

企业节约能源技术

孙恩召 编

内 容 简 介

本书概述了能源形势，指出了节约能源的重要意义。阐述了节约能源的基本原理，结合我国具体情况，分析了企业能源使用中的问题，提出了节约能源的措施。并且着重介绍了主要耗能设备（锅炉、工业炉窑、用汽设备等）节约能源的方法。最后简要介绍了能源管理方面的问题。

本书可供从事能源工作的工程技术人员和能源管理工作人员使用，也可供企业的有关领导和管理干部及其它工程技术人员参考。

企业节约能源技术

孙 恩 召 编

*

国防工业出版社 出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印刷

*

850×1168¹/₃₂ 印张 6⁷/₈ 173 千字

1984年3月第一版 1984年3月第一次印刷 印数：00,001—16,000册

统一书号：15034·2517 定价：0.90元

前 言

能源是人类生产和生活的重要物质基础。国家的发展，企业的生产，人民的生活，都必须有足够的能源做为保证。

当今世界，能源消耗量急剧增长，很多国家呈现出能源供不应求的局面，有的已出现了能源危机。因此，进一步开发能源，大幅度节约能源已成为举世瞩目的问题。开发能源，需要资源储备、投资和建设周期，短期不能奏效。而节约能源，需要资金少，见效快。尤其在能源利用率很低的情况下，效果更为显著。因此，节约能源是解决能源问题的一条重要出路。

我国能源也很紧张，严重影响社会主义现代化的建设。因此，迫切需要在开发能源的同时，大力抓好节约能源的工作。近几年来，一些地区、部门的企业在节约能源方面做了大量工作，取得了一定成绩和经验，也暴露出一些问题。实践证明：节约能源，仅靠良好愿望和方针政策是不够的，还必须实行科学的管理方法和采用先进的技术措施。一些单位的节能工作成效甚微的主要原因是不懂节能技术和管理不善。

为此，本书着重阐述了节能技术的基本原理，结合我国实际情况，具体分析企业能源使用中的问题，指出节能途径，提出节能措施，而且比较详细地论述了主要耗能设备的节能技术，也介绍了能源管理中应注意的主要问题。以期对正在开展的节能工作有所裨益。本书引用的标准、规定和参考数据，基本上是取自1978年以来国内的有关资料。

本书经哈尔滨工业大学热能工程教研室主任、副教授李之光同志审阅。本书引用了北京、上海、天津、辽宁、江苏、广东、

陕西、黑龙江等省市的一些企业的资料。在此，对有关同志的辛勤劳动一并表示谢意。

由于编者水平所限，错误在所难免，请读者不吝指正。

编 者

目 录

第一章 能源的概况	1
第一节 能源的分类	1
第二节 能源的作用	4
第三节 能源的现状	9
第四节 节约能源的意义	14
第二章 能量的合理利用	18
第一节 能源的选择	18
第二节 能的可用性	20
第三节 热电合产	25
第四节 工业供汽(“压差”)发电	33
第三章 锅炉节能	39
第一节 工业锅炉的选型	39
第二节 工业锅炉的节能途径	47
第三节 低效锅炉的技术改造	60
第四节 锅炉的经济运行	81
第五节 锅炉的技术指标	92
第四章 炉窑设备的节能	96
第一节 工业炉的节能	96
第二节 煤气发生炉	113
第三节 工业窑的节能	123
第四节 炉窑排气的利用	138
第五章 用汽设备的节能	147
第一节 干燥设备	147
第二节 蒸发与蒸馏设备	155
第三节 蒸煮设备	162
第四节 冲洗设备	164

第六章	低位能量的利用	166
第一节	有效热的重复利用	167
第二节	低温余热利用技术	168
第七章	企业能量平衡	175
第一节	开展企业热平衡的意义	175
第二节	企业能源消耗技术经济指标	177
第三节	企业热平衡方法	185
第四节	提高企业能源利用率的途径	193
第八章	能源管理	200
第一节	能源管理工作的内容	200
第二节	燃料管理	204
第三节	二次能源的管理	206
第四节	节能技术经济分析	208
第五节	广义的节能	211
主要参考资料		213

