

李 青 公维平 编著

火力发电厂 节能和指标管理技术



火力发电厂 节能和指标管理技术

李 青 公维平 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内
容
提
要

全书共分六篇十六章,以节能和指标管理为主线,主要介绍了火力发电厂的检修管理、运行管理、基建管理、计量管理和档案管理;经济指标和参数的定义、计算方法、考核方法和指标控制措施,以及耗差分析方法;燃料计量方法、质量管理方法和煤场管理方法;火力发电厂的水务管理、水平衡测试方法、用水指标计算方法和反渗透装置的设计计算;火电厂热力设备和附属设施的性能测试项目、测试方法、数据处理方法和评价考核方法,以及机组负荷经济调度方法等。

本书涉及面广,内容丰富,通俗易懂,紧密结合实际,是大型火力发电厂运行管理、节能管理、指标管理方面综合性较强的著作。可供电厂运行人员、节能管理人员、企业计划统计人员及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

火力发电厂节能和指标管理技术/李青,公维平编著.
北京:中国电力出版社,2006
ISBN 7-5083-3667-4

I. 火... II. ①李... ②公... III. ①火电厂-
节能-管理②火电厂-经济指标-管理 IV. TM621

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 122289 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 [http:// www. cepp. com. cn](http://www.cepp.com.cn))

汇鑫印务有限公司印刷
各地新华书店经售

*

2006 年 2 月第一版 2006 年 2 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 31.75 印张 779 千字
印数 0001—3000 册 定价 49.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)



随着我国国民经济的高速、稳定、健康发展，对能源的要求，特别是电能的需求越来越迫切。我国能源消费量较大，虽然能源资源丰富多样，但人均占有量却很低，而且能源分布不合理，利用率低，能源浪费严重，所以单位产值能耗较高，损耗很大，严重地制约着我国国民经济的持续发展。

《电力工业节能技术监督规定》中指出：“通过对电力企业耗能设备及系统，在设计、安装、调试、运行、检修、技术改造等阶段的节能技术监督，使其电、煤、油、汽、水等消耗达到最佳水平。”简言之，节能是通过合理利用、科学管理、技术进步和经济结构合理布局等途径，以最少能耗取得最大的经济效益。节能途径是多方面的，从技术管理上来讲，应利用新技术、新材料、新工艺、新设备等，不断地创新，加速改造，使我国发电效率逐步提高，降低发电设备和系统的能源消耗。在指标管理方面，要适应新形势、不断地创新、解决新问题、提出新思维，使节能管理符合火力发电厂现代化、高效率的需要。本书适应当前高参数大型火电机组大量投产的需要，阐述了管好老机组、用好新机组的管理技术，使机组能安全、节能地发电。

本书首先从我国能源概况和能源利用现状及存在的问题入手，促使人们树立节能必要性和重要性的观念，特别是火电厂要管理好机组、搞好节能工作做出典范。本书第一部分介绍了有关节能的法律法规和标准，提出了火电厂在运行、检修、基建和计量等方面的管理措施和要求。

第二部分对火力发电厂主要热力设备，如汽轮机、锅炉、辅机及辅助设施等的热力性能参数、经济指标的定义和指标的计算方法，做出较为详细的论述。特别是介绍了对热量消耗和热平衡进行计算、对煤耗进行正平衡计算和反平衡计算、对指标进行能耗分析和有效的控制等广大节能工作者所急需掌握的技术和方法。

第三、四部分针对火电厂生产过程中的主要介质，如作为生产蒸汽的工质水，作为输入热量的煤，排出热量的渣、灰、废水等，介绍了燃料的分析、计量、储存方法和有关指标的计算方法以及节水措施和节水指标的计算方法。特别是介绍了目前广泛应用的节水技术——反渗透装置的设计计算方法，并与实践相结合，便于电厂工程技术人员完全掌握这一实用技术。

第五部分为获得主要热力性能数据和设备性能，分别介绍了锅炉和汽轮机方面的性能测试项目、测试方法、计算方法和评价方法以及性能测试所应遵循的规程和标准、仪器仪表等。特别是介绍了目前火电厂普遍忽略的水冷塔性能测试方法，并以实例进行计算和评价。

第六部分介绍了如何建立热力特性方程和进行机组负荷经济调度两方面的内容，为火力发电厂在厂网分开、竞价上网的运行管理方面提出了一些参考意见。

本书包括了汽轮机、锅炉、仪表、水泵风机、磨煤机等发电厂有关各专业教材的内容，

通过节能这条主线将它们有机地结合在一起，内容丰富、完整、新颖，是我国目前大型火力发电厂运行管理、节能管理、指标管理中综合性较强的著作，通俗易懂，具有实用性。本书作者根据电厂管理人员多年积累的经验和资料，以及通过与其他发电厂运行管理人员共同探讨研究中获得的大量第一手资料，编著而成，可直接作为电厂运行人员、节能管理人员、企业计划统计人员以及工程技术人员培训用书。

