而来的能量,这种转化过程是按阿伯特·爱因斯坦(Albert Einstein) 1922 年提出的能量质量实际关系方程进行的

$$E = mc^2 \quad (1-5)$$

式中 E ——释放的能量, J;

m ——转变为能的实际的质量, kg;

c ——光速, $3 \times 10^8 \text{m/s}$ 。

式(1-5)表示的是一个可逆过程,其重要性在于它说明了质量和能量的总和在任何能

量的转换过程中,必须保持不变。由此式可知,一个很小的质量完全消失后,能够产生巨大的能量。一个 600MW 的核电站,全年连续运行,大约消耗 1t 燃料铀,而实际转变为能量的燃料质量仅为 0.64kg。

二、能源分类

能源是指人类取得能量的来源,包括已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。尚未开采出来的能量资源称为自然资源,不列入“能源”的范畴,应予以区别。能源可按相对比较的方法分类如下。

1. 一次能源与二次能源

由自然界中直接取得而又不改变其基本形态的能源,称之为一次能源;由一次能源经过加工转换成另一种形态的能源产品叫做二次能源。如煤炭、石油、天然气、风能、地热等为一 次能源。为了满足生产和生活的需要,有些能源通常需要经过加工以后再加以使用。二次能源有电力、煤气、蒸汽及各种石油制品等。

大部分一次能源都转换成容易输送、分配和使用的二次能源,以适应消费者的需要。二次能源经过输送和分配,在各种设备中使用,故称之为终端能源。终端能源最后变成有效能为人类所利用。

2. 再生能源与非再生能源

在自然界中可以不断再生而得到补充的能源,称之为再生能源。如太阳能、水力能、风能、生物能、地热能等,它们都可以在短期内再生,不会因其长期使用而减少。经过几亿年形成的、短期内无法补充的能源,称之非再生能源,如煤炭、石油、天然气、核燃料等,随着大规模的开采和利用,其储量越来越少,总有枯竭之时。随着全世界对能源需求的快速增长,特别对我国作为资源短缺型发展中国家,发展可再生能源是解决我国能源不足和环境保护的一条有效途径。可再生能源行业将以惊人的速度发展。

3. 常规能源与新能源

在相当长的历史时期和当前的科学技术水平下,已经被人类长期广泛利用的能源,不但为人们所熟悉,而且也是当前主要能源和应用范围很广泛的能源,称之为常规能源,如煤炭、天然气、水力、电力等。一些虽属古老的能源,但只有采用当前先进的方法才能加以利用,或采用最新的科学技术才能开发利用的能源,以及有些仅仅是最近才被人们所重视,才被研究开发出的能源(虽然在目前使用的能源中它们所占的比例很小,但却是很有发展前途的能源),称之为新能源,或称替代能源,如太阳能、地热能、潮汐能等。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。

从能源性质来看,能源又可分为燃料能源和非燃料能源。属于燃料能源的有矿物燃料(煤炭、石油、天然气)、生物质燃料、化工燃料(甲醇、酒精、丙烷以及可燃原料铝、镁等)、核燃料(铀、钍、氘等)四类。非燃料能源多数具有机械能,如水能、风能等;有的具有热能,如地热能、海洋热能等;有的具有光能,如太阳能、激光等。

从使用能源时对环境污染的大小,又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、油页岩等。石油的污染比煤炭小一些,但也产生氧化氮、氧化硫等有害物质,所以清洁与非清洁能源的划分也是相对比较而言,不是绝对的。通过技术进步使非清洁能源在能量转换中尽可能地减少对环境

的污染,也是能源与动力工作者的研究目的,如煤基液体燃料的开发和洁净煤燃烧技术。

三、能源评价

评价能源,应当分析和研究它们的现实性、可用性、经济性,可以从以下几方面进行分析。

1. 能流密度

能流密度是指在一定面积或空间内,从某种能源所得到的能量。一般地说,各种常规能源的能流密度都比较大,如 1kg 标准煤发热量为 29310kJ,1kg 石油发热量为 41868kJ;核燃料的能流密度很大,1kg 铀 235 裂变时将放出 687×10^8 kJ 能量。如果能流密度很小,实际上就很难作为主要能源。在当前技术条件下,太阳能和风能的能流密度很小,约为 160 W/m^2 。