第一章 能源概况

人类在日常生活和生产活动中，每时每刻都在利用、消耗各种能量：太阳能、风能、水能、煤炭、石油、天然气、电能、蒸汽、化学能、机械能等等。

能量的资源称为“能源”。

第一节 能源的分类

能源的种类很多。

能源的分类方法也很多。

一、按能源的来源

按能源的来源，可分为三大类：地球本身固有的能源、来自地球以外天体的能源、地球与其它天体互相作用产生的能源。

（一）地球本身固有的能源

在地球形成过程中，地球本身具有热量，组成地球的某些元素具有能量，主要指地热和核能。

1. 地热能

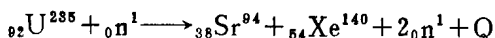
地壳内部是一个热源库。越向深处，温度越高，每向下1公里，温度升高 $20\sim 30^{\circ}\text{C}$ ，到地球中心，可达 6000°C ，整个地球平均温度达 2000°C 左右。当然地热分布并不均衡，有的地方多，有的地方少。地热较多处称为地热田。地热田表现为三种形式：①地下蒸汽——地热田能够产生 100°C 左右的水蒸汽，蒸汽可直接利用，也可通过低沸点有机介质加以利用；②地下热水——这类地热田较多，可以通过低沸点有机介质转化成蒸汽加以利用；③干热岩石——可以通过水等介质将热量带出来。地热能的蕴藏量很丰富。据计算，其总储量相当于煤炭储量的1.7亿倍。仅距地壳10

公里内含热量即为煤炭可采储量的 1 千倍。每年散发到地表面的热量就相当于燃烧 370 亿吨标准煤所发出的热量。

2. 原子(核)能

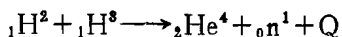
地球上某些元素在原子核发生变化时会释放出大量能量。

原子核裂变：某些重元素（铀、钚等）的原子核受外界作用会分裂成两个或两个以上较轻的原子核，同时释放出能量。例如：



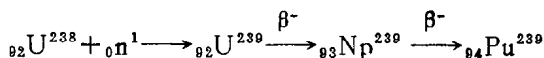
铀 235 被中子轰击分裂成锶和氙，同时生成两个中子并释放大能量。1 公斤铀 235 裂变时能释放出 164 亿千卡热量（相当于 2340 吨标准煤）。

原子核聚变：某些轻元素（氘、氚等）原子核在外界条件作用下，形成高温等离子体，当它们聚合成较重元素时，会释放出巨大的能量。例如：氘与氚可以聚合成氦，同时生成中子和释放能量。



1 公斤氘氚混合物聚变反应释放能量为 810 亿千卡（相当于 11571 吨标准煤）。

现已探明铀的经济可采储量约 98 万吨，折合标准煤约 200 亿吨，可用 100 多年。如果利用核的转换与增殖，将铀 238 变成钚 239。如下式：



这样，核裂变燃料可用约 2000 年。

核聚变材料氘来源于海水，可认为是人类取之不尽、用之不竭的能源。

（二）来自地球以外天体的能源

这里主要是指太阳能。

太阳每年照射到地球表面上的能量约 120 万亿千瓦（约 105

亿亿度)，相当于目前世界消费能源的 2 万倍。

太阳能早已被人们利用。一种是利用太阳能做为低温热源，不经聚焦而获取热量；另一种则是将太阳能经过聚焦而做为高温热源；再一种利用光电效应发电。

除上述之外，目前人类利用的能源中，绝大部分和太阳能有关；

太阳能被绿色植物吸收，经光合作用，成为生物质。目前全世界生物质每年产 1720 亿吨（干重），其积蓄能量相当于现在世界消费能源的 30 倍。

地球上若干生物质（杂草、秸秆、人畜粪便等）在一定条件下经细菌作用生成沼气。沼气是很适于农村使用的能源。

地面上的生物质沉积到一定厚度、一定的富集程度，并且很快被埋复，没有遭受地表氧化。最后，在地下一定的深度，有机质经过厌氧细菌的生物地球化学转化及地压地温条件下的催化，变成了煤炭、油页岩、石油、天然气。因此，煤炭、石油、天然气等是间接储藏的太阳能，是目前人类应用最为广泛的能源。