山东大学能源与动力工程学院

袁烈钧

2005年1月18日



2001年11月党的十六大提出了新时期中国全面建设小康社会的奋斗目标,要求“国内生产总值到2020年力争比2000年翻两番”。随着人口、工业化和城镇化进程的加快,能源需求量将大幅度上升,经济发展面临的能源约束矛盾和能源使用带来的环境污染问题更加突出。根据专家预测,到2020年能源需求量将达到30多亿t标准煤,要满足这一需求,无论增加国内煤炭供应还是利用国外石油,都面临着巨大压力。能源基础设施建设投资大、周期长,还面临水资源制约等一系列问题,给国家能源安全和经济持续发展提出严峻挑战。

为了实现经济社会发展战略目标,我国提出能源要“以可持续发展为主题,以结构调整和优化为主线,以全面创新为动力,增强竞争能力,提高能源效率,促进能源、经济与环境协调发展”的总体发展战略,并提出了“坚持开发与节约并举,把节约放在首位”的能源发展总方针。提倡能源节约,把节能放在首位,就是要提高能源的利用效率,以尽可能少的能源满足经济发展和人民生活的需要,走以提高能源利用效率和发展循环经济为核心的发展道路。

中国能源以煤为主的特点,决定了电力工业的发展必须以燃煤火电为主的格局。经过几年的努力,我国火电装机容量从1980年的45550MW增加到2004年的324900MW,火电装机容量提高了6倍多,火电用煤量也从1980年的11150万t猛增到2004年的95000万t,占全国煤炭生产总量的一半还多。虽然电力工业发展迅速,但是从近几年火电发展来看,机组能耗高、能源浪费、煤炭紧张和淡水贫乏等情况已严重制约了电力工业的进一步发展,致使电力工业无法满足国民经济持续快速发展对电力的日益需求。

中国能源研究所研究表明,2000年按现行汇率计算的每百万美元国内生产总值能耗,我国为1274t标准煤,比世界平均水平高2.4倍,火电供电煤耗比国际先进水平高22.5%,火电机组平均效率仅为33.8%,比国际先进水平低6%~7%。根据专家预测我国目前的节能潜力约为3亿t标准煤。

因此我国的节能潜力很大,节能任务还很艰巨,火力发电厂必须从节能工作抓起,从指标管理入手,深入开展节能降耗和技术改进活动。本书以通俗易懂和生动概括的实例、图表,结合电厂实际,详细地阐述了火力发电厂的各种节能管理措施和指标控制技术,介绍了耗差分析方法和回归分析方法在节能工作中的具体应用,并提出了许多与传统观点不同的新见解和新思维,对我国火力发电厂的经济运行、节能降耗具有切实有效的指导作用。

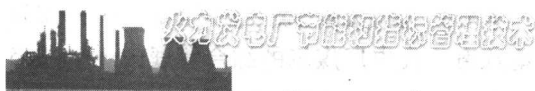
在本书的编写过程中,得到华能南通电厂方超高级工程师、烟台电厂武丽萍高级工程师、黄台电厂高山高级工程师、山东电力研究院热能所郝卫东副主任、山东信息中心潘焰平研究员,以及华能威海发电有限责任公司、华能国际电力股份有限公司领导和专家的大力支持和帮助,他们在本书的编写过程中提供了大量现场资料,对书稿提出了许多修改意见,特别是山东大学裘烈钧教授和南通电厂方超高工在审稿中提出了大量真知灼见的意见,他们渊

博的知识和一丝不苟的工作作风，给我留下了深刻的印象。裘烈钧教授还为本书写了序言，在此，对帮助和支持我的所有领导和专家，一并表示衷心地感谢。

由于作者水平所限，书中不当之处在所难免，敬请专家和读者批评指正，以便再版时更正。

编 者

2005 年 1 月于华能国际电力股份有限公司威海电厂



目 录

序言

前言

第一篇 节能管理

1

第一章 能源基础知识	2
第一节 能源的分类	2
第二节 能源资源概况	4
第三节 中国能源特点	20
第四节 火电厂节能的意义	24
第五节 火电厂的节能措施	28
第二章 火电厂的节能管理	34
第一节 火电厂的节能管理体系	34
第二节 火电厂的检修管理	35

第三节 火电厂的运行管理	39
第四节 火电厂基本建设和大型技改的管理	43
第五节 一流火力发电厂节能考核指标	47
第六节 火电厂的能源计量管理	54
第七节 节能分析会议纪要的规范管理	58
第八节 火电厂的节能档案管理	61