2. 资源储量

作为能源的一个必要条件是储量足够丰富。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。与储量有关的评价还要看可再生性和地理分布情况。能源的地理分布与它们的使用有很大关系,例如,我国的煤炭资源多偏于西北,水力资源多偏于西南,这对它们在全国范围内的使用有影响。

储量又分为探明储量(既不考虑可采率,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开采,而且经济上也合理的储量),且有下列关系

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

在 20 世纪末国际平均水平的可采率,对石油为 0.3、对天然气为 0.6、对煤炭为 0.4~0.5。

3. 供能连续性与能量可储性

能源的供能连续性是指我们要求它按照需要的多少与快慢连续不断地供应能量;而能量可储性则是说当能源不用时可以储存起来,需要时又能立即供给所需的能量。这对于各种化石燃料和核燃料来说是比较容易做到的,而对于太阳能、风能等目前还不易实现。

4. 能源开发费用和用能设备费用

各种化石燃料与核燃料,从勘探、开采、加工到利用,都需要大量人力和物力的投入(燃烧石油和天然气的设备价格初投资较为便宜),而且有的工序还有一定的危害性和危险性。太阳能、风能等可不花任何投资就能得到,但按目前的技术水平,太阳能、风能、海洋能等发电设备,初投资太大,投资的回收也太慢。

5. 能源运输费用与损耗

煤炭的运输较困难一些,而且损耗亦大;石油和天然气可以比较方便地从产地输送到用户;核燃料的运输要特别重视安全问题,但由于它的能流密度很大,获得同样电能,所占的体积与重量都很小,为运输提供了方便。太阳能、风能和地热能等能源,毋需运输,只要因地制宜、合理利用即可。

6. 能源品位

在使用能源时,要适当安排好不同品位能源的合理利用。在热机原理中,热源温度愈高,冷源温度愈低,则循环热效率就愈高。因此,作为热源,温度高的能源称为高品位能源;作为冷源,温度低的能源称为低品位能源。水能可直接转变为机械能和电能,其品位要

比必须先经过热转换过程的矿物燃料高。

7. 环境保护

使用能源时,要考虑到环境保护与生态平衡。在开发利用水力资源时,应综合考虑对生态平衡、灌溉与航运等多方面的影响。煤炭在燃烧时所造成的环境污染危害极大。原子能可能出现的危害性,大家都十分重视,应用时一定会采取各种安全措施。

第三节 世界和中国能源概况

一、世界能源消费现状和趋势

世界的能源构成有一个发展过程。18世纪60年代,始于英国的产业革命,使世界能源结构从木柴转向煤炭,发生了第一次大转变。1860~1920年,世界煤炭产量由136Mtce(百万吨煤当量)增至1250Mtce,增加了8.2倍。1920年煤炭占世界能源构成的87%,成为第一位。

从20世纪20年代开始,世界能源构成发生第二次大转变,即从煤炭转向石油和天然气。到1959年,石油和天然气在世界能源构成中的比重,由1920年的11%上升到50%,首次超过煤炭而占第一位。煤炭的比重则由87%下降到48%。1986年,世界一次能源总消费量为10810Mtce,其中石油占38%,天然气占20%,煤炭占30%,水电占7%,核电占5%。根据BP公司的世界能源统计数据,2004年年底世界石油探明储量有11886亿桶(1619亿吨),其中欧佩克国家占75.13%,俄罗斯占6.08%,中国和印度分别占1.44%和0.47%。天然气探明储量为179.53万亿立方米,其中俄罗斯占26.46%,伊朗占15.32%,中国占1.28%。2005年世界石油的消耗量达到8250万桶/d,年增长率为1.3%;天然气、煤炭、核能的增长率分别为2.3%、5%、0.6%。世界能源年消费总量约100亿吨标准油。数据还表明全球石油储量可供生产40多年,天然气和煤炭分别可供60多年和160多年。全球一次能源消费的现状和趋势见图1-2,据美国能源部能源情报署(EIA)预测,全球能源消费总量预计从2001年的 4.3×10^{17} kJ到2025年 6.5×10^{17} kJ。随着世界能源的消耗在稳步地增长,世界能源结构必将在21世纪发生变化。