太阳能对地球表面的空气加热，由于其加热速率不同，引起空气流动，形成了风。风能也是很大的，总计达 10 亿千瓦。

太阳能将地球表面的水加热，使其蒸发，变成云，降为雨，汇成江河。江河的水蕴藏着大量的能量，称为水能。

由于太阳能的作用，使海洋蕴藏着各种大量的能量：

波浪能：海洋里每 8 秒钟左右就会产生一个 1.5 米高的波浪。估算每米海域有 10 千瓦的能量，全世界约有 27 亿千瓦的能量。

海洋温差能：海洋表面上的海水和深处海水的温度是不同的，在赤道南北回归线之间，2000 公里宽的海域里，离海面 750 米到 1000 米深的海水比海面的海水温度低 $15\sim 25^{\circ}\text{C}$ 。若利用此温差，每隔 15 公里建一电站，可获得 500 亿千瓦的能量。

浓度差能：在江河入海处，淡水与海水的浓度是不同的，淡

水与海水间产生渗透压。经计算每米³淡水入海，产生能量 22 千瓦。世界各地总计可以获得 26 亿千瓦的能量。

（三）地球与其它天体互相作用产生的能源

主要指地球与太阳、月亮之间的互相作用，形成潮汐。在海湾、河口利用涨潮、落潮推动水轮机发电。估计可利用能量达 6 千万千瓦。

上述能源中，有些能源可以源源不断地产生出来，称为可再生能源。例如：太阳能、风能、水能等。

有些能源、短期不能再生，用一点就少一点，称为不可再生能源。例如：铀、煤炭、石油、天然气等。

二、按人类对能源的利用情况

（一）常规能源——已被人类广泛利用、在人类生活和生产中起重要作用的能源。例如，煤炭、石油、天然气和水力。

（二）新能源——尚未被人类广泛利用，有待进一步发展的能源。例如，原子能、太阳能、地热能等。

（三）“最新能源”——指上述两种以外的能源，喻指“节约的能源”，又称为“第五能源”（前四种能源指常规能源的煤炭、石油、天然气和水力）。

三、按能源的生成方式

（一）天然能源——在自然界中现存的未经人类加工转化的能源。又称为一次能源。例如，煤炭、石油、天然气、太阳能、水力、风力等。

（二）人工能源——经过人类加工、转化，便于人类使用的能源。又称为二次能源。例如，电、蒸汽、煤气、汽油、柴油等。这里不必区分能源加工或转化的次数。即不再叫“第三能源”、“第四能源”等。

第二节 能源的作用

回顾人类社会的历史、人类利用能源的历史，就可以看出能

源的作用是极为巨大的。

人类很早以前就利用了能源，例如靠太阳取暖。但这种利用能源的“技术”并不比普通动物高明。直到人类学会了用“火”，才实现了人类利用能源的第一次大突破。按中国古老传说是燧人氏教人“钻木取火”；按西方传说是火神普罗米修斯从主神那里盗来了火种，传到人间……其实，最早的火种很可能是雷电引起的。人们利用草木燃料为能源，用以取暖，照明，烤食兽肉等。人类自觉的用“火”，用了草木燃料这一能源，极大地推动了人类的进化。人们熟食后，帮助了消化机能，促进了大脑的发展，提高了“劳动”的效率，使人类将猿猴等动物远远甩在后边了。