第二篇 指标管理

67

第三章 火电厂的指标管理	68
第一节 汽轮机和化学指标的管理	68
第二节 锅炉和燃料指标的管理	85
第三节 全厂综合性指标的管理	105
第四节 耗差分析方法在火电厂指标分析中的具体应用	119
第五节 等效焓降法在热力系统分析中的应用	131

第六节 火电厂可靠性指标的计算	145
第四章 电站机组的热损失和供电煤耗	150
第一节 锅炉的热损失和热效率	150
第二节 汽轮发电机组的效率与热耗	161
第三节 机组效率变化与热耗的关系	170
第四节 应用反平衡方法计算供电煤耗率	172
第五节 正平衡供电煤耗的计算	176

第三篇 燃料管理

184

第五章 锅炉燃煤的化学分析	184
第一节 燃煤的质量与分类	184
第二节 煤质的工业分析及其对火电厂生产的影响	188
第三节 煤元素分析及其对火电厂生产的影响	196
第四节 燃煤的分析基准及其应用	199

第六章 火电厂燃煤的计量管理	207
第一节 锅炉燃煤的采购	207
第二节 火电厂入厂煤的陆地计量	209
第三节 火电厂的船舶运煤计量	212
第四节 火电厂入炉煤的检斤管理	222
第七章 火电厂燃煤的检质管理	225
第一节 火电厂煤质监督	225

第二节	火电厂入厂煤的采样方法	227
第三节	火电厂入炉煤的采样方法	232
第四节	机械采样装置及其应用	236
第五节	入炉煤粉样品的采取方法	240
第六节	火电厂煤样的制备技术	243
第七节	应用回归分析方法 建立关系式	247
第八节	煤质化验结果的校核 和煤质验收标准	256

第四篇 节水管理

294

第十章	节约用水刻不容缓	294
第一节	我国水资源现状	294
第二节	我国发电企业用水现状	298
第三节	发电企业应采取的主要 节水办法和措施	301
第十一章	节水技术在火电厂 中的应用	307
第一节	火力发电厂的冷却水系统	307
第二节	控制循环冷却水的 浓缩倍数	308

第九节	煤质在线检测装置的应用	261
第八章	火电厂煤场的综合管理	266
第一节	燃煤自燃与贮存	266
第二节	库存燃煤的盘点	269
第三节	火电厂煤种的混配	271
第九章	火电厂燃油的综合管理	278
第一节	火电厂燃油和燃气特性	278
第二节	燃油计量与贮存	282
第三节	燃油取样与分析	288

第三节	控制循环水的水质	311
第四节	冷却塔的维护与改造	314
第五节	电站循环水采用 空冷技术	315
第六节	火电厂用水指标及其计算	319
第七节	水平衡测试及水务管理	333
第八节	用反渗透方法进行化学水 处理时的水质预处理	339
第九节	反渗透装置设计计算	344

第五篇 性能测试

358

第十二章	火电厂热力试验方法	358
第一节	热力试验基本知识	358
第二节	锅炉热效率试验	370
第三节	汽轮机热耗率试验	374
第十三章	锅炉侧有关项目的测试	385
第一节	空气预热器漏风率试验	385
第二节	热力管道效率的测试	389
第三节	锅炉排烟温度的测试	391
第四节	锅炉烟气成分的测定	393
第五节	飞灰、炉渣和沉降灰可燃物 含量的测试	395
第六节	锅炉制粉系统的性能试验	399

第七节	锅炉燃烧调整试验	410
第八节	煤粉细度试验	417
第九节	煤的可磨性指数测定	418
第十节	电站风机现场试验	422
第十一节	电除尘器试验	429
第十四章	汽轮机侧有关项目 的测试	435
第一节	汽轮机真空严密性测试	435
第二节	凝汽式汽轮机组供电 煤耗测试	436
第三节	电站水泵性能的测试	443
第四节	电站湿式冷却塔试验	446

第十五章 热力设备的热力特性.....	458	第十六章 单元机组的经济调度.....	467
第一节 汽轮机的热力特性	458	第一节 等微增率调度负荷的原则	467
第二节 单元机组的微增煤耗率	463	第二节 按等微增率调度负荷	469
附录 有关节能的法律法规.....	471		
参考文献.....	494		

节能管理

发电企业的根本任务是把一次能源（如水力、煤炭、石油、天然气、核等）转换成二次能源（电能），然后通过电网将合格的电能输送并分配给电力用户，火力发电厂生产流程见图 1-1。发电企业既是能源转换工业，又是消耗能源的大户。我国火力发电厂年用煤占全国煤炭产量的 50% 左右，生产电能的自用电（厂用电量）为发电量的 7.5%，电能在输配电过程中的损失率（线损）约占供电量的 8%。一台容量为 300MW 的火电机组，每天耗用原煤 3500t 左右，折合标准煤约 2500t [供电煤耗率按 $350\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 、原煤发热量按 20908kJ/kg 计算]，一年耗用原煤将达 100 万 t，每年发电量约 20 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$ ，其中有 1 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 的电量被发电企业内部生产装置使用。

