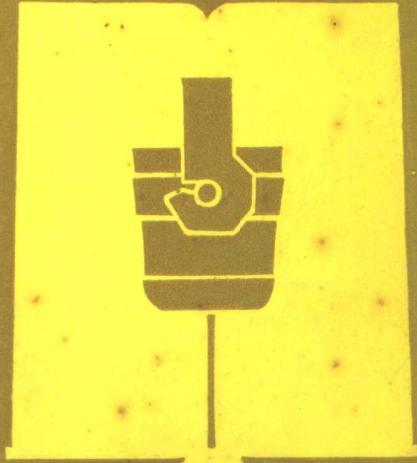
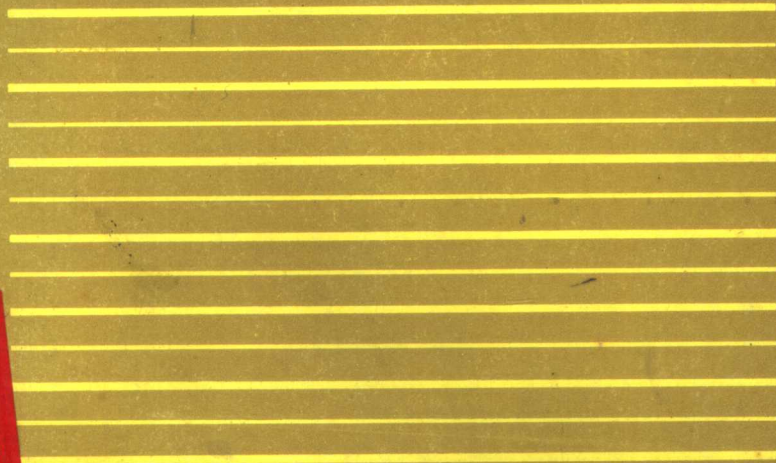


能源基础管理与经济

● 高等学校教学用书 ●

# 能源基础管理与经济

GAODENG XUEXIAO JIAOXUE YONGSHU



Tk01-836

冶金工业出版社

版

(京)新登字036号

高等学校教学用书

能源基础管理与经济

青岛建筑工程学院 解鲁生 主编

\*

冶金工业出版社出版发行

(北京北河沿大街嵩祝院北巷39号)

新华书店总店科技发行所经销

冶金工业出版社印刷厂印刷

\*

787 × 1092 1/16 印张 8 字数 187 千字

1992年4月第一版 1992年4月第一次印刷

印数00,001~3,500册

ISBN 7-5024-0978-5

TK·10 (课) 定价2.15元

# 前 言

能源是国民经济的重要问题。我国四化建设的进程，人民生活改善的程度，很大程度上取决于能源的供应及利用效果。能源已成为制约我国经济发展的重要因素，尤其在今后实现第二个战略发展目标时，作用更为显著。

我国的能源政策是开发与节约并重，工业企业要把节能放在突出的地位。因此，对热能工程、供热通风等专业的学生、能源管理人员及热能工作者加强节能教育，提高能源管理和经济方面的知识水平与技能，有其重要意义。

广义的节能，不仅注意能源资源的节约，而且还要同时注意原材料等非能源物资以及其它人力、物力、财力的节约。它们与生产工艺联系十分紧密，不同工业企业各有其特殊工艺问题。而能源基础管理与经济问题，是各行各业所有的能源工作者必备的知识与技能。本书除介绍能源形势与政策和全面能源管理的内容而外，侧重于阐述能源基础管理及能源投资经济评价的基本知识。

全书共分四章。第一章为能源概论，主要根据近年来的资料及情况，阐述能源形势、能源与环境、能源政策，以及有关能源的基本知识；第二章为节约能源的科学管理，主要阐述全面能源管理的内容与措施、能源标准化和能源计量；第三章为企业能量平衡，全面阐述企业能量平衡的目的意义、方法、技术指标及验收标准，还简介能源审计及能量的烟分析；第四章为能源投资经济效果评价，阐述经济效果的基本概念、能源投资方案的经济比较条件，及经济效果的计算和评价方法。

本书在加强理论的基础上，强调了实用性和技能的培养。不仅要求学生掌握基本理论及知识，而且还要求：会编制能源计量点网络图；具备拟定能量平衡测算方案，编制能量平衡表及能流图，计算各种能耗，能量利用率和回收率，以及编制能量平衡测算文件的初步能力；会计算简单节能项目的经济效果并进行评价。为了便于初学者的学习，每章之后都附有习题。

本书适用于热能工程、供热通风等专业的教材，也可作为能源管理人员及热能工作者学习班的教材及参考书。

全书除第四章由西安冶金建筑学院王树新编写外，其余各章均由青岛建筑工程学院解鲁生编写。本书由天津轻工业学院张管生教授、北京科技大学徐业鹏教授审稿；东北工学院陆钟武教授也提出了不少宝贵的意见。