在漫长岁月中，人类一直以草木燃料为主要能源，辅以水力、风力和畜力。在能源利用方面没有新的突破。因此，几千年来，人类社会进步不大。

直到十八世纪，人类在能源方面实现了第二次大突破，那就是大量使用煤炭等化石燃料。在十七世纪，人们就开始采掘煤炭，利用煤炭，但是大量利用的能源还是薪柴。十八世纪（1785年）英国人瓦特发明了蒸汽机，而开动蒸汽机，需要大量燃料，人们感到薪柴的不足，就大量采掘煤炭。煤炭的发热量高，使用方便，促进了蒸汽机的推广应用。形成了“蒸汽机时代”。生产力的发展，推动了社会的变革，引起了产业革命，推动了资本主义社会的发展，使人类进入机械化时代。十九世纪（1881年）美国人爱迪生建成了世界上第一座发电站。同时在各个领域里广泛用电，以电力逐渐取代蒸汽，使人类进入电气化时代。在发展电力的同时，消耗的能源更多了，煤炭的开采量增加的更多了。到1890年以后，薪柴占人类利用能源的比重已小于50%。同时人们也开始利用水力发电。在1860年到1910年半个世纪里，煤炭消费量增加了7.3倍，由占能源的比例为25.3%增长到63.5%。薪柴只增加了0.4倍，由73.8%下降到31.7%。

人类在能源方面的第二次大突破，给人类社会带来日新月异

的变化：人类从而进入了机械化，进而又进入电气化时代。十九世纪（1859年）人类又开始开发和利用石油，不久又开发和利用天然气，但是开发的数量较少。第二次世界大战后，各国急需恢复经济，同时，在中东地区又发现大油田。西方国家在中东地区大规模开发石油。优质而廉价的石油，为资本主义世界的经济恢复和发展，提供了极为优越的条件，二十世纪五、六十年代被称为资本主义世界经济发展的“黄金时代”。例如伊朗出口石油，标价每桶 1.79 美元，实际售出时，每桶只是 1.3~1.4 美元（约每吨 8.5 美元），使烧油比烧煤还便宜。例如日本 1970 年火电燃料价格是：使用煤炭为获得每千卡热量需 74.3 日元，而使用石油为获得每千卡热量需 61.1 日元。石油发热量高，使用方便，致使日本经济保持年增长率为 11.9% 的发展速度。其它西方国家经济的年增长率也达 4~5%。

足够的能源才能保证国民经济的发展。在一般情况下，能源消费增长速度与国民经济发展速度是一致的，见表 1-1。

表 1-1

国 名	时 间	能源消费增长倍数	生产总值增长倍数
日	1952年~1975年	6.95	7.23
美	1950年~1975年	2.06	2.41
法	1950年~1975年	2.62	3.22
西德	1950年~1975年	2.66	3.97
英	1950年~1975年	1.34	1.89

能源消费增长速度与国民经济增长速度之比值，称为能源弹性系数。在一般情况下，能源弹性系数应接近 1。在国民经济飞速发展时期往往要求能源弹性系数大于 1，即能源应先行发展。例如，美国与日本，经济发展最快的时期，也是能源弹性系数最大的时期，见表 1-2。

我国国民经济发展最快的时期是第一个五年计划，当时的能源弹性系数为 1.38。

表 1-2

国 名	国民经济发展最快的时期	能源弹性系数
美 国	1880年~1920年	1.65
日 本	1955年~1960年	1.27

能源不足对国民经济的发展的影响是很大的。1973年爆发了中东战争，阿拉伯国家以石油为武器，抬高石油的价格，限制石油的出口。石油价格提到每吨230~240美元，涨价约20倍。给西方世界造成了严重打击。日本经济年增长率降到5%，其它西方国家经济年增长率降到2%。由于石油危机，日本缺少0.6亿吨标准煤的能源，使生产造成了485亿美元的经济损失。美国缺少1.16亿吨标准煤的能源，使生产造成了930亿美元的经济损失。

可见，能源方面的突破，大量使用能源，将引起经济上的飞跃，推动社会的发展，促进人类的进步！反之，赖以生存的主要能源趋于枯竭，而新的替代能源一时供应不上，经济发展就要减慢，甚至停滞，人民生活也会受到严重影响。

