

工业企业能源的利用和节约

姚锡棠 张明月

内 容 提 要

能源、材料、信息，是现代文明的三大支柱。对正在四化建设的我国来说，解决能源问题尤为重要。为了满足现代化建设对能源的需求，既要积极开发能源，更要合理地利用能源和有效地节约能源。基于以上原因，组织编写了本书。

这本书的主要内容包括能源的基本知识，工业企业的能源利用、能源节约、节能技术改造以及能源管理等。本书可作能源管理干部教材，并可供工业企业进行节能技术改造和加强能源科学管理参考。

工业企业能源的利用和节约

Gongye Qiye Nengyuan de Liyong he Jieyu

姚锡棠 张明月

北 京 出 版 社 出 版

(北京北三环中路6号)

新华书店北京发行所发行

房山区印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 8.875 印张 197,000字

1988年3月第1版 1988年3月第1次印刷

印数 1—3,300

ISBN 7-200-00355-7/T·6

定 价： 2.60 元

目 录

第一章 能源基本知识.....	1
第一节 能源的定义与计量.....	1
第二节 能源的分类.....	2
第三节 能源资源的评价和开发前景.....	5
第四节 能源的结构.....	15
第五节 能源在经济发展中的地位和作用.....	23
第二章 工业企业的能源利用.....	28
第一节 工业企业能源的合理利用.....	28
第二节 工业企业的能平衡.....	35
第三节 常用设备的效率和能耗分析.....	59
第四节 企业能源利用水平的评价.....	97
第三章 工业企业的能源节约	112
第一节 节能的基本概念	112
第二节 工业企业节能的潜力分析	117
第三节 工业企业节能的主要途径	121
第四节 工业企业节能的发展阶段	129
第五节 重点行业节能经验综述	132
第四章 工业企业的节能技术改造	156
第一节 燃料的经济燃烧	156
第二节 节约工业锅炉燃料	173
第三节 工业炉窑的节能	192
第四节 合理用汽和节约用汽	209

第五节	合理用电和节约用电	224
第六节	工业用水的节约	240
第五章	工业企业的能源管理	246
第一节	能源管理概说	246
第二节	能源的供应管理	248
第三节	能源的使用管理	254
第四节	企业能源管理的基础工作	259
第五节	企业节能项目的组织管理	264
第六节	企业能源管理机构	279

第一章 能源基本知识

第一节 能源的定义与计量

一、能源的定义

能源，本来是指自然界中能够产生能量的资源，现在已泛指所有能够产生能量的物质。因此，除人类从自然界直接取得的含有能量的资源，如薪柴、煤炭、石油、天然气、水和核燃料等称为能源外，由这些资源经过加工后产生的新物质，如焦炭、电能、蒸汽、柴油、煤气、液化气等也都包括在能源的范围内，也就是说，目前广泛使用的能源一词已成为各种燃料和动力的总称。因此，一个企业无论是直接使用煤炭和石油，还是仅仅使用电能和煤气，都泛称为使用能源。

二、能源的计量

能源的种类繁多，各类能源含有的能量也各不相同，因此，为了比较各类能源的质量、品位，并求得简便的计算方法，我国和国际上都规定了能源的统一计量单位。

我国目前采用的能源统一计量单位为：吨标准煤。每公斤标准煤含有的热值量规定为7000千卡。原煤、原油和天然气等所含的热值量，因产地和品种不同，有较大差别。在无具体数据而进行计算时可使用如下的全国平均值：1公斤原

油含有的热值量为10 000千卡，即等于1.429公斤标准煤；1立方米天然气含有的热值量为9 310千卡，即等于1.330公斤标准煤；1公斤原煤含有的热值量为5000千卡，即等于0.714公斤标准煤。

水电电量换算成标准煤时有两种计算方法：一种是用当年火力发电厂的平均煤耗进行换算，例如，1985年，我国火力发电的平均煤耗为398克标准煤/度，当年水电电量为924亿度，即相当于3677.52万吨标准煤；另一种是用电的热功当量进行换算，每度电的热量为860千卡，相当于123克标准煤。目前，一般用前一种方法换算。

各企业在将各种能源换算成标准煤时，应尽量用具体使用的原煤、原油等的实际含热量进行计算，以使换算出的标准煤数值最大限度地接近企业能源真实的消耗值。只有在缺乏实际测试的热值数据时，才用全国的平均比率进行换算。

