



齐起生 主编

企业能源科学 管理和节能技术

中国铁道出版社

94
F406.5
11
2

企业能源科学管理和节能技术

齐起生 主编



中国铁道出版社

1990年·北京



B

015094

内 容 简 介

本文叙述内容为上交企业能源管理干部和工程技术人员必须掌握的有关能源管理和节能方面的基本理论知识。全书共十二章：第一至第三章介绍基础知识；第四至第六章介绍能源科学管理；第七至第十二章介绍各种节能技术。

本书从实际出发，理论联系实际，文字通俗易懂，可作为大专院校教学用书和有关部门的培训教材；也可供能源管理干部和工程技术人员学习参考。

企业能源科学管理和节能技术

齐起生 主编

*

中国铁道出版社出版（系统发行）

（北京市东单三条14号）

责任编辑 林连照 封面设计 丁锦成

铁道部工程指挥部印刷厂印

开本：787×1092毫米1/32印张：12.5 字数 285 千

1990年12月 第1版 第1次印刷

印数：1—5000册

ISBN 7-113-00994-8/TB·24 定价：5.15元



前 言

能源问题,是当前世界各国普遍关注的一个重大问题,也是我国四化建设中的一个关键性问题。目前我国能源不足,供求关系紧张,已经影响到国民经济的增长速度和人民生活水平的进一步提高。

我国现有工交企业近四十万个。大多数属中、小型企业,设备陈旧,生产工艺落后,能源管理水平较低,又缺乏节能观点,不注意能源合理利用和综合利用,造成了能源消耗大,浪费严重,制约了能源利用效率的提高。由于改革、开放的发展,技术的深化,劳动生产率的提高,对降低单位能耗的要求越来越高,这就使得能源问题,特别是用能技术问题已不仅仅是能源技术专业工作者的任务,而是几乎所有部门的工程技术人员都要加以研究考虑的问题。为了更好地使工交企业的节能工作深入地开展下去,除了提高各级干部和技术人员对节能重大意义的认识外,必须使工交企业能源管理干部和工程技术人员熟悉掌握有关能源管理和节能技术方面的基础理论知识。本书正是为适应这种需要而编写的。

全书共十二章。第一至三章是基础知识,简要介绍了热工基础、节能技术经济分析、能源环境保护;第四至六章是企业能源科学管理,着重阐明了能源合理利用、热平衡法和焓分析法、企业能源科学管理基础;第七至十二章是企业节

能技术,系统论述了企业用热、用电、用水的合理使用原则和节约方法,减少散热损失,工业锅炉和工业炉窑的节能途径,流体机械和换热器的节能方法,余热利用,几种节能新设备等。本书从实际出发,理论联系实际,内容叙述重点突出,循序渐进,深入浅出。全书采用我国法定计量单位。

本书可作为大专院校有关专业的教学用书,并可作为各部门能源管理和节能技术的培训教材,也可供能源管理干部和工程技术人员参阅。

本书由北方交通大学教授齐起生主编。参加编写工作的有铁道部高级工程师陈鹏(编写第六章),齐起生(编写其余所有部分)。齐起生、陈鹏、铁道部科学研究院研究员黄问盈、北方交通大学高级工程师祝季纯参加了全书的编写讨论工作。全书承黄问盈审阅,提出了宝贵意见,深表谢意。

在编写过程中,收集和引用了一些单位的节能经验。对提供这些资料的作者深表感谢。

编写这种篇幅较小,内容广泛,技术性强,适应性大的教学用书,是难度较大的工作,加之时间短促,特别是编者水平有限,书中难免有错误和不安之处,恳切希望读者批评指正。

编者
1989年11月于北京

目 录

绪 论.....	1
0-1 能源的分类	1
0-2 我国能源需求现状与未来	3
0-3 大力开创节约能源的新局面	7
第一章 热工基础	15
1-1 基本概念	15
1-2 理想气体及其特性	26
1-3 热力学第一、第二定律	29
1-4 水蒸气和湿空气	47
1-5 传热的基本原理	61
第二章 节能技术经济分析	75
2-1 节能技术经济指标	75
2-2 技术经济分析的两种常用方法	77
2-3 投资方案比较的现值法	81
2-4 节能投资的经济界限	85