20世纪70年代以来,世界能源结构开始第三次大转变,即从油、气为主向以可再生能源方向发展。这个转变将经历漫长的过程,从现在起,需要一百年左右的时间。可再生能源主要包括太阳能、风能、生物能、水能、地热能。到那时,以核能和氢能为代表的新能源与可再生能源将为全球约150亿人口提供充足的能源,而煤炭、石油和天然气则主要用作化工原料。

根据最新的统计数据,中国和世界主要发达国家的国内生产总值(GDP)、人均GDP值及一次能源总产量的比较见表1-7。

二、中国能源消费现状和趋势

中国的一次能源消费,根据《2005年中国电力年鉴》报道,我国煤炭储量 1390×10^8 t(备产储量),人均占有量是世界人均占有量的45%;原油储量 33×10^8 t,人均占有量是世界人均占有量的10.71%;天然气储量 1.7×10^{12} m³,人均占有量是世界人均占有量的4.99%;水能(可开发)储量 24740×10^8 kW·h/a,人均占有量是世界人均占有量的55.1%。从以上数据可以看出我国是个以煤炭为主要能源的产能大国,而人均占有量还处于

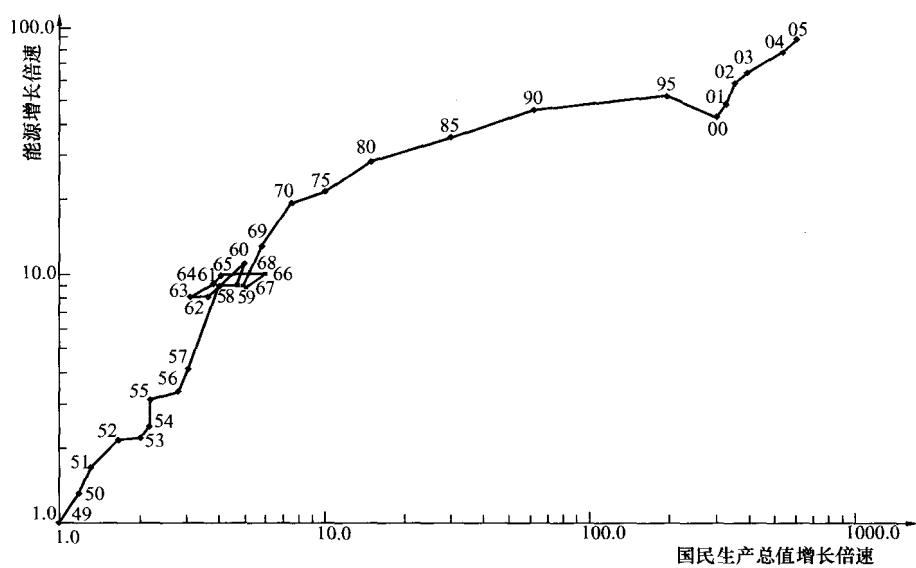


图 1-2 全球各种一次能源消费现状与预测

落后的状态。在以煤炭为主要能源的中国，不会出现能源以油、气为主的时代，我国一直以来并在可以预见的将来都将以煤炭为主要能源。

我国是世界上较早发现并利用煤炭、石油和天然气的国家，但在旧中国，能源工业十分落后，到 1949 年能源产量只有 23.74Mtce，居世界第九位；发电量居世界的第 25 位；石油几乎是空白。新中国成立后，能源工业作为基础工业，得到了迅速的发展。到 20 世纪 90 年代后，我国的国民经济和能源工业到了一个大发展的时期。2000 年全国发电装机容量达 319.32GW，其中水电、火电、核电装机容量分别为 79.35、237.54、2.1GW。到 2005 年我国的一次能源生产量达到 20.6 亿吨标准煤，是 1949 年的 86 倍。能源消费总量 2005 年达到 22.2 亿吨标准煤，能源自给率为 93%。我国历年来一次能源产量见表 1-1。