有些国家，除使用吨标准煤作为统一计量单位外，也常用油当量作为计量单位。每公斤标准油的热值规定为10 000千卡。这样，各类能源换算成油当量的比率为：原油为1；天然气为0.85~0.90；原煤为0.50~0.65。水电和核电电量的换算，也同我国一样，使用两种计算方法。

第二节 能源的分类

为了研究、分析和统计上的需要，需将各种能源进行不同的分类。

一、能源的四大来源

根据地球上能源的形成来源，可将能源分成四大类：

(1) 来自太阳的能。这是目前人类使用的能源主要来源。人类不仅直接利用太阳射到地球上的光和热，在生产和生活中广泛使用的薪柴、煤炭和石油等也都间接来源于太阳能。太阳能是通过地球上各种植物的光合作用转化为化学能，被存贮在植物体内，为动物的生存提供了条件。而远古时代埋藏在地下的动植物，通过漫长的地质年代逐渐形成煤炭和石油等化石能源。水能、风能等也都是由太阳能转换来的。

(2) 来自地球内部的能。地球内部存在着一个巨大的“热能库”，但目前人类利用得极少，仅有一些温泉和少量的地热发电站是利用来自地球内部的能源。

(3) 来自原子核反应过程中释放出来的能。有裂变反应能和聚变反应能两类。自从1956年建成第一座原子能发电站以后，核能已日益成为人类利用的重要能源来源之一。

(4) 来自太阳和月亮对地球的引力能，如潮汐能。目前人类利用得还很少，仅建成少量的潮汐发电站。

二、一次能源和二次能源

根据人类利用能源的方式，可将能源分为一次能源和二次能源。

一次能源，是指那些直接取之于自然界，不需进行加工或转换就可利用的能源，如原煤、原油、天然气、太阳能、水能和风能等。

二次能源，是指那些为满足生产工艺或生活上的需要，将一次能源经过加工或转换后产生的二次能源产品，如焦炭、煤气、电能、蒸汽和各种成品油等。

统计和计算一个国家的能源生产或消费的数量时，都只

能计算一次能源。例如，1985年，我国能源生产的总量为8.55亿吨标准煤，就是由当年生产的一次能源——原煤8.72亿吨，原油1.25亿吨，天然气128.6亿立方米和924亿度水电换算成的。由一次能源加工或转换成的二次能源不能再重复计算。

三、燃料性能源和动力性能源

按人类消费能源的方式，又可将能源划分为燃料性能源和动力性能源。

燃料性能源，是指那些直接用于燃烧而发出能量的能源，如薪柴、煤炭、焦炭、天然气、煤气、柴油、汽油、沼气等。

动力性能源，是指那些用来驱动和运转设备而作功的能源，如电能、蒸汽、压缩空气、高压水等。

四、常规能源和新能源

按人类利用能源的状况，又可将能源分为常规能源和新能源。

常规能源，是指那些开发技术比较成熟、生产成本比较低、已经使用多年的能源，如目前大量使用的煤炭、石油、天然气、水能和核裂变能等。

新能源，是指那些正在开发研究的，或技术上尚未过关、或价格非常昂贵的能源，如太阳能、地热能、潮汐能和核聚变能等。另外，有些能源，如风能、沼气能等，虽然在古代就使用过，但目前又采用现代技术加以利用，也常把它们列入新能源之内。

五、可再生能源和非再生能源

从能源资源的生态平衡角度，又可将能源分为可再生能源和非再生能源。

可再生能源，是指那些在自然界的生态循环中，可以得到不断新生的、取之不尽用之不竭的能源，如水能、太阳能、生物质能等都属于这一范围。

非再生能源，是指那些经过漫长的地质年代形成的，开采之后不能再生的能源，如所有化石能源——煤炭、石油和天然气等；核燃料（铀、钍等）也属于这一范围。

为了清楚醒目，现将以上能源分类列入表1-1。

表1-1 能源分类表

分 类		常规能源	新 能 源
一次能源	可 再 生 源	水 能	太 风 潮 地 生 阳 沙 热 物 能 能 能 质 能 能 能 能
	非 能 再 生 源	煤 石 天 核 炭 油 然 裂 气 变 能	核 聚 变 能
二次能源		电 煤 焦 蒸 柴 汽 能 气 炭 汽 油 油	

第三节 能源资源的评价 和开发前景

为了合理地和经济地利用各类能源资源，必须从储量、

品位、分布和开发前景等方面对它们进行全面的评价。

一、石油和天然气

石油和天然气是高品位的能源。它们具有能量密度高、使用时污染较少和易于运输等优点。1979年全世界共消费能源98.6亿吨标准煤，其中，石油消费为30亿吨，天然气消费为1.6万亿立方米，二者占能源总消费量的66%，成为目前世界上的主要常规能源。

