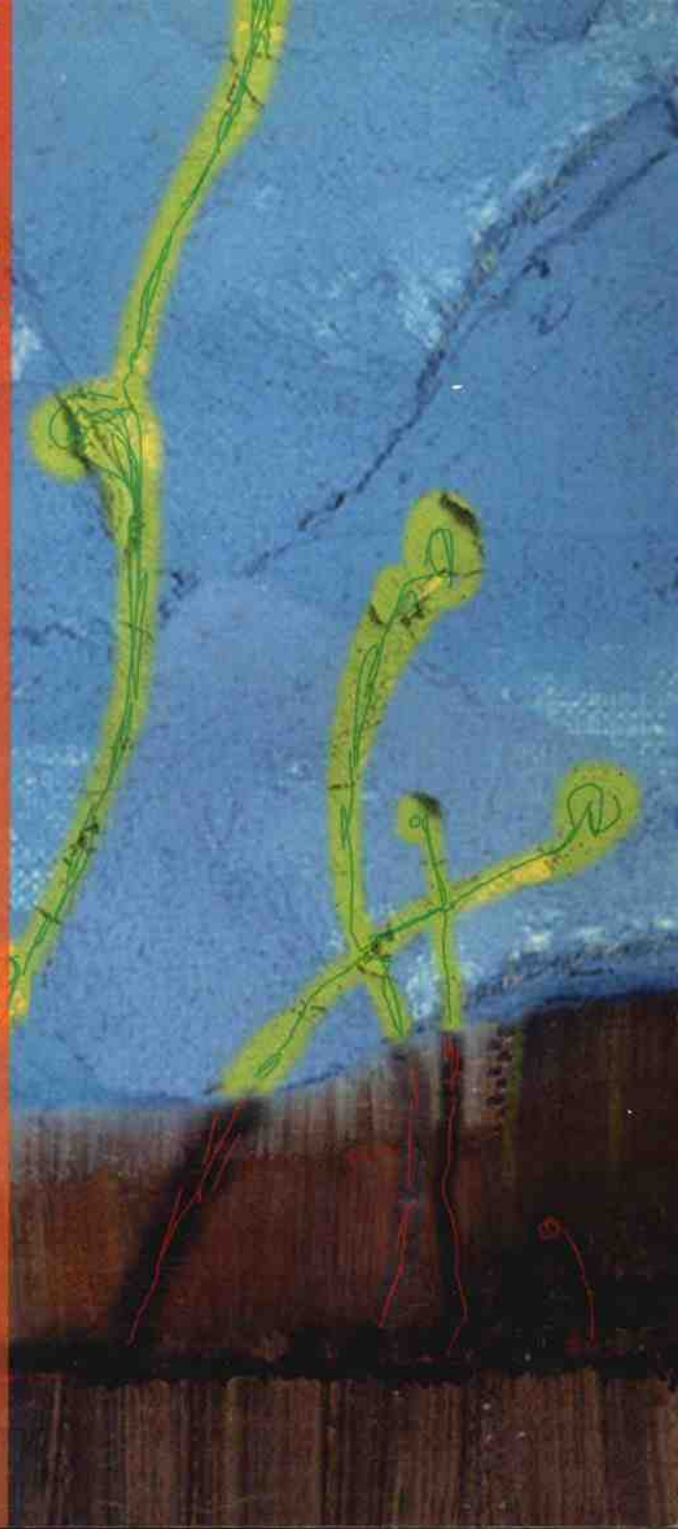


节能 与 环境保护

刘兴家 编著

王革 高忠波 主审

哈尔滨工程大学出版社



节能与环境保护

编著 刘兴家

主审 王革 高忠波

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书是根据能源利用中的节能与环境保护所涉及的内容和二者之间的联系编著的,重点阐述了节能与环境保护的关系、节能基本原理、能量系统的节能分析、环境保护的途径和措施、节能与环境保护的经济性分析等基本内容;阐述了燃烧、供热与制冷、能量动力应用、热能传递、余热回收、红外加热中的节能与环境保护技术分析等专题内容。