表 1-1 中国历年来一次能源产量

年份	煤炭 (Mt)	原油 (Mt)	天然气 (10 ⁸ m ³)	水电 (TW·h)	核电 (TW·h)
1950	43.0	0.20	0.07	0.8	—
1955	98.0	0.97	0.17	2.4	—
1960	397.0	5.20	10.40	7.4	—
1965	232.0	11.31	11.00	10.4	—
1970	354.0	30.65	28.70	20.5	—
1975	482.0	77.06	88.50	47.6	—
1980	620.0	105.95	142.70	58.2	—
1985	872.3	124.89	129.30	92.4	—
1990	1080.0	138.30	153.00	124.53	—
1995	1360.7	150.04	179.00	190.6	12.8
2000	998.0	163.00	272.00	222.4	16.7
2001	1160.8	163.96	303.00	277.4	17.5
2002	1380.0	167.00	327.0	288.0	25.1
2003	1667.0	169.60	350.0	283.7	43.3
2004	1956.0	175.00	407.7	328.0	50.0

我国煤炭、原油和总发电量在世界位次的排名从 1949 年以来的变化见表 1-2。

表 1-2 中国能源产量在世界排名的变化

	1949 *	1957	1965	1978	1985	1990	1995	2000
煤炭	9	5	5	3	2	1	1	1
原油	27 *	23	12	8	6	5	5	5
发电量	25	13	9	7	5	4	2	2

* 为 1950 年的数据。

三、中国的能源分布概括

中国能源分布很不均匀，煤炭探明储量主要集中在华北、西北、东北和西南地区，其中山西、内蒙古、新疆等省区最集中，而东南沿海各省则很少。水力资源的 70%集中在西南，均远离能源的消费中心。根据 2002 年统计年鉴，中国主要能源矿产资源的地理分布见表 1-3。

表 1-3 中国能源资源的地区分布

矿种	分 布 地 区	大 型 矿 区
煤	山西、内蒙古、新疆、贵州、安徽、陕西、河南、云南、河北、黑龙江	鹤岗、双鸭山、鸡西、铁法、阜新、伊敏河、霍林河、元宝山、准格尔、开滦、峰峰、大同、大平、阳泉、西山、神府-东胜、黄陵、宁武、平顶山、兖州、徐州、淮水、淮南、六盘山
石油	西部山间内陆盆地、东部华夏构造体系沉降带盆地	大庆、华北、胜利、吉林、辽河、克拉玛伊、玉门、冷湖、中原、南阳、大港、四川盆地油气田
油页岩	河北、辽宁、吉林、黑龙江、陕西、新疆	抚顺、茂名

到 21 世纪我国的能源构成发生了较大的改变。随着西部地区水力资源和天然气资源的大力开发，西电东送和西气东送工程的实施，我国能源资源的地区分布和人均资源量都将有很大的变化。我国的能源产量、世界排名、能源的结构变化见表 1-3、表 1-4、表 1-5。总之，我国的能源构成可总结为以下四句话：我国是以煤炭为主的产能大国；人均能源耗量不多；能源分布不均匀；能源利用率低。各种一次能源的具体情况如下。

1. 煤炭

根据 1980 年能源资源的调查估计，全世界煤炭资源地质总储量为 13600Gt ($G=10^9$ ，即千兆、十亿)，实际储量为 1960Gt，经济可采储量为 898.7Gt。大约 90%的地质储量和 60%的技术可采储量集中在美国、前苏联、中国和澳大利亚 4 个国家。