石油和天然气不仅是高品位的能源，而且也是重要的化工原料。它们经过深度加工之后，可以提供合成纤维、合成橡胶、合成塑料和其他许多种有机化工原料，可以创造出比石油本身高几倍甚至十几倍的价值。

根据1980年世界石油会议提出的资料，全世界石油的总储量大约为3 000亿吨。到1980年为止，已探明的储量为1 430亿吨，其中逐年累计的采出量为630亿吨，剩下的可采储量约800亿吨，按目前每年消费25~30亿吨计算，仅能开采和使用30年左右；世界天然气的探明储量为73.8万亿立方米，扣除已经采出的数量，剩下的也只能开采和使用约40年。当然，随着科学技术的进步和地质勘探工作的进一步深入，石油和天然气的储量还会有新的增加，但从总体上看，世界上剩下的石油资源已经不多，正是在这种情况下，世界的石油价格，已从1973年第一次石油危机之前的每吨15美元左右上涨到1980年的230美元，在不到十年中上涨了近15倍。因此，如何保护和节约使用石油和天然气资源，已成为世界能源平衡和利用中的突出问题。

世界石油资源主要分布在沙特阿拉伯、苏联、美国、伊朗、科威特、伊拉克、委内瑞拉、墨西哥等国。1980年苏联

生产的石油最多，达6亿吨，其次是沙特阿拉伯为5亿吨，美国为4.3亿吨，委内瑞拉、伊拉克、墨西哥等都生产1亿吨左右。

我国石油和天然气资源都很丰富，解放三十多年来，已在19个省市发现成百个油田，比较大的储油盆地有：东部的松辽盆地，渤海湾盆地；西部的柴达木盆地、准噶尔盆地和塔里木盆地。近年来，在近海大陆架的石油勘探中，又先后发现了东海盆地、南黄海盆地、渤海盆地、南海珠江口盆地、北部湾盆地和莺歌海盆地等大型含油气盆地，显示了我国陆上和海上石油资源的良好前景。我国的天然气，无论是石油伴生气，还是煤层气，资源也都很丰富。近几年，我国的石油产量始终保持在1亿吨以上，天然气保持在100亿立方米以上。但是，我国是一个大国，有10亿人口，石油和天然气资源的人均拥有量，不仅比苏联、沙特阿拉伯等国家低得多，而且也低于世界的平均水平，因此，如何节约和用好石油和天然气，也是我国能源平衡和利用中的重要问题。

二、煤炭

煤炭曾经是“燃料之王”，曾经是工业中使用的主要能源。在20世纪初，煤炭在世界能源消费总量中占95%，到1937年还占70%左右，直到第二次世界大战之后，特别是在五十年代后期在中东发现大量石油之后，它在世界能源的地位中才逐渐低于石油和天然气。1973年发生世界性石油危机之后，世界煤炭的产量又有所回升。1979年，在世界能源总消费量中，煤炭占26%，仍然是目前使用的重要能源之一。

每公斤煤炭的含热量因产地和品种不一样，高低相差悬殊，一般在3000~6000千卡之间，褐煤和石煤则更低些。煤

炭的主要缺点是，开采和运输都比较困难，在使用过程中对环境的污染十分严重。煤炭燃烧时产生的烟尘和二氧化硫，是污染大气的主要污染物。因此，使用煤炭要做好环境的保护工作。

煤炭的储量，比石油和天然气要丰富得多。据1980年世界能源会议的估计，世界煤炭的总储量为10.8万亿吨，探明储量为1.4万亿吨，其中，开采条件比较好、生产成本比较低的约有6000亿吨。1980年，全世界共生产煤炭37.5亿吨；按照这样的开采速度，世界上的煤炭尚可使用200~300年。当然，从长远看，也总是采掉一吨就减少一吨。

世界的煤炭资源，约有90%的总储量和60%的可采储量集中在苏联、美国、中国和澳大利亚等四个国家。

我国的煤炭资源十分丰富，到1980年为止，已探明的储量为6424亿吨。其中，可以进行露天开采的，占8.3%。我国的煤炭资源，不仅储量多，而且品种比较齐全。在全部已探明的储量中，动力煤占45%，炼焦煤占36%，无烟煤占17%，石煤占2%。对于发展电力工业、钢铁工业和化学工业极为有利。