欢迎读者提出批评意见。

编 者

1991年10月

# 目 录

<b>1 能源概论</b> .....	1
1.1 能源的概念及分类.....	1
1.2 能源在国民经济发展中的作用.....	3
1.2.1 能源发展的历史.....	3
1.2.2 能源和国民经济发展的关系.....	4
1.2.3 能源消费弹性系数及其在能源预测中的应用.....	5
1.2.4 电能消费与国民经济发展的关系.....	9
1.3 资本主义国家的能源危机与世界能源对策.....	9
1.4 能源与环境.....	10
1.4.1 能源与环境的关系.....	10
1.4.2 粉尘与有害气体的污染.....	11
1.4.3 全球变暖问题.....	13
1.5 我国能源状况、特点和能源政策.....	15
1.5.1 我国的能源资源.....	15
1.5.2 我国能源事业的发展.....	16
1.5.3 我国能源消费及其特点.....	18
1.5.4 我国的能源政策.....	20
习题.....	21
<b>2 节约能源的科学管理</b> .....	22
2.1 节能的全面管理.....	22
2.1.1 节能的概念.....	22
2.1.2 全面能源管理的内容.....	23
2.1.3 节约能源管理的措施.....	24
2.2 能源标准化.....	29
2.2.1 能源标准化及其重要意义.....	29
2.2.2 能源标准体系.....	30
2.3 能源计量.....	33
2.3.1 能源计量器具的配备.....	33
2.3.2 企业能源计量点网络图.....	34
习题.....	41
<b>3 企业能量平衡</b> .....	43
3.1 能量平衡的目的及意义.....	43
3.1.1 能量平衡的定义.....	43
3.1.2 企业能量平衡的目的和内容.....	43
3.2 能量平衡的体系及模型.....	44
3.2.1 能量平衡的体系.....	44

3.2.2	能量平衡的模型	45
3.2.3	能量平衡的类型	46
3.3	能量平衡的测算方法	47
3.3.1	能量平衡的测试和统计	47
3.3.2	能量平衡计算的基准	48
3.3.3	热量计算的基本方法	49
3.3.4	能流图及能量平衡表	49
3.4	能量分析	54
3.4.1	能量分析表	54
3.4.2	有效能量	54
3.5	能量平衡的技术指标	55
3.5.1	能耗	55
3.5.2	效率和能源利用率	58
3.5.3	能量回收率	59
3.6	能量平衡的步骤与考核验收及能源审计	59
3.6.1	能量平衡工作的步骤程序	59
3.6.2	能量平衡的技术考核验收	60
3.6.3	能源审计	61
3.7	焓分析简介	61
3.7.1	能量的数量及质量	61
3.7.2	焓的性质及计算简介	62
3.7.3	焓分析的特点	63
	习题	68
4	能源投资方案的经济效果评价	71
4.1	能源投资方案经济效果评价的主要内容	71
4.2	能源投资方案经济效果评价的程序	72
4.3	研究能源投资方案经济效果的意义	73
4.4	资金的时间价值及利息计算	73
4.4.1	资金的时间价值、利息与利率	74
4.4.2	时间等值的概念	74
4.4.3	现金流量与现金流量图	75
4.4.4	复利计算的基本公式及其应用	76
4.5	经济评价中的基本经济因素	82
4.5.1	投资	82
4.5.2	成本	84
4.5.3	折旧	85
4.5.4	利润	86
4.5.5	税金	86
4.6	经济效果的计算和评价方法	87
4.6.1	最小费用法	87
4.6.2	净现值 (NPV) 法	89
4.6.3	投资收益率法	90

4.6.4	投资回收期法	91
4.6.5	增量投资收益率与增量投资回收期法	93
4.6.6	综合评价法	95
4.7	能源投资方案经济效果的评价实例	97
4.7.1	单个能源投资方案经济效果的计算和评价	97
4.7.2	两个或两个以上能源投资方案的经济效果计算及选优的实例	99
	习题	102
<b>主要参考书目</b>		103
<b>附录</b>		104
1.	石油单位换算及价格的“参照原油”	104
2.	能源计量调查统计表及网络图编制规定	104
3.	企业能流图数据表及能量平衡表	108
4.	钢铁联合企业吨钢可比能耗计算方法	112
5.	《最终能源审计报告》大纲	114
6.	复利系数表	115

# 1 能源概论

## 1.1 能源的概念及分类

凡是自然界存在的，通过科学技术手段能转换成各种形式能量（热能、机械能、电能、化学能等）的物质资源，都称能源。凡自然界原来就存在，即没有经过加工或转换的能源，如：煤炭、石油、天然气、水能、风能、太阳能等，都是一次能源。由一次能源经过加工或转换而得到的人工能源，如：焦炭、汽油、重油、煤气、电能等，都称为二次能源。

地球上的一次能源来源于三个方面。

第一方面是来自地球以外天体中的太阳辐射能。这方面的能量，30%以短波辐射的形式直接反射和散射到宇宙空间，其余70%被大气、海洋、陆地、生物等接受。这70%中有47%左右直接转变成热能，再以长波辐射的形式离开地球；其余约23%就成为一次能源的来源。作为一次能源的太阳辐射能绝大部分使地表的水蒸发成为蒸汽上升至高空，遇到冷空气凝结成雨雪又降落到地面而形成河流，河流水落差而产生的势能就是水能；另一部分照射大气层导致各处由于气温不同而产生气压的差别形成风能，或照射海洋中的水导致由于海水温差而引起的密度不同，和受海风的吹动，产生波浪与海流；还有一部分通过光合作用被植物吸收而使其生成，这些植物若被长久沉积在地下，就形成矿物燃料，如煤炭、石油、天然气、油页岩等。人类和动物由食物中取得的能量也是来自太阳的辐射能。

第二方面是来自地球本身的能量。诸如：地热能、火山能、地震能，以及核燃料（铀、钍、钷）等都属于这类能源。这方面的能源目前可以利用的主要是地下热水、地下蒸汽、热岩等地热能，以及地壳和海洋中蕴藏的各种核燃料。这类能源虽然目前尚未得到大量应