火力发电厂是设备复杂、技术密集、高度自动化的装置性企业，这个特点，决定了电厂节能管理工作范围十分广泛，它包括能源定额、能源计量、热力试验、燃料管理、负荷经济调度、设备经济运行、节能技术改造、余能回收利用、节能新技术推广等。既要有专人负责，又

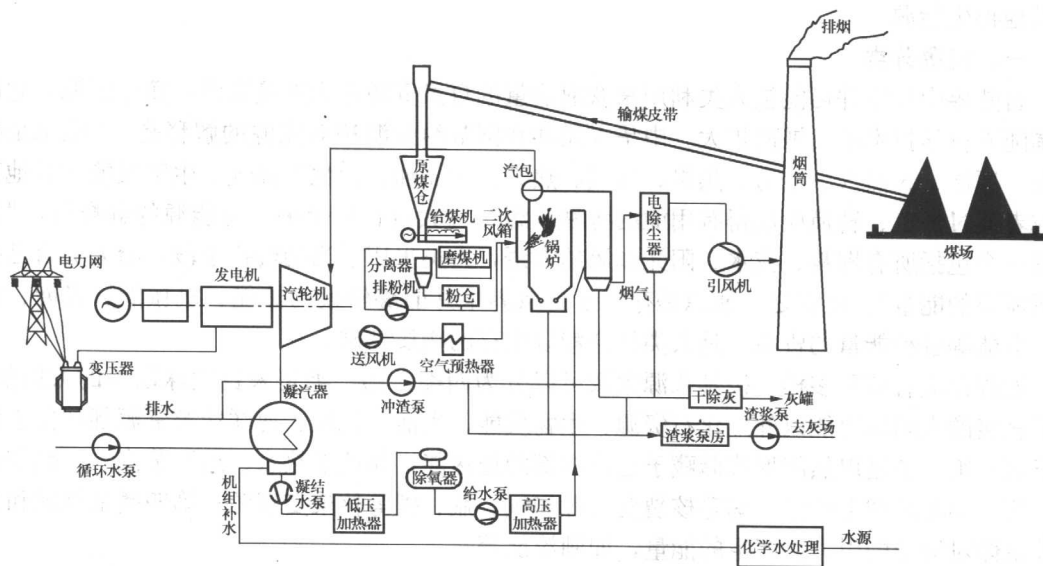


图 1-1 火力发电厂生产过程

要充分调动运行、检修、统计等各方面干部职工的积极性,实行全过程、全方位节能。

本篇首先对我国能源概况及其利用作一些必要的介绍,然后针对火力发电厂节能管理体系、运行管理、检修管理、计量管理、一流管理、档案管理等进行详细的阐述,使读者知道为什么这样做,如何这样做。



能源基础知识

第一节 能源的分类

能源是生活和生产最重要的先决条件之一。从史前开始,人类就已逐渐懂得利用可以获得的能源为人类社会服务。当人类开始学会用火取暖时,可以说这是人类迈出了能源利用的第一步。

能源的取得是人类社会得以生存和继续发展的重要因素。如果没有能源,我们的整个文明——工业生产、商业活动、农业生产、科学技术、文化生活等都会停滞不前。只有在获取一定数量的能源的前提下,社会文明和物质文明才能得到一定程度的发展。

当人类只能利用柴草等低热量能源时,人类只能在原始的手工作业中生活。随着矿物燃料的开发,人类才开始了现代化生活。人类近代史上的三次技术革命,都是和能源本身三次变革同时发生的:第一次是薪柴到煤炭,开始了以蒸汽机为代表的18世纪工业革命;第二次是由煤炭到石油,开始了19世纪末的内燃机时代;第三次则是二次世界大战后的电子技术时代,随着对电能的需求量急剧增长,能源的使用开始由矿物燃料、电力逐渐转移到核能和其他再生能源。

一、能源分类

自然界中存在并可能被人类利用来获取能量的自然资源称为能量资源,简称能源,它的范围随着科学技术的发展而扩大。中华人民共和国节约能源法对能源的解释是:“能源是指煤炭、原油、天然气、电力、焦炭、煤气、热力、成品油、液化石油气、生物质能和其他直接或者通过加工、转换而取得有用能的各种资源”。《大英百科全书》对能源的解释是:“能源是一个包括所有燃料、流水、阳光和风的术语,人类采用适当的转换手段,给人类自己提供所需要的能量”。简言之,能源是存在于自然界中并能够转换为热能、机械能、光能、水能、电能等各种能量的资源,是人类社会赖以生存的物质基础。