我国在煤炭资源方面存在的问题是，分布不够均匀。我国大陆的29个省市，除上海市外，都有煤炭资源，但已探明的储量却主要集中在山西省和内蒙古自治区。这两个省、区的煤炭储量就有2940亿吨，占全国探明储量的61.3%。其次是贵州省，有460亿吨，占7.2%，安徽和陕西两省各有200亿吨以上，分别占3%左右。上述这些煤炭储量多的省区离主要的煤炭消费区和缺煤区——华东、华南和东北地区都比较远，这就增加了煤炭的运输量。因此，在开发煤炭的同时，必须解决运输问题，以使生产出的煤炭能及时运到主要的消

费区。

三、水能

水能是随着自然界的水文循环（降水—径流—蒸发—降水）过程而能够不断再生的能源，也是对空气和周围环境不产生污染的洁净的能源。利用水能，除发电外，常常还可同时解决防洪、航行、灌溉和养殖水产等多方面的问题。因此，水能是综合利用效益比较好的一种资源。

我国雨量充沛，地势西高东低，许多河流水量多，落差大，水能资源非常丰富。根据有关部门多次计算，全国水能的理论蕴藏量为6.8亿千瓦，每年可以发电3.9万亿度，居世界第一位。其中，可开发的容量为3.7亿千瓦，年发电量可达1.9万亿度，相当于1985年全国发电量的4.6倍，约合10亿吨原煤，或7亿吨标准煤，是我国巨大的能源宝库之一。

我国水能资源的分布，同样存在着不平衡的缺点。可开发的蕴藏量大部分集中在西南地区，共可装机2.3亿千瓦，每年可发电1.3万亿度，占全国水能可发电量的67.8%；其次是中南地区，可装机容量为0.67亿千瓦，每年可发电为0.3万亿度，占全国水能可发电量的15.5%；第三是西北地区，可装机容量为0.42亿千瓦，每年可发电0.19万亿度，占全国水能可发电量的9.9%。华东、东北和华北地区的水能蕴藏量较少，三个地区合计仅可装机0.37亿千瓦，每年可发电0.13万亿度，只占全国水能可发电量的6.8%。

开发水电的主要问题是建造水库时造成的淹没损失大（淹没库区农田和迁移库区居民），但只要有正确的政策和妥善的措施是可以解决的。水电的投资要比火电稍多一点，建设周期也要长一些。但如把火电所用燃料的开采费用考虑

进去，两者建设周期差不多。水电的优点是，在电站建成之后不再需要消费任何燃料，而且管理人员很少，维修又简单，所以发电成本很低。因此，从总体上看，发展水电是利国利民、造福子孙后代的大好事。我国已开发利用的水能只占可开发量的4%左右，应予加速发展。

四、核能

核能，即原子核能，是指变革原子核时释放出的巨大能量。核能可分为裂变能和聚变能两类。裂变能是指铀或钚等重元素的原子核分裂成较轻原子核时释放出的能量；聚变能是指氘或氚等轻元素的原子核聚合成较重原子核时释放出的能量。目前世界上的原子能发电站，主要是以铀作为燃料，在热中子反应堆中，利用铀裂变时放出的能量。聚变核电站尚在开发研究之中。

核裂变能，目前已开发技术比较成熟、经济效益比较好的重要常规能源之一。到1982年为止，全世界已有24个国家和地区建成用于发电的核反应堆293个，总装机容量共达1.73亿千瓦，年发电量已占世界总发电量的10%，在有些国家的能源结构中已占有一定地位。核电站的发电量占发电量的比重超过20%的国家有芬兰、法国和比利时等；比重超过10%的国家有英国、日本、美国、联邦德国和保加利亚等；苏联、罗马尼亚以及印度、巴西等国也在积极建设核电站。

人们常常担心核电站的安全问题。一提到核电站，就很容易联想到原子弹，其实这是误解，两者是根本不同的。核电站使用的铀燃料，浓度很低，在任何情况下都不具有象原子弹那样爆炸的条件。正常运行的核电站，其核放射线剂量

极小。对居民不构成威胁。根据美国有关部门计算，美国的核电站及核燃料工业产生的核放射线剂量，按全体居民计算，平均每人每年只有0.1毫雷姆，既远远小于从自然界来的辐射剂量（每人每年平均约100毫雷姆），也比戴夜光表受到的剂量小得多。但也必须指出，如果核反应堆一旦发生重大事故，外逸出大量放射性物质，那就会对核电站工作人员和周围居民造成危害。因此，核电站必须有周密的安全措施，必须从电站的设计、安装到投入生产，都按严格的规章制度办事，技术要求要严，设备制造要精。每台机器，每个部件都要反复测试，反复检查，以做到万无一失。在核电站运行时，更须实施严格的操作制度和安全保护措施，而决不能有任何麻痹或疏忽大意。