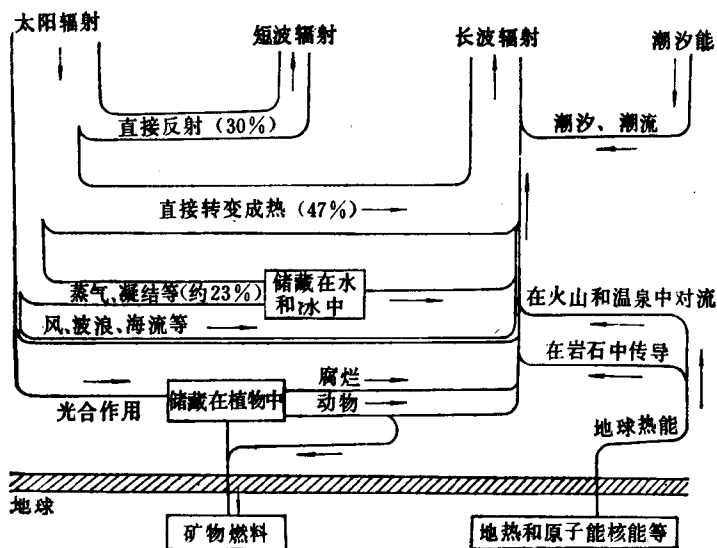


图 1-1 进入和离开地球表面的能量示意图

用，但其前途还是很可观的。据估计地热总能量约为全部煤炭能量的一亿多倍，而海水中每克重氢（氘）在聚变反应中可释放出 $10^{15}$ kWh的能量。

第三方面是地球和其它天体相互作用而产生的能量。例如在天体运动中，太阳和月亮对地球表面的水有着吸引作用而产生的潮汐能，就属于这一类能源。

地球上这三方面能源的能流示意图如图1-1所示。

一次能源还可以根据它们是否能够“再生”而分为“再生能源”与“非再生能源”两类。“再生能源”是指能重复产生的自然能源，它可供人类长期使用而不会枯竭，如太阳能、风能、水能、海洋能、潮汐能、地热、植物燃料等。“非再生能源”是指那些不能重复产生的自然能源，这些能源用一点就少一点，而短期内不会重复产生，所以最终会枯竭。如煤炭、石油、天然气、核燃料等等，都属于“非再生能源”。

按能源的性质，可分为“燃料能源”和“非燃料能源”。“燃料能源”有矿物燃料（煤、油、天然气等）、生物质燃料（柴草、木材、沼气、有机废物等）、化工燃料（丙烷、甲醇、酒精、苯胺、废塑料制品等）及核燃料（铀、钍、氘、氚等）四种。“非燃料能源”多数具有机械能，如风能、水能、潮汐能、海流波浪动能等；有的含有热能，如地热、太阳能等。

表 1-1 能源分类表

按使用情况分类	按性质分类	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	植物燃料（化学能）	泥烟 褐煤 烟煤 无烟煤 石煤 油页岩 原油 天然气（化学能、机械能） (化学能)	煤气 焦炭 汽油 煤油 柴油 重油 液化石油气 丙烷 甲醇 酒精 苯胺 (化学能)
	非燃料能源	水能（机械能）		电（电能） 蒸汽（热能、机械能） 热水（热能） 余热（热能、化学能、机械能）
新能源	燃料能源		核燃料（原子能）	沼气（化学能）
	非燃料能源	太阳能（光能） 风能（机械能） 地热能（热能、机械能） 潮汐能（机械能） 海水热能（热能） 海流波浪动能（机械能）		氢能（化学能）



按能源的使用情况，又可分为“常规能源”和“新能源”；按其对环境保护情况，可分为“清洁能源”和“非清洁能源”。这两种分类方法都是相对的。“常规能源”是指现阶段的科学技术水平下，已被广泛使用，而且技术比较成熟的能源，如煤炭、石油、天然气、水能等。虽然早已被利用，或已引起人们重视，但尚未广泛被利用，或在利用技术方面尚待完善或正在研究中的能源，都称为“新能源”。随着科学技术的发展，新能源的技术日益完善，逐渐被广泛采用，新能源也就成为常规能源。在现阶段，核燃料、太阳能、风能、地热能等都被列为新能源。固体及液体燃料使用时，会产生较大的污染，一般都属于“非清洁能源”。非燃料能源基本都不产生污染，气体燃料能源污染较小，这些能源都称为“清洁能源”。

综合以上所述，可以把常见的能源分类方法归纳如表1-1所示。

## 1.2 能源在国民经济发展中的作用

### 1.2.1 能源发展的历史

能源是人类进行生产和赖以生存的重要物质基础，开始有人类生活，就伴随着有能源的问题。但人类对能源的利用，随着科学技术的进步，有一个发展的历史，这个历史可分为三个时期：

(1) 薪柴燃料时期。人类开始用自己肌肉的力量，钻木取火之后就开始了能源的利用，以树木、杂草为燃料，还利用少量水能和风能为动力。

(2) 矿物燃料时期。煤炭在世界上最早发现和利用的是中国，早在七千年前的新石器时代我国已发现和使用煤炭，1973年辽宁新乐古文化遗址出土一批煤精雕刻工艺品就是一个明证。有文字记载开采和利用煤炭的历史，可追溯到二千五百年前的春秋战国时代。到明朝，我国已掌握地下采煤技术，煤炭已成为炼铁的主要燃料。

在欧洲，1785年英国瓦特发明蒸汽机，把热能转换为机械能，有力地推动了资产阶级工业革命，使手工业生产迅速地过渡到机器大工业生产。这时薪柴已经不能满足工业迅速发展的要求，促使煤炭消耗量的迅速增加，1820年起大量开采煤炭。从1860~1910年这50年间世界能源总消耗量增长3.3倍，煤炭消耗量增长7.3倍，而薪柴只增长0.4倍。煤炭在世界能源消费构成中的比重由25.3%增加到63.5%，而薪柴由73.8%下降到31.7%。