本书可作为高等学校热能动力工程、制冷与低温工程、石油化工、冶金、环境工程等专业的教材或教学参考书,也可供从事相关专业的管理工作人员和科技工作人员参考。

节能与环境保护

编 著 刘兴家

责任编辑 程小东

*

哈尔滨工程大学出版社出版发行

哈尔滨市南通大街145号 哈工程大学11号楼

发行部电话:(0451)2519328 邮编:150001

新 华 书 店 经 销

哈 尔 滨 工 业 大 学 印 刷 厂 印 刷

*

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 11.625 字数 300千字

2001年4月第1版 2001年4月第1次印刷

印数:1~1000册

ISBN 7-81073-155-6

X·1 定价:23.00元

前 言

能源、材料、信息是国民经济的三大支柱产业,其中能源居于首位。随着国民经济的发展和社会进步,对能源的需求与日俱增,能源短缺的问题日益突出,节能刻不容缓。即使有了新能源的开发和利用,节能仍具有重要意义。另一方面,能源是产生环境污染的最大污染源。随着能源利用的不断增多,特别是在以化石燃料为主要能源的今天,能源利用所带来的环境污染日趋严重。而社会发展和人类进步对环境质量的要求却越来越高。当今社会人类所面临的四大社会问题(人口、粮食、能源、环境),这里直接涉及其二。由此可见,节能与环境保护的重要意义是不言而喻的。

能源利用与环境的关系是极其密切的。随着 21 世纪的到来,能源的有效利用和环境保护越来越重要。过去,人们在利用能源的时候,往往较少考虑它所产生的污染及危害。而环境保护工作者则对能源有效利用的考虑也少。因此,将能源的有效利用和环境保护这两个关系极其密切的问题统一起来考虑是非常必要的和科学的。

本书是根据节能与环境保护所涉及的内容和二者之间的联系编著的。全书共十一章,前五章为节能与环境保护的基础内容,重点阐述节能与环境保护的关系、节能基本原理、能量系统节能分析、环境保护的途径和措施、节能与环境保护的经济分析等内容;后六章为节能与环境保护技术专题。其中,在节能原理部分,重点阐述节能潜力的分析与确定、节能的途径、系统能量有效利用分析和典型过程能量有效利用等;在环境保护的途径和措施部分,重点阐述环境污染的类型、污染危害及影响因素、减小环境污染的途径(包括管理、监督途径和技术途径);在节能与环境保护的经济性部

分,重点阐述技术经济分析基本原理(成本分析,成本会计,价值分析初步,价值分析单、双目标优化初步);在节能与环境保护技术专题部分,重点阐述燃烧过程的节能与环境保护、余能回收的节能与环境保护效果、热电联产、集中供热的节能与环境保护、远红外加热节能技术与干燥污染物控制、能量动力过程的节能、热泵及制冷的节能与环境保护作用、热交换器的节能及在环境保护中的应用、供热制式的节能与环境效果、隔热保温技术经济分析及环境效果、固体燃料气化节能与环境效果等。

本书对从事能源、节能、环境保护的,管理、技术及相关工作人员具有参考价值。可作为高等学校动力、制冷、低温工程、化工、冶金、环境工程等专业的教材或教学参考书,也可供从事相关专业的管理工作人员和科技工作人员参考。

哈尔滨工程大学副教授王革博士和中国船舶重工集团七〇三研究所高忠波副研究员为本书主审,分别对全书书稿进行了全面认真地审阅,提出了许多宝贵意见,对本书水平的提高起到了很大的作用。在本书的编著过程中,还得到了河北工业大学副教授齐承英博士的热情支持和帮助,在此一并致以衷心感谢!

本书是将节能与环境保护这两方面具有密切关系的内容融合在一起的初步尝试,由于本人水平所限,缺点和不足之处在所难免,恳请读者指正。

编著者

2001年1月

目 录

第一章 节能与环境保护概论	1
第一节 能源的分类	1
第二节 能源的作用与发展	5
第三节 节能与环境保护	9
第二章 节能基本原理	12
第一节 节能基本概念	12
第二节 焔与节能潜力	19
第三节 高效用能的途径	26
第三章 焔与焔分析	31
第一节 焔与焔分析概述	31
第二节 物理焔	39
第三节 化学焔	50
第四节 典型过程的焔效率	59
第五节 系统与子系统焔利用的关系及其分析	65
第六节 系统与子系统节能分析	74
第七节 能量利用效果与焔利用效果参数的关系	80
第四章 环境污染及其治理	83
第一节 环境污染及其治理概述	83
第二节 热污染及其危害	88
第三节 大气污染及其危害	93
第四节 气象与地理条件对大气污染浓度的影响	97
第五节 大气污染物的扩散稀释	105
第六节 大气污染的控制	114
第七节 大气污染控制系统及其优化数学模型	129

