

• 中国金属学会 •

冶金继续教育丛书



能源经济

金光熙 主编

1988年12月

冶金继续工程教育丛书

能 源 经 济

金 光 熙 主 编

中 国 金 属 学 会

序

中国金属学会组织编写了《冶金继续工程教育丛书》，为大家办了一件好事。积极开展继续教育，对于提高冶金科技人员水平，促进冶金工业的发展，具有重要意义。希望冶金战线各级领导重视这项工作，努力创造条件，为科技人员在职学习提供方便；同时也殷切希望广大冶金科技工作者坚持学习，不断吸收新知识，学习新技术，为实现四化，振兴中华做出更大贡献。

中国继续工程教育协会理事
冶金工业部副部长

徐大铨

一九八八年十二月

前 言

能源经济是一门研究能源资源开发与利用的经济规律的学科。由于能源在国民经济发展和人民生活中所处的特殊地位，由于能源资源的有限和世界性的能源相对短缺，研究如何更经济、更合理、更有效地开发和使用有限的能源资源，愈来愈为人们所重视。

本书是为能源类、经济管理类专业继续工程教育编写的一本教材。在编写过程中，我们力图综合运用技术、经济和管理科学理论，比较系统地讨论能源资源与消费、能源开发与利用、能源平衡、能源节约、能源成本与价格、能源管理和能源工程的技术经济评价等问题，在介绍能源经济基本理论的同时，说明这些理论在实际中的应用。但由于编写时间比较仓促、作者水平所限以及篇幅的限制，书中难免有错误和不妥的地方，恳切地希望读者批评和指正。

参加本书编写工作的，有金光照（第1、2、4章）、王希贤（第5、6章）、徐宗源（第3、7、8章）等同志，由金光照同志任主编。本书编写过程中得到了中国金属学会冶金能源和热能与热工学会的指导和帮助，在此一并致谢。

作 者

1988年12月

目 录

前言

序

1	绪论	1
1.1	能源的概念和分类	1
1.2	能源在社会经济发展中的作用	4
1.3	能源经济学的研究对象	9
2	能源资源、生产与消费	12
2.1	能源消费及其结构	12
2.2	能源资源和生产	18
2.3	能源供需预测	22
2.4	能源资源的保护和综合利用	30
3	能源的开发和利用	33
3.1	能源开发和利用的比选方法	33
3.2	能源开发	34
3.2.1	煤炭资源的开发	34
3.2.2	石油和天然气资源的开发	37
3.3	能源的转换	40
3.3.1	电力超前发展	40
3.3.2	电力生产的技术经济特征	40
3.4	能源的合理利用	42
3.4.1	石油的合理利用	43
3.4.2	天然气的合理利用	45
3.4.3	煤炭的合理利用	45

3.4.4	低发热值燃料的合理利用	46
3.4.5	新能源的合理利用	46
4	能源平衡	48
4.1	能源平衡的基本思想	48
4.2	设备能量平衡及其分析	51
4.3	企业能源平衡及其分析	60
4.4	宏观能源平衡及其分析	62
4.5	能源投入产出分析	65
5	能源节约	72
5.1	能耗指标	72
5.1.1	综合能耗	72
5.1.2	工序单位能耗	74
5.1.3	单位产品的主要能耗	75
5.2	载能体与能值	75
5.2.1	载能体	75
5.2.2	能值	76
5.2.3	节能方向和途径	77
5.3	原材料、燃料的质量对能耗的影响	79
5.3.1	铁水质量对能耗的影响	79
5.3.2	石灰质量对能耗的影响	81
5.3.3	焦炭灰分对能耗的影响	82
5.4	生产工艺对能耗的影响	84
5.4.1	发展连续铸钢	84
5.4.2	逐步取消化铁炼钢	86
5.4.3	特钢生产采用炉外精炼	87
5.4.4	直接轧制法的应用	87
5.4.5	工艺参数的选择与能源合理分配	88
5.5	开发节能产品对能耗的影响	91