能源分类有多种多样,按其来源大致可以分为四类:第一类是来自地球以外的太阳能,除了直接的太阳辐射能以外,化石资源、生物质能、水能、风能、海洋能等资源都间接来自太阳能;第二类是以热能形式储藏于地球内部的地热能,如地下热水、地下蒸汽、干热岩体等;第三类是地球上的铀、钚等核裂变资源和氦、氚、锂等核聚变资源;第四类是月球和太阳等星体对地球的引力所产生的能量,如潮汐能等。

按能源的利用程度可分为常规能源和新能源;按能源资源能否直接利用可分为一次能源、二次能源;按能源资源的恢复性可分为再生能源和非再生能源;按能源资源的可燃性可

分为燃料能源和非燃料能源。

在自然界中现成存在的，可直接取得又不改变其基本形态，即没有经过加工或转换的能源，称为一次能源，如太阳能、水能、煤炭、石油、天然气、地热能、生物质能、风能、海洋能、天然铀等。通常所说的能源生产量或消费量，主要是针对一次能源而言的；将一次能源经过加工、转换后形成的能源产品，如蒸汽、焦炭、煤气、电力、氢能、各种石油制品（如重油、柴油、汽油等）等，称为二次能源。在生产过程中排出来的余能、余热，如高温烟气、可燃废气、废蒸汽、排放的有压流体等也属于二次能源。

在自然界中，有些能源如太阳能、水能、风能、地热、潮汐能、生物质能等，是可以循环再生的，不会因开发利用的延续而枯竭，这类能源称为再生能源；还有些能源如煤炭、石油、天然气、原子核反应原料等，是不可再生的，或者经过亿万年形成、短时间内无法恢复的能源称为非再生能源，非再生能源随着大规模地开采，其储量越来越少，总有枯竭之时。人们往往把在目前科学技术条件下已经广泛应用的能源如煤炭、石油、天然气、水能、生物质能、核裂变能等称为常规能源；把太阳能、地热能、氢能、生物质能、风能、海洋能（如波浪能、潮汐能、温差能等）、核聚变能等正在研究其开发利用技术的能源称为新能源。古老的、若采用先进的方法加以利用的能源也叫新能源，或叫非常规能源。将生物质能、地热能、太阳能、风能、海洋能和氢所产生的能量称为新可再生能源。用于直接燃烧而发出能量的物质叫做燃料能源，具体包括矿物燃料、生物燃料（如柴草、农作物秸秆、沼气等）和化工燃料（如丙烷、酒精、乙炔等）。不能直接燃烧的能源，叫做非燃料能源，如水能、电力、蒸汽、太阳能、风能、潮汐能、地热能和海洋能等。能源的概念和分类可以用树图表示，见图 1-2。

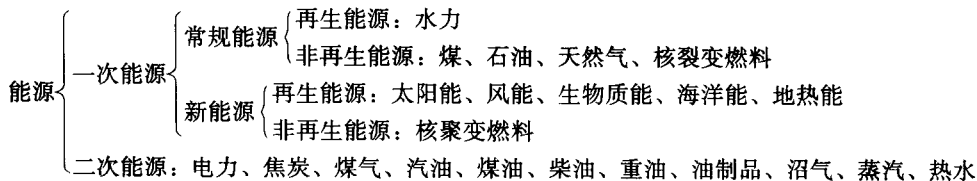


图 1-2 能源的概念和分类

我们常说的矿物燃料是指亿万年前因地壳变动，植物遗体演化或其他原因形成的地下燃料，矿物燃料也叫化石燃料，如煤炭、石油、天然气等。我们常说的核燃料是指通过改变原子核（核裂变或核聚变）而得到能量的燃料。核裂变燃料有铀、钚等，核聚变燃料有氘、氚等。含能工质又称载能工质，主要指水、压缩空气、氧、氮、氢等气体。

二、各种能的转换形式

1. 能量的度量单位

能量的国际单位是焦耳。焦耳的定义是：1N 的力作用于质点，使它沿力的方向移动 1m 距离所做的功。焦耳也可以由电学单位来定义：即 1A 电流在 1Ω 电阻上，1s 内所消耗的电能，称为 1J。

$$1\text{kW} \cdot \text{h} = 3600\text{kJ} = 860\text{kcal}$$

在热量计算中，经常会遇到英制热单位（英热单位）换算问题，英制热单位就是 1lb 纯水在标准大气压力下，从 0℃ 加热到 100℃ 时所吸收的热量的 1/180，用符号 Btu 表示。1Btu=1055.06J=252cal。