我国煤炭资源储量丰富，产量大，但有一段时间处于全行业亏损。1997 年来，国家实施了关闭各类小煤矿、产量总量调控的政策，并对资源枯竭、长期亏损的国有重点煤矿实行关闭破产。据 2002 年统计年鉴，从 1998 年到 2001 年，全国累计关闭各类小煤矿 5.8 万处，使原有小煤矿总数减少 73%。到 2001 年生产原煤 10.89 亿吨，其中国有重点煤矿生产 6.18 亿吨，国有地方煤矿 2.25 亿吨，乡镇企业煤矿 2.46 亿吨。近几年来煤炭生产保持快速增长，连续几年都是百分之十几的增长率。到 2004 年煤炭总产量达 19.56 亿吨。煤炭的出口也在稳步地增长。

2. 石油

据 1980 年资料,世界石油储量约为 300.0Gt,探明储量为 143.2Gt,累计采出量为 63.4Gt,剩余探明可采储量约为 88.8Gt。中国国土面积为 9600000km²,适宜于进行石油勘探的沉积盆地总面积约为 5500000km²。中国陆地和近海大陆架沉积盆地的总体积为 22030000km³,内生油岩体积为 5040000km³。根据全国油、气资源评价,中国的石油总资源量约为 78750Mt。

根据 BP 能源统计,2003 年世界石油产量从 7407 万桶/d 上升到 7678 万桶/d。其中沙特阿拉伯居首位产量为 892 万桶/d,占总产量的 12.8%,俄罗斯居第二位产量 854 万桶/d,占总产量的 10.9,美国居第三位产量 745 万桶/d,其后分别是伊朗、墨西哥、中国。我国现已建立了中国石油、中国石化、中国海油三大集团公司,在 20 多个省、直辖市、自治区内和近海大陆架建立了一大批石油、天然气生产基地。据 2005 年统计年鉴,2004 年原油产量为 1.75 亿吨。

3. 天然气

中国是世界上最早开发和利用天然气的国家。公元前 221 年就在四川省自流井气田钻成深度 100m 的天然气井。建国以来,我国天然气的勘探与开发进展迅速。全国大陆已发现气田 60 多个。到 1985 年,在四川、渤海湾地区、中原、南疆塔里木盆地和青海柴达木盆地等处已发现一大批气田和含气构造。据 1987 年完成的全国油气资源评价,全国天然气资源量估计为 33300Gm³。1988 年天然气探明可采储量为 922.1Gm³,居世界的第 10 位。由表 1-3 可知,已开采量逐年增加,到 2004 年天然气产量达 407.7 亿立方米。“西气东输”工程是改变我国一次能源利用结构的重大工程,至今已初步建成,向华东地区源源不断地输送优质天然气。据 2005 年统计年鉴,2004 年天然气产量为 407.7 亿立方米。

4. 水力

我国水力资源十分丰富,理论蕴藏量达 676GW,其中可开发储量为 378GW,居世界第一位,占世界可开发储量的 16.7%。到 1949 年年底,全国水电装机仅 0.163GW,占全国发电总装机的 8.8%,水电装机总量居世界第 20 位。新中国成立后,尤其是改革开放以来,水电事业有了突飞猛进的发展,到 2003 年年底,装机达到 92.17GW,占国内发电总装机的 24.8%。

我国水力资源主要分布在西部地区。据统计,西南地区最多约占 70%,云南、四川、西藏的水力资源均超过 100GW。其次是中南和西北地区,分别占全国水力资源的 10%左右。东北、华北、华东三个地区总共只占 8%,见表 1-4。

表 1-4 中国各地区水能蕴藏量

地 区	水能蕴藏量		所占比例 (%)
	(MW)	10 ⁸ [(kW·h)/a]	
西南	473311.8	41462.1	70.0
西北	84176.9	7373.9	12.5
中南	64083.7	5613.8	9.5
华东	30048.8	2632.3	4.4
华北	12299.3	1077.4	1.8
东北	12126.6	1062.3	1.8
全国	676047.1	59221.8	100.0