石油和天然气一般相伴而存在，中国利用石油和天然气始于公元前四世纪。公元二世纪，在四川省邛县已有百米深气井，用天然气作燃料和照明。中国最早的气灯，比英国维多利亚时代的气灯早几个世纪。

在欧美，1859年开始使用石油，1881年爱迪生在纽约建立了第一座火力发电站，开始使用电能。二十世纪以来，随着钻探技术的发展，和内燃机的发明与广泛使用，使石油和天然气得到广泛的应用。特别是50~60年代，廉价的石油为工业发达国家的经济发展提供了优越条件，石油和天然气的消费量迅速增长，它在世界能源消费构成中的比重，由1950年的39%迅速增长到1973年的70%。

(3) 核燃料及向新能源过渡时期。1939年德国的哈恩和史特拉斯曼发现了原子核裂变；1945年美国在日本爆炸了原子弹；1952年出现氢弹；1954年英国首先建成了工业用原子核反应堆，苏联建立了原子能发电站，开始使用原子能。

1973年中东战争，石油禁运，造成资本主义国家的能源危机。另外，现在使用主要的

常规能源都是非再生能源，单靠常规能源的强化开采，将会造成能源枯竭。在此形势下，原子能及其它新能源的研究、开发与利用受到重视。但是本世纪仍以矿物燃料为主。

### 1.2.2 能源和国民经济发展的关系

国民经济的发展速度，始终和能源消费量的增长速度成正比。我们从世界历史来考察（见表1-2），从1950到1975年主要工业发达国家中，日本的国民生产总值增长最快，年平均增长率（ $\alpha_{\text{经}}$ ）为8.7%，其能源消费量增长也最快，年平均增长率（ $\alpha_{\text{能}}$ ）为8.8%。然后按顺序为苏联、西德、法国、美国。英国国民生产总值增长最慢（ $\alpha_{\text{经}}$ 为2.6%），能源消费量增长也最慢（ $\alpha_{\text{能}}$ 为1.2%）。

表 1-2 发达国家能源消费量增长与国民经济增长的关系

时期	国别	能源消费量年平均增长率 $\alpha_{\text{能}}(\%)$	电能消费量年平均增长率 $\alpha_{\text{电}}(\%)$	国民经济年平均增长率 $\alpha_{\text{经}}(\%)$	能源消费弹性系数 $\varepsilon = \alpha_{\text{能}}/\alpha_{\text{经}}$	电能消费弹性系数 $\varepsilon' = \alpha_{\text{电}}/\alpha_{\text{经}}$
1950~1975	日本 <sup>①</sup>	8.8	10.1	8.7	1.01	1.16
	苏联 <sup>②</sup>	6.5	10.1	8.3	0.78	1.22
	西德	4.0	8.0	5.4	0.74	1.48
	法国	3.9	7.0	4.8	0.81	1.46
	美国	2.9	6.8	2.3	1.26	2.96
	英国	1.2	6.5	2.6	0.46	2.50
1952~1960	日本	8.3	10.6	8.3	1.00	1.28
1960~1970		12.2	12.0	10.8	1.13	1.11
1970~1975		3.0	6.0	5.4	0.56	1.11

① 日本为1952~1975年；

② 苏联为1951~1975年。

表 1-3 能源消费量与国民生产总值的关系

时 期	国 别	能源消费量 (百万吨标煤)	电能消费量 (亿kWh)	国民生产总值 <sup>①</sup> (亿美元)
1975	美国	2350	20009	15057
	苏联	1411	10386	8660
	日本	402	4758	4906
	西德	330	3018	4247
	法国	209	1785	3357
	英国	295	2722	2295
1950	日本	45.97	449	—
1955		65.53	652	473 (239)
1960		109.18	1155	709 (431)
1965		177.95	1884	1142 (890)
1970		345.52	3595	1969 (1969)
1975		401.88	4758	2560 (4906)

① 日本国民生产总值都以1970年为基础进行物价指数换算而得，美元比值均采用1970年数值。括号内系当年实际数。

从同一国家，不同时期也呈现此正比关系，表1-2中以日本为例，1960~1970年期间 $\alpha_{\text{能}}$ 最大，为12.0； $\alpha_{\text{电}}$ 也最大，为12.2。1970~1975年期间 $\alpha_{\text{经}}$ 最小为6.0， $\alpha_{\text{能}}$ 为3.0也最小。

能源消费量的多少和国民生产总值的大小之间也成正比例关系。任何国家或地区,一般而言,能源消费量多的,其国民生产总值也最大。现以1975年工业发达国家为例(见表1-3),国民生产总值按大小顺序排列为美国、苏联、日本、西德、法国、英国;而能源消费量多少的顺序也基本上相同。再从日本不同时期的数据,也呈现相同规律。

反过来看,若能源不足,能源缺口越大,国民生产总值受其影响而减少的越多。

从上述可见,能源是创造国民财富的很重要的条件,能源不足就会直接影响国民经济的发展,造成很大的损失。所以,早在我国的《工业三十条》中就指出:“能源问题,是一个带有战略性的问题。工业生产发展快慢,在很大程度上看我们能源问题解决得怎么样”。

### 1.2.3 能源消费弹性系数及其在能源预测中的应用

1.2.3.1 能源消费弹性系数及其规律 年均能源消费量增长率与同一时期内年平均国民经济发展增长率的比值,称为能源消费弹性系数:

$$\text{能源消费弹性系数}(e) = \frac{\text{年平均能源消费量增长率}(\alpha_{\text{能}})}{\text{年平均国民经济发展增长率}(\alpha_{\text{国}})} \quad (1-1)$$