目前，世界消费能源数量急剧增加，常规能源的开发已经难以满足要求。人们正为实现能源第三次大突破而努力。

我国正处于新的历史时期，面临着以经济建设为中心的社会主义现代化建设的宏伟任务。发展工农业生产需要能源，发展科学文化事业需要能源，建设现代化的国防需要能源，改善人民生活也需要能源。1980年，我国按人口平均的年国民生产总值约560美元。同时，按人口平均消耗能源近0.6吨标准煤，加上农村薪柴的能源，平均每年每人耗能约0.9吨标准煤。从发达国家发展的历史看，产值达到1000美元/人·年时，大约都需要2吨标准煤/人·年以上。表1-3列出某些发达国家，国民生产总值达到1000美元/人·年时能源消费情况。

我国的情况和上述国家情况不太一样，若达到产值为1000美元/人·年所需消费能源也不一定是2吨标准煤/人·年。根据85个发

表 1-3

国家	时 间	平均产值 (美元/人·年)	平均耗能 (吨标煤/人·年)	产值耗能 (万吨标煤/亿美元)	能源构成中 煤占的比重 (%)
法	1953年	1018	1.99	19.61	74.9
英	1955年	1052	4.90	47.05	87.1
西德	1957年	1001	3.77	37.67	88.
苏	1960年	1064	2.83	26.68	63.1
日	1966年	1028	1.94	18.90	34.8

展中的国家和地区(1975年)经济发展和能源消费情况的分析,若达1000美元/人·年的产值时,平均能源消费量要达1.6吨标准煤/人·年。图1-1列出了85个发展中国家和地区,1975年按人口平均能源消费量和国民生产总值的关系。

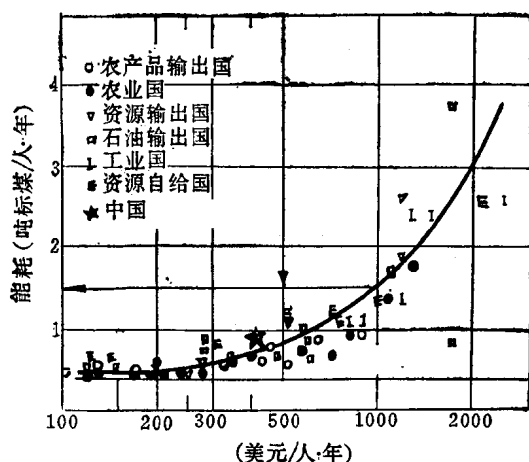


图1-1 发展中国家和地区1975年能源消费量和国民生产总值之间的关系

我国现在能源消费与国民生产总值情况和发展中国家的规律是基本相符的。因此,当我国平均产值达1000美元/人·年时,同时考虑到人口的增长,能源消费量将为现在的两倍。我们必须对能源问题给予足够的重视。

为把我国建设成为繁荣富强的现代化的社会主义强国，就要在能源方面做出切实的努力，使之得到较好的供应。

第三节 能源的现状

为了正确认识能源的形势和任务，必须了解能源的现状。

一、世界能源现状

二十世纪以来，世界能源消费情况，见表1-4。

表 1-4

时 间	能源消费量 (亿吨标煤)	总人口 (亿人)	人年平均 耗 能 (吨/人·年)	能源消费 增长倍数	按人年平均能源增 长倍数
1900年	7.75	15.71	0.493	1	1
1925年	15.65	19.65	0.796	2.02	1.61
1950年(第二次世界大战)	26.64	24.86	1.08	3.44	2.19
1975	85.70	40.45	2.14	11.06	4.34
2000(预计)	200	50.	4.	26.	8.