中国采用吨标准煤为能源的度量单位，每千克标准煤的发热量为 29.308MJ



(7000kcal)，原煤、石油、天然气等一次能源的热值随品种的不同而不同。原煤的热值平均按 5000kcal/kg 计算，换算成标准煤的比率为 0.714kg 标准煤/kg；原油热值按 10000kcal/kg 计算，换算成标准煤的比率为 1.429kg 标准煤/kg；天然气的热值平均按 9310kcal/m³ 计算，换算成标准煤的比率为 1.33kg 标准煤/m³。

水电能有两种计算方法：一种以火力发电当年平均每千瓦时的实际标准煤耗计算；另一种以电的热功当量计算，每千瓦时的电能为 860kcal，等于 0.1229kg 标准煤的热值。

其他能量单位转换关系是：

1 桶当量油=140 万 kcal

1t 油=7.33 桶油

1t 氘（聚变时）=1200 万 t 标准煤

1t 铀（裂变时）=280 万 t 标准煤

2. 能的转换形式

能可以动能、位能、电能、磁能、热能、化学能、核能、声能、光能、质量能等形式表现出来，它们之间可以相互转换。例如当太阳在不断地进行从氢到氦的热核反应时，核能得到释放，这些能量首先表现为动能，然后其中部分能量以光子和电磁能束的形式逸出太阳进入地球。光子的能量通过光合作用储存于植物中，通过植物或食用吃植物的动物，人类或动物获得了这种化学能，再转变成另一种化学能储存于肌肉中，或变成热能来维持生命。

质量也是一种能的形式，它直到 20 世纪初才被认识到。静止不动的物质颗粒所集中的能量和它的质量成正比。当物质颗粒移动时，它还具有动能。无质量的颗粒，例如光子，则只有动能而无质量能。

颗粒的质量 m 和能量 E 的关系就是著名的爱因斯坦方程，即

$$E=mc^2$$

式中 c ——光速， $c=3\times10^8\text{m/s}$ ；

m ——颗粒质量，kg；

E ——质量能，J。

一些能量形式的转换见表 1-1。

表 1-1 能量形式的转换途径

转换源 \ 转换目的	机械能	电能	热能	化学能	核能
机械能	齿轮装置、活塞	扩音器、发电机	摩擦		
电能	喇叭、继电器	变压器、变流器	电热器	电解、蓄电池	粒子加速器
热能	汽轮机	热电偶	热交换器		
化学能	火箭、内燃机	蓄电池、燃料电池	火、锅炉	化学过程	
核能			核反应堆		
太阳能		太阳能电池	热收集器	光合作用	

第二节 能源资源概况

中国拥有丰富的能源资源，远景一次能源总量估计在 40470 亿 t 标准煤，中国常规一次能源储量见表 1-2。

表 1-2

2002 年中国常规一次能源储量情况

能 源		能源总量	原 煤	原 油	天然气	水 能
能源资源 总储量	中国总储量	40470 ($\times 10^8$ t 标煤)	50592.2 ($\times 10^8$ t)	1021 ($\times 10^8$ t)	470400 ($\times 10^8$ m ³)	59221.8 ($\times 10^8$ kW·h)
	结构 (%)	100	89.3	3.5	1.3	5.9
	世界总储量	1048810 ($\times 10^8$ t 标煤)	1195748.4 ($\times 10^8$ t)	51193 ($\times 10^8$ t)	79330830 ($\times 10^8$ m ³)	413095 ($\times 10^8$ kW·h)
	中国占世界 (%)	3.9	4.2	2.0	0.6	14.2
探明技术可开 发储量	中国总储量	6167.1 ($\times 10^8$ t 标煤)	7241.2 ($\times 10^8$ t)	160 ($\times 10^8$ t)	22500 ($\times 10^8$ m ³)	19233 ($\times 10^8$ kW·h)
	结构 (%)	100	83.8	3.2	0.5	12.5
	世界总储量	329700 ($\times 10^8$ t 标煤)	352750 ($\times 10^8$ t)	25675 ($\times 10^8$ t)	26630080 ($\times 10^8$ m ³)	117550 ($\times 10^8$ kW·h)
	中国占世界 (%)	1.9	2.1	0.6	0.1	16.4
剩余经济可开 发储量	中国总储量	1392 ($\times 10^8$ t 标煤)	1145 ($\times 10^8$ t)	32.9 ($\times 10^8$ t)	13800 ($\times 10^8$ m ³)	12699 ($\times 10^8$ kW·h)
	结构 (%)	100	58.8	3.4	1.3	36.5
	世界总储量	13833 ($\times 10^8$ t 标煤)	10405.3 ($\times 10^8$ t)	1497 ($\times 10^8$ t)	1550000 ($\times 10^8$ m ³)	73053 ($\times 10^8$ kW·h)
	中国占世界 (%)	10.1	11.0	2.2	0.9	17.2
2002 年世界能源生产量		139 ($\times 10^8$ t 标煤)	47.9 ($\times 10^8$ t)	35.6 ($\times 10^8$ t)	25270 ($\times 10^8$ m ³)	8.5 ($\times 10^8$ t 标煤)