从表1-2可以看出,能源消费弹性系数可以大于1,也可以小于1或等于1。(1-1)式中分子所指能源消费量,一般只算商品能源。实际上能源消费总量应包括商品能源和非商品能源。在发达国家里非商品能源消费量在能源总消费量中所占比例很小,但在发展中国家里其占的比例则较大。分析弹性系数的目的,是研究国民经济发展与商品能源消费的关系,因而只算商品能源消费量。在分析我国农村能源情况时,往往把非商品能源消费量也计入。式中分母在资本主义国家,广泛使用“国民生产总值”的增长率( $\Delta GNP$ )来表示国民经济发展的增长率。东欧一些国家,一直使用“国民经济总产值”的增长率来表示;七十年代我国的统计资料中,一直用“工农业总产值”来表示。国民生产总值除了包括相当于工农业总产值中农民收入部分的直接生产物质产品的部门以外,还包括以货币表现的商业、银行、公务人员和生活服务行业等的价值。在计算期间内,若直接生产物质产品的部门,与商业、银行、生活服务行业和公务人员等非物质生产部门的比例没有变化,则用两种不同产值计算的弹性系数完全相同。

弹性系数随着发展国民经济因素的改变,也有其变化的规律。这些规律,主要可归纳为以下几点:

(1) 在各种经济结构和技术经济条件都不变的情况下,弹性系数恒等于1.0。客观条件发生变化时,它不等于1.0,但一旦变化停止,客观条件又稳定在新的水平时,其值又恢复为1.0左右。

(2) 弹性系数的大小与一个国家的经济发展阶段有关。尽管各国的条件不同,但只要处于类似的经济发展阶段,就具有大致相近的弹性系数。图1-2是分析93个发展中国家和地区(其中石油输出国13个,低收入国家27个,中等收入国家和地区53个)和发达国家1960~1972年的弹性系数而得到的数据。发展中国家 $e$ 大于1,收入越低 $e$ 越大。发达国家则 $e$ 比1略小,其原因是发展中国家的经济是处于以农业为主逐步向工业化发展的变动时期,在此过程中,单位产值能耗趋向于增大。而发达国家的经济结构基本稳定,由于先进工艺的采用而使单位产值的能耗有所下降。

美国在1880~1920年之间,日本在1955~1960年之间,和我国第一个五年计划期间,

三者都是工业化初期，由于农业生产比重下降，工业生产比重上升，而工业生产的能源消费较多，因此能源消费弹性系数  $e$  都比 1 大得多。以后，如美国在 1950~1975 年之间，日本在 1960~1975 年之间，和我国第三和第四个五年计划期间，由于技术提高，原材料下降等等原因， $e$  有逐渐下降的趋势，一般为 1、略大于 1 或略小于 1（见表 1-4）。

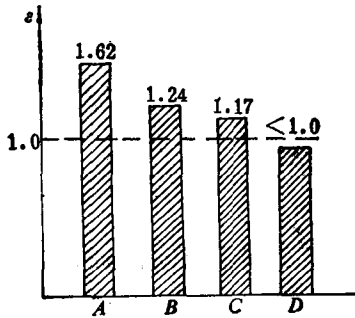


图 1-2 不同经济发展阶段的弹性系数

A—收入少于 200 美元低收入国家；B—收入平均 550 美元中等收入国家；C—石油输出国家；D—发达国家

(3) 工业和产品结构的变化，如改变重工业与轻工业的比重，和改费能型产品为节能性产品等，是弹性系数变化的主要原因之一。

创造同样的产值，不同工业部门的能耗是不相同的。例如：1979 年我国重工业和轻工业每万元产值能耗分别为 37.3 和 8.04 吨标准煤，也就是说重工业的单位产值能耗相当于轻工业的五倍左右。我国从 1949~1959 年，大力发展能耗多的重工业，弹性系数很高，达 1.69。1979 及 1980 年，对工业结构进行改革，提高了轻工业在工业中的比重，使弹性系数下降。1979 年轻工业比重为 41.6%，1980 年上半年提高到 45.5%，仅半年就节约 1070 万吨标准煤。匡算工业结构改变，轻工业比重每提高 1%，每年全国可少用 600 万吨标准煤。

表 1-4 弹性系数变化规律

国 别	时 期	$e$	时 期	$e$
美国	1880~1920	1.65	1950~1975	0.88
日本	1955~1960	1.27	1960~1975	1.01
中国	第一个五年计划	1.38	第三、四个五年计划	$>1$

工业产品不同，其能耗也相差很大，例如，每吨铝材、合成氨、机器制造或轻工产品，其能耗分别为 10 吨以上、3 吨以下、1 吨以下标准煤。行业内部产品结构不同，耗能情况也不同。

(4) 经济政策的变化对弹性系数也起显著的影响。以我国为例，1958 年以后，由于大跃进提出大办钢铁，使重工业产值迅速增加，同时还发展了大批能耗大而产值低的小土群企业，弹性系数急剧上升，最高接近 5，比例严重失调。1963 年以后的调整时期，关闭了大批能耗大的小土群企业，尤其是重工业产值大幅度地下降，使弹性系数远小于 1，甚至为负值。又如：1970 年以来的调整时期，注意了能源问题，不仅抓了节能，而且改革了工业结构和产品结构，使弹性系数下降至 0.3~0.4 左右。