6	能源成本与价格	93
6.1	能源成本	93
6.1.1	产品成本概述	93
6.1.2	目标成本	95
6.1.3	成本控制	98
6.2	能源价格	99
6.2.1	价格概述	99
6.2.2	能源价格的制定	102
7	能源管理	107
7.1	能源计划管理	107
7.1.1	计划管理原理	107
7.1.2	能源计划与能源规划的编制	109
7.1.3	改进能源计划管理的途径	111
7.2	能源质量管理	112
7.2.1	产品质量和生产环境	112
7.2.2	产品质量控制	113
7.2.3	质量控制技术	115
7.3	能源设备管理	118
7.3.1	设备更新	118
7.3.2	设备最佳更新时机选择	119
7.4	能源定额管理	121
7.4.1	能源消耗定额的概念和作用	121
7.4.2	能源消耗定额的制订	122
7.4.3	能源定额管理步骤和方法	124
7.5	能源管理中心	124
7.5.1	设置能源中心的必要性	124
7.5.2	能源管理中心的管理范围	125
7.5.3	能源管理中心的职能	125

8	能源工程的技术经济评价	128
8.1	技术经济评价原理	128
8.1.1	基本技术经济术语	128
8.1.2	动态分析原理	132
8.2	技术经济评价方法	137
8.2.1	净现值法	137
8.2.2	净现值率法	137
8.2.3	内部收益率法	138
8.3	能源投资工程的技术经济评价	139
8.3.1	建设项目经济评价内容	140
8.3.2	财务评价	141
8.3.3	国民经济评价	145
8.3.4	不确定性分析	148
8.3.5	经济评价程序和方法	150
8.4	能源改扩建与更新改造项目技术经济评价特征	151
8.4.1	评价方法	151
8.4.2	增量效益的计算	152
8.4.3	改扩建后的效果计算	152
8.4.4	停产或减产损失的处理	152
	附录	153
	参考文献	169

1. 绪 论

1.1 能源的概念和分类

能源是指能够提供某种形式能量的物质。人类在生产和生活中需要的各种各样能量，如热能、机械能、电能、光能等等，都是靠能源提供的。

世界上能供人类利用的能源种类很多。如果按其成因归类，能源可以划分为两大类：一次能源与二次能源。一次能源是指直接从自然界取得且不改变其基本形态的能源，如煤炭、石油、天然气、核燃料、太阳能、生物质能、水力、风能、海洋能、地热能、潮汐能等。世界各国关于能源总产量和总消费量的统计数字，一般都指一次能源。一次能源通过直接或间接加工转换成其他形态的能源，叫做二次能源。主要的二次能源有电力、焦炭、煤气、汽油、煤油、柴油、重油、沼气、酒精、蒸汽、热水等。生产过程中排出的余能，也属于二次能源的范畴，如排放的可燃气、高温烟气、物质的显热等等。一般地说，一次能源加工转换成二次能源后，能源的品位和质量提高了，应用更为广泛和方便。

一次能源按其能量来源大致可分为三类：第一类能源的能量来自地球以外的天体，主要来自太阳。除太阳辐射能以外，煤炭、石油、天然气、油页岩等可燃矿物，薪材等生物质能，水能、风能、海洋能等，其能量都间接地来自太阳

能。第二类能源的能量出自地球本身，包括地热能、地下热水、地下蒸汽、干热岩体等以热形式储藏于地球内部的地热能，以及地球蕴藏的铀、钍等核燃料具有的原子核能。第三类能源的能量是由月球、太阳等天体对地球的引力产生的，如潮汐能。现在开发的能源中，第一类能源是主要的。

一次能源还可按其能否再生而分成再生能源和非再生能源。在自然界可以不断再生并有规律地得到补充，因而能够循环使用的能源叫做再生能源，如水能、太阳能、生物质能、风能、海洋能、地热能等。经过亿万年才能形成、在短期内无法恢复再生的能源叫非再生能源，如煤炭、石油、天然气、核燃料等。随着资源的开发利用，非再生能源的储量愈来愈少，而再生能源却可取之不尽，用之不竭，其开发和利用越来越得到人们的重视。