一、煤炭

煤炭从某种意义上说是地壳运动的产物。远在几亿年前的古生代、中生代和几千万年前的新生代时期,大量在前海或沼泽湖泊中的植物的遗体,经过长年累月的生物化学和物理化学作用,低等植物形成腐泥,高等植物形成泥炭。泥炭和腐泥经过地壳运行下沉,长期受地球高温、地球岩层压力逐渐变成了褐煤,地球上连续多次的海浸又堆积了一层层的物质,形成褐煤的深埋层。这些深埋层的褐煤由于高温使其水分被部分排除,从而形成烟煤。在某些地区,煤层受到更大的压力,则变成硬煤和无烟煤。根据我国煤炭部门统计资料显示,几个主要聚煤时期的煤量占已探明储量分别是:石炭纪占 27.5%,二叠纪占 30.4%,侏罗纪占 38.8%,第三纪占 2.8%,其他占 0.5%。

中国是世界上发现和应用煤炭最早的国家。中国人早在两千多年前就把煤当作燃料,除了用于日常生活外,更多的是用来烧窑、炼铁、冶铸等。元朝时意大利人马可·波罗(1257—1324)的东方游记中对中国人使用煤炭已有详细叙述。

我国煤炭资源储量丰富,分布面广,品种齐全。2002 年中国剩余经济可开发煤炭资源储藏总量为 1145 亿 t。中国煤炭资源的种类较多,在现有探明储量中,烟煤占 75%、无烟煤占 12%、褐煤占 13%。中国煤炭质量,总的来看较好,以华北地区即山西、河北两省为最佳。我国在已探明的煤炭储量中,硫分小于 1%的低硫煤约占 65%~70%;硫分为 1%~



2%的中硫煤约占 15%~20%。高硫煤主要集中在华南地区，西南煤炭以含磷高著称。

二、石油

1. 石油资源量与产量

根据 2000 年底中国油气资源评价结果，中国陆上和沿海大陆架沉积盆地总面积约 550km²，石油总资源量 1021 亿 t，其中陆上 775 亿 t，沿海海域 246 亿 t，中国最终技术可开采储量 160 亿 t。目前我国两大油田是大庆油田和胜利油田，年产量分别为 5000 万 t 和 2700 万 t 左右。近几年我国和世界石油产量见表 1-3。

表 1-3 2000~2002 年世界石油产量 (×10⁶ t)

年产量 100Mt 以上的国家	2000 年	2001 年	2002 年
沙特	450.6	434.1	418.1
俄罗斯	323.3	348.1	379.6
美国	352.6	349.2	350.4
墨西哥	171.2	176.6	178.4
中国	162.6	164.8	168.9
伊朗	187.5	182.6	166.8
挪威	160.2	162.2	157.4
委内瑞拉	171.6	165.2	151.4
加拿大	126.9	127.5	135.6
英国	125.9	116.7	115.9
阿联酋	117.0	113.5	105.6
OPEC	1506.0	1458.1	1364.2
世界总计	3601.3	3580.6	3556.8

2. 欧佩克组织

石油是 20 世纪最廉价的能源，1900 年油价每桶 1.2 美元，二次世界大战后还是每桶 1.2 美元。油价在 1960 年以前，一直停留在 1.5 美元水平上，但此时的美元实际上只相当于 1900 年时的 35%，也就是说，油价实际在降低。廉价的石油使西方工业出现了五六十年代的经济繁荣，创造了西方所谓的“西方文明”。而且西方国家石油垄断资本一直控制着石油输出国家的生产、运输和销售。50 年代末，国家石油垄断资本再次降低油价。1960 年 9 月 9 日伊拉克政府邀请沙特阿拉伯、伊朗、科威特和委内瑞拉四国的代表为对付西方石油公司企业再次降低石油标价在巴格达举行会议，决定成立石油输出国组织 (Organization of Petroleum Exporting Countries—OPEC)，简称“欧佩克”。其宗旨是协调成员国的石油政策，采取集体行动同外国石油公司进行谈判，维护本国的石油权益。其后，卡塔尔 (1960 年)、印度尼西亚 (1962 年)、利比亚 (1962 年)、阿尔及利亚 (1969 年)、尼日利亚 (1971 年)、厄瓜多尔 (1973 年)、加蓬 (1973 年)、阿拉伯联合酋长国 (1974 年) 等陆续参加，迄今该组织共有十三个成员国。2003 年该组织成员石油总储量为 1191.125 亿 t，约占世界石油储量的 69%，其中排在前三位的成员分别是沙特阿拉伯 (355.342 亿 t)、伊朗 (172.329 亿 t) 和伊拉克 (157.534 亿 t)。2003 年该组织成员原油产量为 13.218 亿 t，约占世界原油产量的 39%，其中排在前三位的成员分别是沙特阿拉伯 (4.215 亿 t)、伊朗 (1.865 亿 t) 和尼日利亚 (1.060 亿 t)。