(5) 开展节能工作，提高能源利用率，使弹性系数下降。这可以资本主义国家在 1973 年能源危机前后弹性系数的变化为例。1973 年能源危机以后，原油价格暴涨，对各资本主义国家的经济是一个很大的冲击，各国都对能源政策的研究十分重视，并且大力推行节能措施以降低能耗，因此 1973 年以后这些国家的弹性系数普遍下降。图 1-3 即为美国、西德、英国、法国、日本等七国，1962~1972 年弹性系数，与 1972~1977 年弹性系数的对

比曲线。很显然，能源危机以后，由于采取了节能措施，这些国家的弹性系数都普遍地下降。

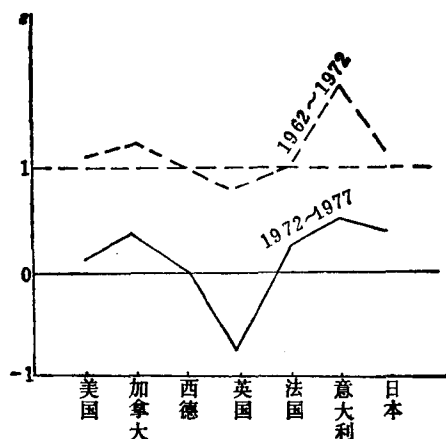


图 1-3 能源危机前后弹性系数对比

从一些资本主义国家发展的历史资料看来，能源结构由煤转向以油气为主的变化，不能看成是影响弹性数值的决定因素。缺能与弹性系数也没有直接的关系，因为缺能将造成一部分生产能力不能发挥作用，而使产值减少。因此，缺能将使能源消费量增长率，和经济产值增长率同时减小，弹性系数将不会发生显著的变化。

(6) 人口的增加，和人民生活水平的提高，都会使能源消费量增加，因而使弹性系数增大。

1.2.3.2 能源预测及分类 能源消费量的增长和国民经济的发展有着密切的关系，如果对过去能源消费的情况进行分析，掌握规律，预测今后各个时期的能源需要量，就能保证能源与国民经济按计划、按比例地发展。能源结构的变化，是历史发展的规律，如果我们能预见这种转变，并根据具体情况制订最优的能源对策，就能保证能源供应向新的结构平稳过渡。因此，能源预测有其极为重要的意义。能源预测一般分为三类：

(1) 近期能源预测：周期为5~10年，由于时间近，国民经济发展的计划或规划比较明确，而能源结构也不可能发生很大的变化，能源供应基地变化也不会很大。因此，近期预测的结果比较确切可信。

(2) 中期能源预测：周期为10~20年，由于时间较远，国民经济发展已难以准确预测，因而中期预测的确切可信程度不如近期预测。但这种预测在拟定能源发展方案时有参考价值，能提出近期内需要开始建设的大型能源工程的规模和种类。因为大型能源工程，往往要在十年左右以后才能显示其效益，而一些新技术或新能源的推广应用，在此期限内还来不及显示出决定性的影响。

(3) 远期能源预测：周期为20~30年或20~50年，这种预测相当粗略，其确切可信程度比中期预测还要差，但却能提出极其重要的战略性问题，对拟定能源建设与能源科学研究政策有很大的意义。我国的能源结构应如何过渡，主要需通过远期预测才能分析清楚。

制订能源计划，近期预测的作用最为直接，但对重要能源基地的建设，和重大技术措施的研究与发展，没有中、远期预测作为参考，往往会陷入盲目性。能源消费弹性系数（以下简称弹性系数）常用于中、远期能源预测。

1.2.3.3 利用弹性系数的预测方法 能源预测是一门较新的科学,其预测方法尚不统一,仍处于探索研究阶段。特别是我国幅员广大,各地区的条件差异较大,如何结合国情,根据我国的社会制度、资源等各方面的特点进行能源预测,尚有很多新课题有待研究。目前提出的预测方法很多,而利用弹性系数的预测方法,是使用较为普遍,也是我国常用的一种预测方法。这种方法称为“弹性系数法”,又称“回归分析法”,常用于中、远期预测。它是根据历史上能源消费量与其影响因素的统计数据,进行回归分析,找出合适的回归系数,确定回归方程,然后由此方程外推,来预测未来的需求量。

影响能源消费的因素很多,如:国民经济的发展速度、人口的增长、工业和产品结构的变化、工业生产水平、能源价格、气候变化、经济政策等等。因此,是一个多元回归方程:

$$E = KM^b R^c J^d G^e \dots \quad (1-2)$$

式中,  $M$ 、 $R$ 、 $J$ 、 $G$ ……,分别表示国民经济产值、人口、结构变化、工业生产水平……等因素;  $b$ 、 $c$ 、 $d$ 、 $e$ ……为相应的回归系数,  $K$ 为常数;  $E$ 表示能源消费量。

从我国历史情况看来,国民经济的发展速度是最主要的影响因素,相对而言,其它因素的影响较小。如果只考虑国民经济产值的影响,则成为一元回归方程:

$$E = KM^b \quad (1-3)$$

$$\ln E = \ln K + b \ln M$$

$$\frac{dE}{E} = b \frac{dM}{M}$$

$$b = \frac{dE}{E} / \frac{dM}{M} \quad (1-4)$$

如前所述,能源消费弹性系数  $e$  的定义为:能源消费量增长率与国民经济增长率之比:

$$e = \frac{\frac{dE}{dt} / E}{\frac{dM}{dt} / M} = \frac{dE}{E} / \frac{dM}{M} \quad (1-5)$$

(1-5)式与(1-4)式对比,显然,回归系数  $b$  就是能源消费弹性系数  $e$ 。只要求得  $e$ ,知道国民经济增长率,则能源消费量增长率可以求得:

$$\text{能源消费量增长率} = e \times \text{国民经济增长率}$$

有时为了简化,弹性系数  $e$  常用分析选取的方法得到。即根据前述弹性系数的变化规律,找出相同时期各国弹性系数的实际数值,按照我国情况与国外情况的差异进行选定。