第五章 节能经济性与环境效益分析	133
第一节 节能经济分析概述.....	133
第二节 节能技术的经济效益分析.....	138
第三节 节能的经济成本和价值的优化.....	145
第四节 节能与环境保护的综合分析与双目标优化初探	154
第六章 燃烧节能与污染物控制	157
第一节 燃烧节能原理.....	157
第二节 燃烧污染物的生成与控制.....	167
第三节 沸腾燃烧技术.....	173
第四节 二次燃烧与复合燃烧.....	177
第五节 富氧燃烧技术.....	180
第六节 乳化燃烧技术.....	181
第七节 煤气化及其节能与环境效益.....	187
第七章 能量动力利用中的节能	195
第一节 气体能量转换及其节能.....	195
第二节 蒸汽能量及其节能利用.....	205
第八章 供热与制冷中的节能与环境保护	214
第一节 集中供热及其节能与环境保护效益分析.....	214
第二节 供热制式与热介质对节能与环境效果的影响.....	217
第三节 热电联产及其节能与环境保护效益.....	219
第四节 热泵供热技术.....	228
第五节 制冷过程中的节能.....	234
第九章 热交换系统的节能	243
第一节 热交换系统节能分析.....	243
第二节 保温隔热技术及其经济性.....	257
第十章 余热回收的节能分析与环保效益	263
第一节 余热的回收利用价值.....	263
第二节 余热利用途径及其节能分析.....	266

第三节	余热回收的经济性及环保效益·····	278
第十一章	红外辐射节能加热技术·····	282
第一节	红外辐射节能加热基本原理·····	282
第二节	红外加热的传热过程分析·····	287
第三节	红外加热技术设计参数的确定·····	292
附录	·····	302
附录 1	中华人民共和国节约能源法 ·····	302
附录 2	中华人民共和国大气污染防治法 ·····	311
附录 3	中华人民共和国环境噪声污染防治法 ·····	325
附录 4	中华人民共和国固体废物污染环境防治法 ·····	336
附录 5	中华人民共和国水污染防治法 ·····	350
参考文献	·····	363

第一章 节能与环境保护概论

自然界中一切物质运动都需要能量,提供能量的物质资源叫做能源。能源、材料和信息是国民经济三大支柱产业。其中能源排在首位,能源的消费数量和使用数量标志着人类社会经济发展的规模和人民生活的水平。随着科学技术的发展和社会进步,人类对能源的需求量与日俱增。现在世界上所使用的常规能源主要是煤炭、石油和天然气等。因为这些能源是不可再生能源,用一点少一点,所以总有一天会枯竭。能源短缺的问题已日益突出,这是人类面临的四大社会问题(粮食、人口、能源、环境)之一。解决这个问题的主要出路有两条:一是开发新能源,二是节能。

能源除为人类造福外,还是造成环境污染的最大污染源。环境污染也是人类面临的四大社会问题(粮食、人口、能源、环境)之一。随着能源消费量和使用时量的不断增加,因能源使用所产生的环境污染日趋严重,威胁着人类的健康和生态环境。如何减少由能量的使用所带来的环境污染是摆在我们面前的重大课题。环境保护的重要性为越来越多的人所认识,已为全世界所瞩目。

节能与环境保护有着密切的关系。本章将概括阐述能源及其作用,能源对环境的影响,节能与环境保护的关系及其重要性。

第一节 能源的分类

能源是提供能量的物质资源。按照不同的分类标准,可以把能源分成不同的种类。不同种类的能源在转化利用时,有其各自的方式和特点。

一、一次能源和二次能源

按照能源形成划分,可以把能源分成一次能源和二次能源。

1. 一次能源

一次能源是自然界中天然存在的可直接使用的能源。一次能源又称为天然能源,如原煤、原油、天然气、油页岩、核燃料、水流、潮汐、地热、太阳能、风能、海浪能、植物秸秆等。一次能源按能否再生可以划分成再生能源和非再生能源。