第三章 能源环境保护	91
3-1 能源对环境的污染及其防治	91
3-2 做好能源环境保护工作	96
3-3 企业环境管理现代科学方法—— 环境系统工程	101
第四章 能源合理利用	105
4-1 常规能源的一般特性	105
4-2 力能用户特性和负荷图	111
4-3 按质用能	119
4-4 合理回收余热	121
第五章 热平衡法和焓分析法	132
5-1 热平衡的计算方法	132
5-2 热平衡的技术指标	134
5-3 热平衡表和热流图	138
5-4 设备热平衡示例——工业锅炉热平衡和 工业炉窑热平衡	140
5-5 企业热平衡及示例	150
5-6 焓分析法	162
第六章 企业能源科学管理基础	171
6-1 能源科学管理的特点	176
6-2 企业能源科学管理的主要内容	177
6-3 制定能源利用规划实行能源计划管理	185

第七章 企业用热、用电、用水的合理使用原则和 节约方法	195
7-1 合理组织工艺过程的热能利用	196
7-2 企业节约用电的途径	209
7-3 做好企业用水的节约工作	212
第八章 减少散热损失	213
8-1 合理选用设备、管线热绝缘材料	213
8-2 减少管道热损失	224
8-3 减少建筑物的散热损失	233
第九章 工业锅炉和工业炉窑的节能途径	237
9-1 工业锅炉的节能途径	237
9-2 工业炉窑的节能途径	249
9-3 锅炉机组运行工况节能优选法	255
第十章 流体机械和换热器的节能方法	268
10-1 风机、水泵、压缩机等流体机械的 节能方法	268
10-2 换热器的节能方法	279
第十一章 余热利用	296
11-1 做好工业余热利用工作	296
11-2 余热动力利用	302
11-3 通过热泵利用余热	321

第十二章 几种节能新设备	333
12-1 板翅式换热器	333
12-2 热管换热器	337
12-3 喷流式空气预热器	347
12-4 真空式相变热水器	348
12-5 汽水混合加热器	351
附录一 燃烧计算简介	354
附录二 常用热工仪表主要性能简介	360
附录三 常用热工物性数据表	368
附表 1 各种压力单位的换算关系	368
附表 2 各种能量(功、热量、能量)单位 的换算关系	369
附表 3 各种功率单位的换算表	370
附表 4 常用气体的某些基本热力性质	371
附表 5 某些常用气体在理想气体状态下的 定压比热与温度的关系式	371
附表 6 某些常用气体在理想气体状态下的 平均定压比热	372
附表 7 某些常用气体在理想气体状态下的 平均定容比热	373
附表 8 未饱和水与过热蒸汽表(摘录)	374
附表 9 饱和水与饱和水蒸气热力性质表 (按温度排列)	376
附表10 饱和水与饱和水蒸气热力性质表 (按压力排列)	377

附表11	保温材料的导热系数.....	378
附表12	经济计算系数表.....	379
主要参考文献		389

绪 论

0 - 1 能源的分类

能源是进行现代化建设和提高人民生活水平的重要物质基础。

自然界蕴藏着无穷无尽的各种形式的藏源，其中可供人类生产和生活使用的能源主要有燃料的化学藏、水能、风能、原子核能、地热能、太阳藏等等。

燃料（煤、石油、天然气等）的化学藏是现今人类利用最多的一种藏源。它可以通过燃烧转化为热能，直接满足生产和生活的需要；也可以通过热能动力装置进一步转化为机械能或电能，以供使用。我国煤矿的储藏量很大，但开发利用的只10~20%。煤在目前直至本世纪内都是我国的主要能源。

水能一般是以水电的形式出现的。它的基建费用较高，但建成后运行费用很低，世界工业发达国家水力资源的利用率都比较高。我国水力资源丰富，但开发利用的尚不足6%，应该大力开发水力资源。

风能的特点是取之不尽和没有环境污染。但它能量小、变化大，有一定的地区性和时间性限制，因此要获得一定的能量，必需采用大型、坚固、效率高的风车，故成本较高。

我国幅员辽阔，风能资源丰富，但因受到自然和环境条件的限制，需要因地制宜地加以开发利用。

原子核能是从原子核反应中释放出来的能量。核能在工业发达国家的能源构成中已经占有重要地位，我国也正着手进行开发。

地热能是指地球内部的热能。我国发现的地热能的温度一般较低，用它来进行发电的经济效益较差，但用来采暖、供热则是比较合适的能源。

太阳能是太阳辐射的能量。它是没有污染，不需要开采的能源，而且蕴藏量极其丰富。但是到目前为止，太阳能利用的工业性实用装置尚未成熟，主要问题是成本高、效率低、占地多。目前现实可行的用途是太阳能供热、太阳灶等热利用。