在众多的能源中，已经得到广泛利用的能源叫做常规能源，象煤炭、石油、天然气、水能等。现在还没有大规模利用或正在研究开发的能源，叫做新能源。有些本来是古老的能源，没有得到充分利用，现在采用先进的方法加以广泛利用，也属于新能源。太阳能、生物质能、风能、海洋能、地热能等，都属这一类。所谓常规能源和新能源是一个相对的概念。过去的新能源，随着开发技术的成熟和使用的广泛，可能变成今天的常规能源了。一般地说，常规能源开发利用的技术比较成熟，经济效益也好，在相当长一段时间内仍是人类使用的主要能源。新能源则是一种很有发展前途的能源。

按能源的形态，又有燃料能源和非燃料能源之分。前者包括矿物燃料、生物燃料、化工燃料和核燃料，其能量以化学能和原子能为主；后者则多数包含机械能，也有的包含着

热能和光能。

能源还可按其他特征分类。例如，根据其贮存和输送的特征，能源可分为载能体能源和过程性能源，前者如各种燃料，后者如风能、水能。又如从环境污染的角度看，能源可分为清洁能源和非清洁能源，前者在使用中对环境无污染或污染小，如太阳能、风能等；后者对环境的污染较大，如煤炭、核燃料等。

由于能源的种类繁多，品质各异，需要有一个统一的度量单位。比较通用的能源度量单位有两个。一是吨标准煤，定义每公斤标准煤的发热量为29.271兆焦耳，即7000大卡。如某种能源的热值为5500大卡/公斤，则折合成标准煤0.786公斤。原油热值10000大卡/公斤，每公斤折标准煤1.429公斤。另一是油当量，以原油当量为1，各种能源换算成标准油，如原煤为0.6—0.65，天然气为0.85—0.9。

从历史上看，人类社会已经历了三个能源时期，即柴草时期、煤炭时期和石油时期。火的发现开始了人类自觉利用能源的新纪元，在此后漫长的时期内，人类一直使用以柴草为主的能源满足生产和生活的需要。18世纪60年代开始的产业革命，使煤炭的开发利用迅速扩大，到19世纪逐步取代柴草而成为主导能源，这种局面一直持续到20世纪中。石油的发现本来早于煤炭，但直到本世纪50年代在美国、中东、北非等地相继发现巨大油田后，才逐渐取代煤炭，成为世界消费量最大的能源。能源结构的每一次重大演变，对促进生产力的发展和世界经济的繁荣都起了不可低估的作用。

我国是一个能源资源大国，煤炭储量占世界第三位，水力资源蕴藏量居世界首位，石油和天然气资源的前景良好。

但按人口计算的能源资源拥有量，我国低于世界平均水平。建国以来，能源工业得到了很大发展，资源的探明储量有了显著增长，能源生产从单一的煤炭结构转化为多元结构，电力工业得到了超前发展，基本上建成了比较完整的能源工业体系。但我国能源供应仍严重短缺，构成了经济发展中的瓶颈环节，致使部分企业生产能力不能充分发挥，经济效益低下，自然生态环境遭到破坏，直接制约了社会发展和经济增长。与此同时，能源浪费又相当严重。因此，研究能源战略，探索能源对策，显得格外重要。

1.2 能源在社会经济发展中的作用

在现代社会中，能源不仅用作燃料和动力，而且是珍贵的化工原料。有机化学工业的8种基本原料乙烯、丙烯、丁二烯、苯、甲苯、二甲苯、乙炔、萘，主要从原油提取。它们经过加工，可制成塑料、合成纤维、人造橡胶、化肥等重要产品。可以说，能源是人类生存、社会发展的物质基础。越是现代化社会，对能源需要量越大。专家们曾估计不同经济发展水平下对能源消费的需求：