再生能源是使用后不断产生的能源,如太阳能、风能、海洋能、水能、生物能等。非再生能源是一次使用后不能够再产生的能源,如石油、天然气、原煤、核燃料等。

一次能源按其来源还可以分成第一类能源(来自太阳及地球以外天体),如煤炭、石油等;第二类能源(来自地球自身),如地热能、火山能等;第三类能源(来自地球和天体的相互作用),如潮汐能。

2. 二次能源

二次能源是经过人工加工而形成的能源。二次能源又称为人工能源,如电、蒸汽、热水、煤炭、煤气、石油制品、酒精、氢气、合成燃料等等。

二、燃料能源和非燃料能源

按能源的使用性质,可以将能源划分成燃料能源和非燃料能源。

1. 燃料能源

燃料能源是作为燃料使用的能源。燃料能源有三种:矿物燃料(煤、石油、天然气等)、植物燃料(木、草、藻类、沼气、各种有机物等)和核燃料(铀、钍、氘、氚等)。矿物燃料和植物燃料主要使用的是化学能,也有一部分机械能;核燃料使用的是原子能。

2. 非燃料能源

非燃料能源是不能作为燃料使用的能源。这种能源不能燃烧,

如蒸汽、电能、太阳能、地热能等。

三、常规能源与新能源

按能源的利用程度和生产技术水平,一般把能源划分成常规能源与新能源。常规能源是指现阶段应用广泛,生产技术成熟的能源;新能源是指当前生产技术还不够完善,利用程度较低的能源。

所谓常规能源与新能源的划分,是随着时间变化的相对的概念。过去的新能源可能是现在的常规能源,而现在的新能源可能是将来的常规能源。

四、清洁能源与非清洁能源

按能源的使用对环境污染的程度,可以将能源划分成清洁能源与非清洁能源。

1. 清洁能源

清洁能源是指在能源的使用过程中,对环境污染小的能源,如太阳能、风能、水能、海洋能等。

2. 非清洁能源

非清洁能源是指在能源使用过程中,对环境污染程度大的能源,如煤炭、油页岩、石油等。

清洁能源与非清洁能源的划分不是绝对的,而是相对的。例如,型煤相对于原煤属于清洁能源;煤气相对于型煤属于清洁能源。

五、储藏能源与过程能源

按能源的形态,可以把能源划分成储藏能源和过程能源。

1. 储藏能源

储藏能源是指能量储藏于物质资源中的能源,如煤炭、石油、天然气、铀、氟等。储藏能源也称为载体能源。

2. 过程能源

过程能源是指伴随着物质运动产生能量的能源,如风能、水

能、波浪能等。

储藏能源可以储存和运输,而过程能源则很难储存和运输。

按照不同的划分标准对能源的分类见表 1-1。

表 1-1 能源分类表

			一次能源		二次能源
			再生能源	非再生能源	
常规能源	燃料能源	矿物质燃料		原煤(化学能) 原油(化学能) 天然气(化学能、机械能) 油页岩(化学能) 油砂(化学能)	焦炭(化学能) 无烟煤(化学能) 煤气(化学能) 汽油(化学能) 煤油(化学能) 柴油(化学能) 重油(化学能) 液化石油气(化学能) 丙烷(化学能)
		生物质燃料	植物秸秆(化学能)		木炭(化学能)
	非燃料能源		水能(机械能)		电力(电能) 蒸汽(热能、机械能) 热水(热能) 余能(热能、机械能、化学能)
新能源	燃料能源	生物质燃料			沼气(化学能)
		矿物质燃料			氢能(化学能)
		核燃料		铀(核能) 钍(核能) 钚(核能) 氦(核能) 氖(核能)	
	非燃料能源		太阳能(热能) 海水热能(热能) 地热能(机械能、热能) 风能(机械能) 海流动能(机械能) 海浪动能(机械能) 潮汐能(机械能)		
尚未利用能源	燃料能源				
	非燃料能源		雷电能 火山能 地震能		