以上所述,是把整个国民经济作为一个整体,来预测国家总的能源消费量的增长率。弹性系数法,也可以用来预测国家各经济部门的能源消费量增长率。而将所有经济部门的能源消费量增长率加以综合,作为全国的能源消费量增长率;或者以所有经济部门能源消费增长数量的总和,作为全国能源消费的增长数量来进行计算。这种分部门的预测方法,又称“部门分析法”,这种方法与我国现有能源消费统计方法口径统一。

1.2.3.4 人均能量消费法 除弹性系数法外,另一种我国常用的预测方法,是将每年每人平均产值达到某一水平时,每年每人所需消费的能量为基础进行计算,称为“人

均能量消费法”。例如：我国提出2000年每年每人达到1000美元的总产值，统计各国达到类似水平时，每年每人的平均能耗。然后根据我国实际情况，对此平均能耗进行修正，按修正后的平均能耗作为计算基准。只要知道2000年全国人口发展的预测数，就可求出2000年全国所需能量消费总量。这种预测方法较为粗略。

#### 1.2.4 电能消费与国民经济发展的关系

电能是应用最为广泛的二次能源，电能的应用程度是国民经济现代化的一个重要标志。电能消费量的增长，和能源消费量的增长一样，也与国民经济发展的增长，和国民生产总值的增长成正比，这可以从表1-2及表1-3明显看出。

和能源消费弹性系数相似，年平均电能消费增长率 ( $\alpha_e$ )，与同一期间内年平均国民经济发展增长率 ( $\alpha_g$ ) 的比值，称为电能消费弹性系数：

$$\text{电能消费弹性系数 } (e') = \frac{\text{年平均电能消费量增长率 } (\alpha_e)}{\text{年平均国民经济发展增长率 } (\alpha_g)} \quad (1-6)$$

电能消费量增长和能源消费量增长，也有不同之处，那就是：能源消费弹性系数可以大于1（如表1-2中日本和美国），也可以小于1（如表1-2中苏、德、法、英各国）；而电能消费弹性系数恒大于1，这也可从表1-2中明显看出。也就是说电力工业的增长速度，必须大于国民经济增长的速度，这一规律称为“电能超前”。“电能超前”是进行国民经济建设应遵守的规律，但是我国经济建设过程中，电能消费弹性系数小于1，因而造成电力供应紧张。

### 1.3 资本主义国家的能源危机与世界能源对策

自1950年以后，石油广泛被采用，全世界的能源构成发生了很大的变化，这从表1-5可以看出，到1965年以后，石油已成为主要的能源。特别是资本主义国家，石油在能源构成中的比重更大，1973年已占53%。有的国家如日本、意大利、法国等，石油比重已达60~70%。

表 1-5 世界能源构成的变化

年 份	能源产量 (百万吨标油)	能 源 构 成 (%)			
		煤 炭	石 油	天然气	水力、原子能
1900	775	95.0	4.0	0	1.0
1937	2013	69.7	18.9	5.2	6.2
1950	2664	59.3	29.8	9.3	1.6
1955	3426	52.7	34.4	11.2	1.7
1960	4478	48.9	35.8	13.4	1.9
1965	5588	40.6	41.2	16.1	2.1
1970	7420	32.6	46.6	18.7	2.1
1975	8570	30.7	47.2	19.3	2.8
1978	9332	29.8	48.8	18.6	2.8
1988	11511	30.0	38.0	20.0	12.0

但是全世界石油的生产与消费存在这样的关系，那就是很多消费多的国家并不是生产多的国家。以1979年的资料为例，除了苏联、美国、中国三个国家是产油大国也是用油大国而外，其余的用油大国都不是产油大国。苏、美、中三国中，除苏联和中国石油产略大

于消不须进口石油外，美国石油消费量为产油量的1.83倍，也就是说还有45%的石油需要进口。

西方工业发达国家能源不能自给，石油依赖进口，一旦由于某种原因石油进口受限制，引起能源危机，将使这些国家的国民经济发展受到很大的影响，因而爆发经济危机。因此，能源问题受到世界各国的普遍重视，并采取了相应的对策：

(1) 谋求石油的稳定供应，减少对石油进口的依赖程度。努力寻找新的石油资源，特别是加强海上油田的勘探，提高近海地区的石油产量，是解决石油稳定供应的有利措施。例如英国在北海油田的开发取得显著成绩，使其由石油进口国变为石油出口国。

其次，是注意研究新的采油技术，进行多次回采，大力提高石油的采收率。原来采收率平均是30%，最高是40%。如果把采收率提高一倍，就可以使石油延长使用三十年。

另外，发达国家还采取了一些措施，如运用技术与资金力量，积极推进石油与天然气开发的国际合作，以增强石油供应的稳定性。

(2) 扩大煤炭生产，开发原子能，发展新能源，改变能源结构。石油危机发生后，不少国家把希望之一寄托在煤炭上，认为未来能源的缺口，可以由煤炭和核能来填补。大力开发煤炭资源，已成为一些国家能源政策的重要组成部分。为了提高煤炭代替石油的能力，国外正集中力量提高煤的利用技术。煤的气化和液化，日益受到重视。在电厂等炉窑上，采用煤油混烧(COM)技术，这样不必进行大的改造，就可在电厂中使用，以节省燃料用油。