1900年全世界耗能7.75亿吨标准煤。经过25年之后，到1925年，全世界耗能达15.65亿吨标准煤，增长一倍多。四十年代由于第二次世界大战的影响，生产受到破坏，能源增长也较少。从1950年到1975年的25年中能源又增长了二倍多。预计到2000年，能源消费还要增长2倍以上。

世界能源构成也在发生变化，见表1-5。

表 1-5

年	煤炭(%)	石油(%)	天然气(%)	水力、核能(%)
1900	95	4		1
1950	59.3	29.8	9.3	1.6
1973	28	48.1	21.4	2.5
1975	29.1	46.1	21.9	2.9

可见，煤炭比重由1900年的95%，降到1975年的30%以下，石油比重由4%增到48.1%，又下降到46.1%。预计石油

比重将继续下降，与此相对应的煤炭比重将会有些回升。而且核能的比重将会增大。

下表列出煤炭、石油、天然气的经济可采储量、近年来的年产量，以及按目前开采量计算预计可以开采的年限，见表1-6。

表 1-6

	煤 炭	石 油	天 然 气
经济可采储量	6600亿吨标煤	879亿吨	72万亿米 ³
近年年产量	35亿吨标煤	31亿吨	1.6万亿米 ³
预计可采年限	188年	28年	45 年

由于开采量不会维持在目前生产水平上，实际可以开采年限比上表中还要少。

水力资源在发达国家中利用的比较充分。例如，瑞士已利用了98%，法国已利用了95%，意大利83%，西德78%，日本66%等等，但是世界平均只利用了17%，因此尚有潜力。

可见，常规能源是难以满足日益增长的能源需要的。必须设法开发新能源，并注意节约使用能源。

二、我国能源现状

我国能源的现状，与世界情况相比，既有相同之处，又有本身特点。可以概括为四句话：储量丰富、发展迅速、以煤为主、严重不足。

（一）我国能源的储量是丰富的

目前对国民经济、人民生活有直接影响的是常规能源。首先分析常规能源情况。

我国水力资源极为丰富。理论蕴藏量达6.8亿千瓦，居世界第一位。可供开发的装机容量约3.8亿千瓦。现在仅利用0.19亿千瓦，占可开发的5%。

我国煤炭探明储量为6000亿吨，居世界第三位。石油储量居世界第八位。天然气储量居世界第十六位。

同时铀、钍等元素蕴藏量也比较丰富。

(二) 能源的生产发展是非常迅速的

建国以来，煤炭、石油及发电量都有很大发展，其发展速度是很快的，见表1-7。

表 1-7

年	1949	1952	1979
煤炭(万吨)	3243	6649	63500
石油(万吨)	12.1	43.6	10600
发电量(亿度)	43.1	72.6	2819

煤炭产量在 1949 年居世界第 10 位，到 1979 年居世界第 3 位。产量增长近 20 倍。石油产量在 1949 年居世界第 25 位，到 1979 年居世界第 7 位。产量增加 880 倍。发电量在 1949 年居世界第 29 位，到 1979 年居世界第 8 位。发电量增长约 70 倍。

1979 年生产天然气 145 亿米³。水力发电达 501 亿度。农村非商品能源：秸秆约 4.58 亿吨，人畜粪 1.53 亿吨，薪柴 0.28 亿吨。共合 2.9 亿吨标准煤。

建国 30 年来，能源生产平均增长率约 12%，预计在本世纪末能保持增长率为 3.5%，见图 1-2。

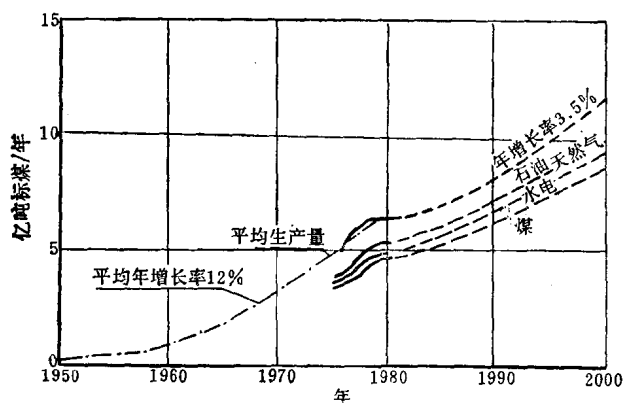


图1-2 我国历年能源生产量(包括1981~2000年预测)