第二节 能源的作用与发展

一、能源是推动人类社会和经济发展的重要动力

能源几乎与所有工业、技术领域及人民生活都有着密切的关系。可以说,没有能源就没有人类社会的生存和发展。科学技术的发展在很大程度上依赖于能源。能源、材料和信息是当代社会国民经济的三大支柱产业,其中能源居于首位。毫不夸张地说,能源是推动国民经济和人类社会发展的主要动力。这是人类发展的历史告诉我们的结论。

根据考证,人类使用能源已经有 50 万年的历史了。早在 50 万年前,中国北京周口店猿人就开始利用自然界的火(如闪电引起的火)来取暖和烧烤食物了。后来,在劳动和生活中,他们获得了“钻木取火”的方法,使人类第一次实现了能量的转换,即把他们体力运动的机械能转换成了热能;18 世纪以前,人类的生产活动和生活主要依靠自身的体力和部分畜力及非常有限的自然力(风力和水力)。当时,社会生产力的发展速度很慢,人民的生活水平很低。到了 18 世纪,煤炭能源的发现和利用以及蒸汽机的问世,使人类第一次能够将热能转化为机械能,从而给人类提供了前所未有的动力,大大地推进了生产力的发展,人民的生活水平得到了提高,从此开创了人类文明的新纪元。后来,石油能源的开采和利用以及内燃机的发明,把生产力又大大向前推进了一步,促进了交通运输业的发展,人民的生活水平得到了进一步的提高。到了 19 世纪,随着电能的发明和利用,人类社会进入了电气化、机械化时代,为形成高度文明的现代社会创造了条件,使国民经济得到了突飞猛进的发展,人民的生活水平得到了较大的提高。喷气发动机和火箭发动机的发明和发展,为高速宇航奠定了基础。20 世纪,核能的发现和发明是人类利用能源的又一重大突破,这一能源将会为人类提

供几乎是取之不尽,用之不竭的能量,为人类开辟了能源应用的广阔前景。上述人类利用能源的历程表明,几乎每一次能源方面的突破,都带来了生产力的飞跃,推进了人类社会和国民经济社会的发展。

二、能源的消费和使用与国民经济的关系

一个国家的国民经济发展水平往往是用国民生产总值来衡量的。而国民生产总值的多少与能源的消费量有着极其密切的关系,可用能源消费系数和能源弹性系数来描述。

1. 能源消费系数

国民经济与能源消费量的关系可以用能源消费系数来描述。所谓能源消费系数是指单位国民经济产值的能源消费量,亦即

$$e_c = \frac{E}{M} \quad (1-1)$$

式中 E ——能源年消费量;

M ——国民经济年产值。

能源消费系数反映了能源利用的情况。去除价格变化对国民经济产值的影响,能源消费系数的数值越大,说明能源利用水平越高。因此,该系数在一定程度上可以反映出节能潜力的大小。

2. 能源弹性系数

所谓能源弹性系数就是能源消费的年平均增长率与国民经济的年平均增长率的比,亦即

$$e_r = \frac{\Delta E/E}{\Delta M/M} \quad (1-2)$$

式中 ΔE ——能源年消费增长量;

ΔM ——国民经济年产值增长量;

$\Delta E/E$ ——能源年消费增长率;

$\Delta M/M$ ——国民经济年产值增长率。

能源消费系数与能源弹性系数具有如下关系:

$$e_e = \frac{\Delta E/E}{\Delta M/M} = \frac{\Delta E}{\Delta M} / e_e \quad (1-3)$$

能源消费系数与能源弹性系数的关系及意义如表 1-2 所示。

表 1-2 能源弹性系数值及意义表

能源弹性系数	1	> 1	< 1	0	< 0
意义	能源消费增长率 = 国民经济产值增长率	能源消费增长率 > 国民经济产值增长率	能源消费增长率 < 国民经济产值增长率	能源消费量不变, 国民经济产值增加	能源消费量下降, 国民经济产值增加

当出现能源弹性系数为零或负值时,属于异常情况。它表明某地区管理水平过低,技术太落后,致使能耗过大,经节能工作后,能耗大为降低,产值有所增加。正常情况下,国民经济增长率与能源的消费量增长率是呈正比例的。