不少国家重新认识到核能的重要性，有的国家已经把发展核能定为国策。

太阳能、生物能、海洋能、风能、地热等再生能源，作为补充常规能源的一支力量，正在被研究开发。发展中国家认为，太阳能及其它再生能源在解决农村能源需求方面可能发挥较大的作用。走能源多样化的道路，是世界能源对策的一大目标。

由于上述的措施，使世界能源结构发生了显著的变化。从表1-5可以看出1978及1988年全世界能源结构的变化。1988年比1979年全世界各种一次能源消费量增加15.6%，而石油消费量下降3.3%，其他能源消费量都有所增加，特别是核能的增加更为显著。

(3) 各资本主义国家有大量的石油储备。国际能源机构(OECD) 23个国家，石油总储备量达4.512亿吨，可供99天使用。

(4) 开展全面节能。各国把节能作为解决能源问题的一项战略性措施，重视能源的合理与有效利用，采取制定省能计划、能源法、采用先进技术与工艺、回收余热和加强科学管理等措施减少能源消耗。

(5) 石油输出国组织——欧佩克(OPEC)控制石油产量。1979年世界十大产油国中，欧佩克组织的国家占七个，但由于欧佩克组织限制石油的产量而使他们的产油量都下降，而非欧佩克组织的国家的石油产量却在增加或基本稳定，这就造成十大产油国在位次上的变化。欧佩克组织的原油生产能力有较大的剩余，其生产能力利用率仅为70%左右。所以当石油供应缺口时，有较大的补偿能力。

## 1.4 能源与环境

### 1.4.1 能源与环境的关系

能源对环境有深刻而广泛的影响。能源从开采、加工、贮运到消费都会对环境产生影



响。主要是造成大气污染和生态破坏，有时也会形成水的污染源。在能源的开采、加工和贮运中，如：矿井瓦斯、煤焦化或气化、炼油废气的排放等都会造成大气污染；酸性矿井水、洗煤水、采油的含油污水和洗井污水的排放等都会形成水的污染；地下采煤引起地陷，水电站建设水库也会使土地淹没、泥沙淤积，或影响鱼类产卵，而破坏生态平衡。但是，当前影响最严重的，还是在能源使用中引起的污染。

除了太阳能、风能、水力能源等清洁能源而外，燃料能源在使用过程中，往往都会产生环境污染，主要是大气污染。

地球周围约有1000km的空气层，沿着这个大气层的高度，可以把这个大气圈分为五层：贴近地面的一层称为对流层，沿高度再向上分别为平流层、中层（散逸层）、热层（电离层）、及外层。对流层的厚度随纬度而异，赤道附近为16~18km，中纬度为10~12km，极地附近为8~9km。对流层厚度在大气层中的比很小，但它的质量却占整个大气层的四分之三。气流在这一层中不仅有剧烈的水平运动，还有大规模的垂直对流运动，主要的气象变化都发生在这一层，而大气污染现象也主要发生在这一层中。其主要污染源为工业企业的废气排放；锅炉、工业窑炉、生活及采暖用炉灶的排气；汽车尾气排放等。主要污染物质是粉尘、二氧化硫、氮氧化物、碳氢化合物及一氧化碳。

平流层中一般无对流运动，平流层中有一个臭氧层，臭氧浓度达10ppm，臭氧层一般分布在25~35km高度处。臭氧对太阳光中紫外线有极其强烈的吸收作用，吸收了高强度紫外线的99%，臭氧层就形成一个阻止紫外线射入的过滤网，为地球上的生命提供了天然的保护屏障。过去研究大气环境问题，都着重于对流层中粉尘及有害气体的污染与治理。最近又提出对流层中二氧化碳等温室气体的增加而引起的温室效应和平流层中臭氧层遭到破坏，而造成的全球变暖问题，认为它是九十年代全球环境问题的中心之一。

现在世界各国的能源结构都是以矿物燃料油、煤为主，这些燃料在燃烧及转换过程中将产生大量的二氧化碳、有害气体及粉尘。非清洁能源的比重越大，煤的比重越大，能源消费量越大，对环境的污染都越严重。因此，能源的结构、消费量和利用技术等因素，对环境污染有密切的关系。同时，由于环境方面的要求，又迫使世界各国都注意能源战略的调整，如：控制矿物燃料的使用、提高能源利用率、推进再生清洁能源的研究、开发和核能的应用等。

#### 1.4.2 粉尘与有害气体的污染

1.4.2.1 粉尘 矿物燃料燃烧所产生的烟尘是大气粉尘污染中主要的污染源之一。通常液体燃料粉尘粒径为0.03~1.0 $\mu$ m；固体燃料煤粉炉为3~100 $\mu$ m，层燃炉为10~200 $\mu$ m。液体和固体燃料中的挥发物和气体燃料相似，其主要成分是碳氢化合物，它在燃烧时如果空气供应充分可以不产生烟尘；如果空气不足或混合不好，则易产生粒径约为0.02~0.05 $\mu$ m的烟尘，称为碳黑。产生碳黑就冒黑烟，碳黑很细，一般除尘器难以消除，故消烟主要从改善燃烧入手，除尘则要设置除尘器。燃料的碳氢比（C/H）越大，越容易产生碳黑。

粉尘的危害是多方面的，它从呼吸道进入人体后，一部分在鼻腔、气管和支气管内滞留，小于5 $\mu$ m的飘尘则进入肺泡，引起各种呼吸道疾病和肺癌。粉尘可以吸附致癌物质、有害气体或细菌病毒等微生物，造成人体各种器官的疾病。粉尘还能散射和吸收阳光，使光照度和能见度降低，这将影响动植物的生长和幼儿的发育成长，还会使城市对电照明的