3. 油电历史使命的终结

由于 50 年代起至 70 年代末, 廉价的石油在世界上逐渐成为主要的能源, 在火力发电的能源结构中, 燃油的比重逐年增加, 燃煤的比重逐年下降。由于燃油的电厂锅炉比燃煤的简单, 无需磨煤设备, 所以以油代煤作为发电能源其造价比燃煤电厂低 20% 左右, 再加上建造工期短, 占地面积可减少 30% 左右, 对环境的污染也小, 当时油电在各国得到迅速发展。

为使石油生产者与消费者的利益都得到保证, 欧佩克实行石油生产配额制。为防止石油价格飙升或下滑, 欧佩克依据市场形势增加或减少其石油产量。1973 年 10 月, 中东爆发了第四次阿以战争, 阿拉伯国家纷纷要求对支持以色列的西方国家实行石油禁运, 欧佩克决定基准油价从每桶的 3.011 美元提高到 10.651 美元, 以后油价不断飞涨, 1980 年以后油价上涨并维持在每桶 25~30 美元, 致使西方的经济受到严重打击。由于油价急剧上升, 油电成本猛增, 各国努力开发和寻找替代石油的发电能源, 并积极减少油电的发电比例。

中国石油资源并不丰富, 由于 60 年代初期, 发现和开发了大庆油田, 使 1963 年的原油产量达到 648 万 t, 结束了中国人使用“洋油”的历史。由于盲目乐观和技术限制, 中国的石油消费在 80 年代以前, 有 1/3 的原油被直接燃烧掉了。以 1981 年为例, 当年生产的 1.06 亿 t 原油中, 用于锅炉、工业窑炉作燃料直接燃烧的原油为 718 万 t、重油 2800 万 t、柴油 34 万 t, 合计达 3552 万 t (其中发电用 1640 万 t), 占全部产量的 33.5%。由于对本国能源资源缺乏正确的认识, 盲目学习外国经验, 我国在 60 年代到 70 年代末, 发展了一大批燃油电厂, 甚至把一些原来燃煤的电厂也改建为燃油电厂, 油电在总发电量中比例从 1960 年的 0.3% 发展到 1980 年的 17%, 1980 年全国共有燃油机组 12000 MW, 共燃油 1945 万 t, 占当年全国石油产量的 15.5%。70 年代末以及以后很长时间内, 中国石油年产量一直徘徊在 1 亿 t 左右。随着世界油价的上涨, 中国石油的出口量逐年增加, 国内石油消费量也日趋增多, 因而出现了石油供应紧张的局面。为了保证其他部门的石油需求量, 中国对电力工业提出了“以煤代油”的方针。进入 21 世纪, 我国基本上没有燃油机组了。

自从伊拉克战争以来, 国际油价迅速飙升, 在 2004 年末, 国际油价已突破每桶 50 美元大关。这对我国的经济影响很大, 特别是我国对外石油依赖程度逐渐增加, 威胁到我国经济的发展和战略安全。

三、天然气

中国沉积岩分布面积广, 陆相盆地多, 形成优越的多种天然气储藏的地质条件。根据 2000 年全国天然气远景资源量的第三次评价, 中国常规天然气总资源量达 47040 Gm³, 其中陆上天然气 38900 Gm³, 主要分布在中部和西部地区; 海上 8140 Gm³。中国气田以中小型为主, 大多数气田的地质构造比较复杂, 勘探开发难度大。截止到 2002 年底, 中国天然气已累计探明储量 3400 Gm³, 探明技术可采天然气储量 2250 Gm³。中国已初步建成川渝、长庆、南海西部三大天然气生产基地, 其中 2002 年西南油气田天然气产量为 88 亿 m³, 约占全国天然气总产量的 28%, 是全国最大的气田; 南海西部崖 13-1 气田天然气产量 2002 年为 35 亿 m³, 是中国目前最大的海上天然气生产基地。

四、水能

1. 水能资源

除了人力、畜力和直接利用太阳能以外, 人类最早广泛利用的能源是从流水中取得的。中国是世界上最早应用水能的国家, 3000 多年前, 黄河沿岸就出现了竹木水车。1878 年法