在上述这些能源中，除水能和风能是以机械能的形式供给人们以外，其余各种能源都往往直接以热能的形式或通过最简便的能量转换（如通过燃烧等）后以热能的形式供给人们。所以，人们从自然界能源中获得的能量的主要形式是热能。因此，热能的研究和利用对于整个人类的生产与生活有着巨大的意义。

习惯上人们把已经大量利用的能源，例如煤、石油、天然气、水能等称为常规能源；把新近才开始利用的能源，例如太阳能、原子核能、地热能等称为新能源。

太阳能和由其转化而来的水能、风能、潮汐能等都可以循环再生，重复利用称为再生能源；而煤、石油、天然气、原子核能等用一些就少一些，它们是不能再生的，又称为非再生能源。

我们还常把直接来自自然界的、没有经过加工或转换的能源，例如煤、石油、天然气、原子核能、太阳能、水能、风能等叫做“一次能源”；把由一次能源经直接或间接加工转换得到的产品，例如蒸汽、焦炭、煤气、电等叫做“二次能源”。此外，各工矿企业的生产工艺过程中常伴随有大量的余热资源，成为可供开发利用的“工业二次能源”。

0-2 我国能源需求现状与未来

一、我国能源生产形势

我国是一个能源资源比较丰富的国家。煤炭探明可采储量达8400亿t以上，居世界前列。石油探明可采储量32.13亿t，居世界第10位。天然气探明可采储量9221亿m³，居世界第18位。水力资源理论蕴藏量为6.8亿kW，居世界首位，其中可供开发利用的约占50%。但由于我国人口众多，如以可采储量计算，按人口平均能源资源只相当于世界平均数的一半，只及美国的十分之一。所以从每人能源资源平均数看，我国的能源资源并不丰富。

我国能源消费总量，1987年达8.59亿t标准煤，居世界第三位。但每人平均的能源消费量仅为0.80t，只是世界平均水平的百分之三十六。

我国能源消费构成中，一次能源以煤为主。1988年我国一次能源消费量9.20亿t标准煤，其构成：煤占76.1%，石油占17.1%，天然气占2.1%，水力发电占4.7%。

我国能源资源的分布是不平衡的。煤主要集中在山西、内蒙古等华北及偏西北地区；水力主要集中在人迹难到的西

南地区；目前天然气探明储量集中在四川、贵州；已探明的石油储量则主要分布在东北和华北地区。而能量消费大和经济比较发达的城市则大部分位于东部沿海地区。这种能源产地远离能源消费地的布局，决定了北煤南运，西电东送，北油南输的格局。根据我国能源资源的实际情况，必须大力开发煤矿和水利资源，适当发展一些核电，积极开发新能源，以满足四化需要。

建国以来，我国能源开发的增长速度不慢（见表0-1），但还远不能满足生产、消费增长的需要。这是由于一方面过去片面强调了耗能大的钢铁等材料工业和机械等加工工业的优先发展，形成能源生产与耗能工业之间的比例严重失调；另一方面是由于我国工业布局不合理，分散重复，管理不善，

表0-1 建国以来我国能源开发的增长情况

能源 \ 年份	1949	1952	1977	1979	1985	1988
煤（万吨）	3243	6649	55000	63560	87200	97900
石油（万吨）	12.1	43.6	9361	10600	12500	13703
发电量（亿kW·h）	43.1	72.6	2234	2940	1117.6	5450

设备陈旧，工艺落后，技术水平低等原因，造成工业企业的能源利用率低，消耗高，浪费大。我国消耗的能源数量和日本差不多，但他们的国家经济产值是我国的4.2倍。目前，能源短缺已明显地成为我国经济发展的制约因素，成为经济必须进行调整的重要原因。如果能源供应赶不上经济发展的需要，将会出现能源危机，严重影响现代化的进程。