(1) 为维持人体最低生活需要，每人每年大约需要消费400公斤标准煤；

(2) 为保证人们丰衣足食，达到现代化生产和生活水平所需的最低限度能源消费量，每人每年约需1200—1600公斤标准煤；

(3) 按目前工业发达国家能源消费水平计算，达到高度现代化时，每人每年需要2000—3000公斤以上的标准煤。

现代化社会是靠大量消耗能源维持的。通常认为，一个

国家的国民经济发展速度和能源消费量的增长速度，大体上存在正比关系。即国民经济发展速度快的时期，能源消费量的增长速度也快，国民经济发展速度减慢时，能源消费量的增长也慢。最典型的例子是日本，如表1-1所示，1952—1960年日本国民经济与能源消费同步增长；1960—1970年间国民经济增长速度提高了，能源消费量也加速增长；1970—1975年在世界能源危机冲击下，国民经济增长速度减慢，能源消费量也呈减速增长。其他国家也有相同的规律。

表 1-1 日本在不同时期国民经济和能源消费增长的速度

年份	国民经济增长速度(%)	能源消费量年增长速度(%)	能源消费增长速度与国民经济增长速度之比
1952—1960	8.3	8.3	1.00
1961—1970	10.8	12.2	1.13
1971—1975	5.4	3.0	0.56

为了探讨国民经济发展速度与能源消费增长速度之间的关系，通常使用能源消费弹性系数这个指标，它的含义是国民经济每增长1%，能源消费增长的百分数，即：

$$\text{能源消费弹性系数} = \frac{\text{年平均能源消费增长率}}{\text{年平均国民经济增长率}} \quad (1-1)$$

实际计算时，能源消费量按商品能源计算，因为非商品能源部分无法统计，且在发达国家中非商品能源所占比例很小，国民经济增长部分由于统计方法不同，市场经济国家用国民生产总值表示，计划经济国家则用国民经济总产值表示。

表1-2列举了几个主要工业国在能源危机前后的能源消费弹性系数。从表中可以看出，各国经济发展速度与能源消

费增长速度虽有同向增减的规律，但能源消费弹性系数的波动是很大的。在能源危机以后，各国能源消费弹性系数大幅度下降。其中英国甚至出现负增长的现象。这说明只要提高能源利用效率，即使在能源消费没有明显增长或不增长的情况下，仍可获得可观的经济增长。我国钢铁工业近年来的发展也证明了这一点。

表 1-2 几个主要工业国的能源消费弹性系数

国家	经济发展速度		能源消费增长速度		能源弹性系数	
	1962—1971	1972—1977	1962—1971	1972—1977	1962—1971	1972—1977
美 国	3.9	2.6	4.3	0.3	1.10	0.12
西 德	4.5	2.1	4.6	0.1	1.02	0.05
英 国	2.8	1.2	2.2	-0.9	0.79	-0.75
意大利	6.4	3.0	8.1	1.5	1.76	0.50
日 本	10.3	4.4	11.7	1.8	1.14	0.41

统计数据表明，即使同一个国家，不同时期的能源消费弹性系数不是一个固定值。因为能源消费弹性系数受很多因素的影响，如能源供应情况，能源有效利用的程度，国家的产业结构和产品结构，居民消费水平的变化，能源政策的改变，等等。传统观点认为，能源消费与经济增长存在大体固定的关系，设定一个经济增长率，即可由能源消费弹性系数预测对能源消费的需求量。这种方法并不是在所有场合下都适用的。

进一步研究可以发现，发达国家和发展中国家在这方面呈现出不同的趋势。表1-3列举了若干国家与地区自1973年

以来石油消费的情况。从表中可以看到，许多发达国家经济增长和能源增长的相关关系正在减弱，而在发展中国家，经济增长和能源消费之间的联系仍然很紧密。应该指出，石油消费虽是能源消费中的主导部分，毕竟不是能源消费的全部，能源危机后发达国家石油消费量的降低，部分地是由于燃料替代和经济衰退造成的。然而这种趋势是明显存在的，其原因比较复杂。进一步的分析超出了本书范围。