能源弹性系数可以综合概括众多因素对国民经济和能源消费的影响。对该参数进行全面分析,对于寻找国民经济与能源消费的关系,预测未来经济发展均具有重大意义。

综上所述,尽管各个国家的国情不同,能源消费和国民经济水平也不尽相同,但是国民经济与能源的消费量之间呈正比例关系的总趋势是一致的。

当今世界,科学技术的发展,人民生活水平的提高越来越多地依赖于能源。20 世纪以来,能源消费有了很大的增长,这种增长必将继续下去,如表 1-3 所示。可以说,能源是制约国民经济发展速度的关键性问题,能源消费水平和使用情况标志着人类社会经济发展的规模和人民的生活水平。

表 1-3 世界能源消费统计表

	1990 年	1995 年	2000 年	2020 年
每年总能源消费(10^{15} kJ)	22.7	321	399 ~ 430	484 ~ 566
煤当量(Mt)	775	10 955	13 600 ~ 14 656	16 516 ~ 19 321
人均年能源消费(10^6 kJ)	14.5	66.4	65 ~ 70	61.8 ~ 72.3
煤当量(Mt)	493	2 264	2 214 ~ 2 384	2 110 ~ 2 469

三、能源的现状和发展前景

能源、材料和信息是当代国民经济的三大支柱产业,其中能源居于首位。为了加速国民经济的发展,形成合理的能源结构,能源消费是十分必要的。当今世界的能源消费主要以矿物燃料(煤炭、石油)为主,以石油为主体。与煤炭相比,石油具有开采容易,便于运输,使用方便,发热值高,效率高,污染轻等优点。但是,在非再生能源中,石油所占的比例并不大。天然气在世界的消费结构中占有较大的比重。与石油和天然气相比,煤的储量相对较大。

我国能源的蕴藏量,煤炭储量居世界第三位,仅次于美国和苏联。石油和天然气的储量较小。水利资源较丰富,居世界首位。

目前,我国的能源消费构成,煤占 70% 以上,其中用于直接燃烧的约占 5/6,我国内燃机的用油消耗占石油总产量的 1/3 以上。总的说来,随着国民经济的发展,石油的需求量将继续增加。我国煤和石油的利用率与世界发达国家相比都存在着一定的差距。日本工业锅炉的热效率为 80% 以上,我国工业锅炉的热效率只有 50% 左右,而且燃烧产物中污染物的排放量也远远超过国际标准。我国煤炭燃烧利用效率最低而污染最严重的是城乡居民用于日常生活与冬季取暖的小炉灶。城镇居民年消耗的燃料,占我国煤炭产量的 22% 左右。由于其燃烧效率低,而且污染控制困难,对能

源的浪费和对环境的污染都十分严重。解决这两个问题的根本出路在于将原煤加工成煤气供居民使用,而不是直接供给原煤。我国的天然气资源有限,而且分布也只限于个别省。建国以来,我国的制气工业虽然取得了一定的进展,但还远远满足不了需要。所以城镇居民烧用燃气的百分比还很低,只有20%~30%。此外,煤制气还是化肥工业的重要原料。因此,将原煤加工成煤气不仅能够提高能源的利用率,还能够大大减轻环境污染。

人口众多是我国的一大特点。人口众多,人均能源消费低而单位产值的能耗高是我国能源生成和消费中的一个十分突出的问题。

为此,为了满足人类对能源的日益增长的需求,解决能源不足问题,我国在新能源和节能技术的开发方面做了很多工作,并已经得到了很大的进展。在新能源的开发方面,如在太阳能、地热能、风能及核能的开发利用,其中很多新能源已进入实用化阶段。在节能技术方面,各种提高能源利用率的技术正在开发研究,有的已进入实用阶段。所有这些为我国能源工业的发展奠定了基础。

第三节 节能与环境保护

人类面临的四大社会问题(粮食、人口、能源、环境),能源与环境占据其二。

一、能源的短缺与节能

随着科学技术的发展和社会进步,能源的需求量与日俱增。然而,常规能源的主体——燃料能源是不可再生能源,其储量是有限的。矿物燃料储量及其可供消耗的年限可由式(1-4)计算

$$T = \frac{1}{r} \ln \left(\frac{rR}{P} + 1 \right) \quad (1-4)$$

式中 T ——现有矿物燃料储量可消耗的年限,年;