二、能源消费弹性系数和单位产值能耗

为了研究分析国民经济发展与能源消耗量之间的关系，通常采用能源消费弹性系数和单位产值能耗两个指标。

1. 能源消费弹性系数

为了执行国民经济发展计划，必须保证能源供应。能源消费弹性系数是用来预测一段较长时间内能源需求量和节能潜力的一个指标，其表达式为：

$$\text{能源消费弹性系数} = \frac{\text{能源消费量的年平均增长率}}{\text{国民经济年平均增长率}}$$

式中，分子表明能源消费量的增长速度，它以各种一次能源总和折算成标准煤的吨数表示；分母表明国民经济发展的速度，一般用国民生产总值*表示（我国通常用工农业生产总值表示）。

能源消费弹性系数的含义是国民经济每增长1%，能量消费量应增长百分之多少。通过对能源消费弹性系数的分析可找出能源消费量增长速度与国民经济发展之间的规律性，从而可以预测远期能源的需要量和节能潜力。

能源消费弹性系数与经济结构（轻重工业比例）、产品结构（高能耗产品所占的比重）、能源利用效率、人民生活水平等因素有关。不同类型国家的能源弹性系数不同，发达国家小于1，发展中国家则大于1。据1953~1978年统计，我国按国民生产总值计算的能源消费弹性系数为1.39；若按工农业生产总值计算为1.10。

* 国民生产总值 = 国民收入 + 固定资产消耗。

2. 单位产值能耗

单位产值能耗表明生产单位国民经济产值需要消费的能源量。它是衡量一个国家国民经济发展中能源利用经济效益的综合指标，其表达式为：

$$\text{单位产值能耗} = \frac{\text{能源消费量 (万 t 标准煤)}}{\text{国民经济产值 (亿元)}}$$

这个指标可以用来分析能源利用水平和节能潜力。单位产值能耗高，表明生产单位产值所消耗的能源多，能源利用率低，节能潜力大。

表 0-2 我国历年单位产值能耗 (万 t 标准煤 / 亿元)

1950年	1957年	1977年	1979年	1980年	1981年	1985年
6.3	7.8	10.3	9.5	8.18	7.62	6.0

近几年由于重视了节约能源工作，单位产值能耗逐年下降（见表0-2），能源利用率不断提高。

三、国民经济发展对能源的需求

中国共产党第十二次全国代表大会向全党、全国人民提出了到本世纪末的二十年内我国经济建设的宏伟目标，并指出：为了实现这个宏伟目标，加强能源开发，大力节约能源消耗是战略重点之一。

解决能源问题要坚持“开发和节约并重，近期把节约放在优先地位”的战略方针。如果只采用能源开发的办法，那么到本世纪末工农业年总产值翻两番，能源产量也势必要翻两番，即要从1980年的6亿多吨标准煤增加到2000年的24亿

吨以上，也就是平均每年要增加约 1 亿吨标准煤，这个产量显然是无法实现的。经过多方面的科学预测，我国能源开发的产量到本世纪末只能达到翻一番的地步，即到 2000 年我国能源总产量将为 12 亿多吨标准煤，比 1980 年的 6 亿多吨增长一倍。因此，今后能源问题的解决，必须要走“开发和节约并重，近期把节约放在优先地位”的路子。

我国的能源产量不少，居世界第三位，但能源的有效利用率却很低，居落后地位。可见我国的节能潜力极大。我们必须从各方面努力，尽快改变这种能源有效利用率很低的情况。如果我们依靠科学技术，大力开展节能工作，利用先进工艺流程，更新换代老旧设备，大搞工业余热利用，大力应用和推广新技术等措施，再加上不断提高科学管理水平，向科学要能，向管理要能，那么解决今后二十年经济发展中的能源问题，一半靠开发，一半靠节约，是大有希望实现的。

0-3 大力开创节约能源的新局面

一、节能的重要意义

中共中央关于制定国民经济和社会发展第七个五年计划的建议中提出：“实行开发和节约并重的方针，争取五年内节约标准煤 1 亿 t”。这一方针是从我国的实际情况出发的，是保证我国四化建设顺利进行的重大决策，也是实现党的十二大提出的宏伟目标的一项重要保证。

目前我国能源供不应求，近期内能源增长又较困难，因此，千方百计节约能源对于国民经济的发展具有十分重要的意义。节约能源意味着能源产量的增加，在某种意义上这种