表 1 3 1973和1983年某些国家和地区的石油消费

国家或地区	石油消费(百万吨)			变化率(%)
	1973	1983	变化	
北美洲	901.7	773.1	-128.6	-14.3
拉丁美洲	160.3	217.3	+ 57.0	+35.6
西欧	748.9	586.6	-162.3	-21.7
日本	269.1	207.2	- 61.9	-23.0
中东	62.2	90.5	+ 28.3	+45.5
非洲	49.5	79.3	+ 29.8	+60.2
东南亚	72.3	114.5	+ 42.2	+58.4
中央计划经济国家	476.9	652.8	+184.9	+39.5

发展中国家经济发展对能源消费增长的强烈依赖程度，导致了国民经济中另一个重要问题，即能源投资负担过重。据世界银行数据，80年代初发展中国家的国内能源投资约占公共部门总投资的25%左右，多者甚至达40%以上，见表1-4。如果今后发展中国家商品能源需求每年平均增长4%，估计能源投资要高达每年800亿美元，其中70%用于电力部

门，其余用于煤炭、石油和天然气。可是这笔资金筹措相当困难，势必成为这些国家经济发展中的沉重负担。

表 1-4 发展中国家能源投资在政府总投资中所占比重的估计

40%以上	30—40%	20—30%	10—20%	0—10%
阿根廷	厄瓜多尔	博茨瓦纳	贝宁，埃及	埃塞俄比亚
巴西	印度	中国	加纳，苏丹	
哥伦比亚	巴基斯坦	哥斯达黎加	牙买加	
南朝鲜	菲律宾	利比亚	摩洛哥	
墨西哥	土耳其	尼泊尔	尼日利亚	

此外，无论是能源出口国或进口国，能源（尤其是石油）的输出输入是该国外汇收支的主要项目，这对国家的经济发展必然产生巨大的影响。

从生产率观点分析，一般认为能源与资本是互补的，它可以在一定程度上代替劳动力，从而促使劳动生产率的生长。能源价格上涨会减少它对劳动力的替代，从而降低劳动生产率的生长。但是这种关系不是绝对的，因为劳动生产率和能耗的增减都受许多其他因素的影响，能耗和生产率的关系要取决于诸因素变化的综合结果。表1-5列举的1972—1981年

表 1-5 一些国家生产率和能耗的变化率(%)

	日本	法国	意大利	西德	美国
每一雇员净产值	113	45	43	38	25
单位净产值能耗	-54	-38	-33	-22	-24

几个发达国家中劳动生产率与单位能耗变化的关系，说明了

这些国家劳动生产率增长的同时，能源单耗却下降很快。其主要原因是这些国家产业结构变化，转向低能耗、轻型、高附加价值产业的影响。

综上所述，能源在社会经济发展中的作用是重要的，而且其影响又是相当复杂的、深远的。研究能源经济规律对合理地开发和利用能源，促进经济、技术和社会发展，具有非常重要的意义。

1.3 能源经济学的研究对象

能源经济学是一门新兴的边缘学科，它研究能源产业中的经济学问题。

经济学按其考察的对象和研究方法，大体上可以分为宏观经济学和微观经济学两大范畴，前者以整个国民经济活动作为研究对象，后者以单个经济单位和单个市场的经济活动作为研究对象。能源作为国民经济中的一个重要产业，它的经济活动是整个国民经济活动中的重要组成部分，对整个国民经济活动产生重要的影响。与此同时，能源产业又是由许多具体的、单个的生产者组成，通过计划的和市场的机制，为许许多多具体的、单个的消费者所消费。这就决定了能源经济学既从宏观的、总量的角度，又从微观的、个量的角度研究能源产业运动的经济现象和规律。

能源产业和整个国民经济一样，是在生产力和生产关系的矛盾统一中运动的。生产力涉及能源设备、能源资源和从事能源生产的劳动者技能，这都属于能源技术的范畴，生产关系则属于经济学研究的范畴。能源技术和经济是同一事物不可分割的两个方面。一般地说，先进的能源技术常常带来