由于我国煤炭、石油和水能的资源的分布很不均匀，因此，在华东、东北和华南等缺能地区，建设核电站是非常必要的。目前，我国已具备发展核电站的技术基础，核燃料工业、核设备制造工业以及从事核电研究的技术队伍都已具有一定水平。1981年，国务院已批准在浙江省建设我国第一座核电站（装机容量为30万千瓦），从九十年代开始，我国也将逐步形成自己的核电工业体系。

五、新能源

随着世界能源需求量的不断增加，以及主要常规能源石油资源的逐渐减少，新能源的开发研究就日益受到许多国家的重视。目前普遍认为，煤的液化、快中子堆核电站、太阳能和核聚变能等，将是未来几种最重要的新能源。

1. 煤的液化

石油资源逐步减少和价格不断上涨，使许多国家开始寻

找石油的替代品。在近期，大家把注意力集中到煤炭上，但煤炭的运输和使用都十分不便，而且固体的煤炭终究不能完全替代液态的石油，因此，煤的液化就提到新能源开发的重要日程上来。

原煤除含碳元素外，也含有碳氢化合物，只是碳氢的比例与石油不同，如果向煤里加进一定量的氢，就有可能生成替代天然石油的人造合成石油。目前，常采用的办法是，将煤炭在高温下分解，先把煤焦油和煤气蒸馏出来，然后再利用煤气中的氢，使煤焦油氢化以产生人造合成石油。一吨优质原煤可生产0.4吨的石油和其它化工原料。

煤的液化在技术上已有基础，早在第二次世界大战期间，德国人就使用合成汽油驱动他们的战车。问题是目前煤的液化投资大，生产成本低，在经济上还没有竞争能力。经过进一步研究和试验，如果每吨合成汽油的成本能够降到250美元左右，同原油展开竞争和替代原油的时代就将到来。目前，我国和日本也在联合研究煤的液化问题。我国的煤炭资源异常丰富，只要认真学习国外的先进经验，并根据我国的具求条件确定正确的液化技术路线，我国煤炭液化的前景是良好的。

2. 快中子堆核电站

利用快中子反应堆建造核电站，是在聚变核电站研制成功之前，提高核燃料利用效率，进一步发展核电事业的重要途径。

快中子反应堆同目前核电站使用的热中子堆的区别是，由于快中子能连续维持链式裂变反应，使核燃料的利用效率大大提高。目前运行中的热中子堆，一般只能利用铀的潜在能量的1~2%，建设快中子堆核电站，就可以把铀的能量

利用程度提高到60~70%。因此，快中子堆的建设，将为裂变核电站的发展打开新的前景。

快中子堆的优越性如此突出，因而受到工业发达国家的普遍重视。在七十年代，苏联、英国和法国等国陆续建成容量为20万~30万千瓦的原型快中子堆核电站；进入八十年代，正在建造商业性验证快中子堆核电站，以进一步验证这种核电站的经济性和安全性，为大规模发展这种核电站准备条件。我国也已开始快中子堆技术的研究工作。

3. 太阳能

太阳是人类最重要的能源来源。据计算，太阳每秒钟照射到地球上的能量，就相当于500多万吨煤炭燃烧时放出的热量。太阳能是人类早就利用的一种能源。但太阳能也有着明显的缺点，就是太阳照射到地面单位面积上的能量密度比较低，又受到气象变化的影响，是一种间歇性的能源。因此，许多国家正在研究采用现代最新的科学技术，来提高利用太阳能的效率。

目前利用太阳能的方式主要有两个：一是利用太阳能直接供热；二是利用太阳能发电。

利用太阳能直接供热的方法，有房间取暖、太阳灶做饭、空调制冷、海水淡化等许多种。其中，用于房间取暖较为普遍。

我国处于利用太阳能的有利的地理位置，全年的日照时间在2,000小时以上。全国有三分之二的地区，太阳年辐射总量超过140千卡/厘米²。目前，在我国农村地区利用太阳能已日益受到各方面的重视，不仅用于育秧和温室生产蔬菜，做饭用的太阳灶以及太阳能热水器、干燥器等也开始应用。