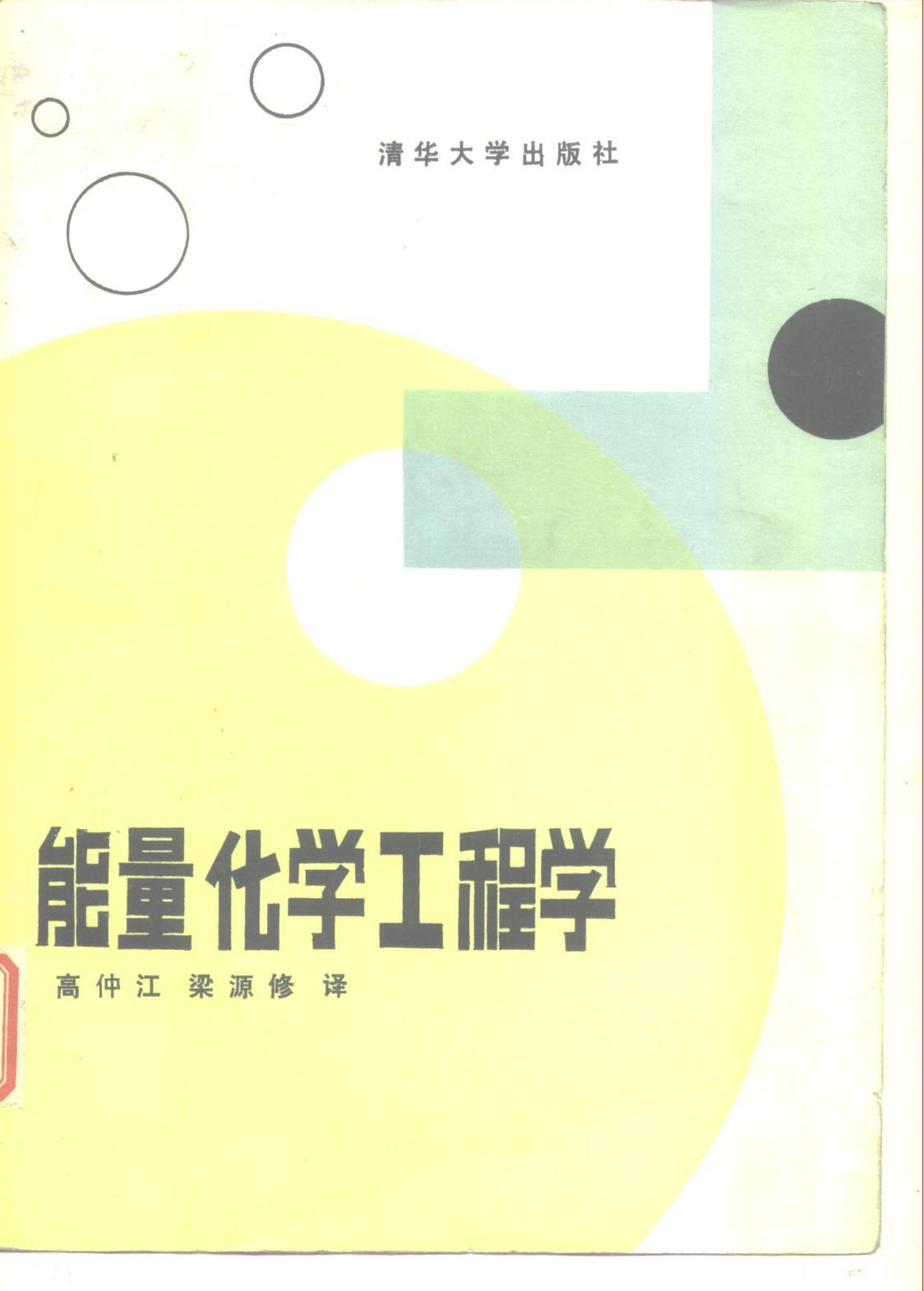




清华大学出版社

能量化学工程学

高仲江 梁源修 译

能 量 化 学 工 程 学

[日] 城冢 正 须藤雅夫 著

高仲江 梁源修 译

清 华 大 学 出 版 社

エネルギー-化学工学

能 量 化 学 工 程 学

[日] 城冢 正 须藤雅夫 著

高仲江 梁源修 译

☆

清华大学出版社出版

(北京 清华园)

北京通县向阳印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

☆

开本: 787×1092 1/16 印张: 11.25 字数: 274 千字

1987 年 10 月第1版 1987 年 10 月第 1 次印刷

印数: 00001~4000

统一书号: 15235·323

定价: 1.90 元

译 者 前 言

能源问题是当今世界上最重大的课题之一。人类发展的历史在某种意义上可以说就是认识能源、开发能源、利用能源的历史。工业革命之后,能源消费剧增,几乎所有的产业或工程学都渗透着能源课题的成果。化学学也不例外,它与能源有更密切的关系,本书的价值就在于它把化学学中与能源(能量)密切相关的部分分离出来,单独形成体系。系统研究能源的供给方法、能量的发生、转换过程,以及从量和质的方面进行评价。

本书内容较新,通俗易懂。书中习题解析详尽,书后附有习题答案。因此本书既适宜教学又适宜广大技术人员进修之用,对有关能源(能量)的科研生产或经济评价也有一定参考作用。

本书由高仲江(序、1、5、6章、附录)梁源修(2、3、4章)合译,最后经高仲江进行了统一整理,不当之处请同志们批评指正。

译 者

1985年5月

216600 / 51

序

本书是讨论有关能量转换利用的化学现象及其过程的入门书。

关于化学反应主要注意反应产品及其制造方法，而本书则着重研究能量供给方法，能量的产生、消失的转换过程、以及其量和质的评价。例如燃烧反应在热能发生技术中的地位，与其他升温技术相比在能量转换意义上的技术价值。

本书讨论热、电、光等各种能与机械功之间相互转换过程中能量的得失，包括传统的反应工程、热力学和单元操作等，从横的方向进行评价。

本书共六章。第一章能源总论、能源供需以及当前和今后的能源课题。第二章关于燃烧技术——热能的最基本发生技术，就气体、液体、固体燃料分类加以叙述。第三章是以化学能为中心的各种能量转换技术，按热化学反应、电化学反应、光化学反应、生物化学反应四类进行考察。第四章新的替代能源的焦点——煤炭和重质油的利用技术。重质油分解技术对发展煤的综合利用技术十分重要。书中特别对各种技术的特点、操作条件和生成物进行了比较说明。第五章能量利用的评价方法。特别列举了许多例子，从基础上讨论有效能平衡的应用，对化学过程的能量解析也做了深入的研究。第六章节能和新能源系统的展望。在综述各章要点的基础上对整个能源问题进行了归纳。

本书可作为大专院校教科书，全学年可讲授全部内容，半学年可以1、3、5、6章为主，适当导入2、4章。书中有关能量技术的论述和计算例题相信对现场化工技术人员、热能管理人员以及化学系学生都是有帮助的。如果要进一步深入学习可做练习题和查阅引用文献原文。

本书编写过程中参考了大量书籍和文献，特此表示谢意。

并且对在出版方面始终给以支持的昭晃堂编辑部的小林孝雄先生、佐藤光子小姐表示衷心感谢！

城冢 正

须藤雅夫

1981年8月

目 录

第一章 绪 论

1.1 能的概念	1
1.2 能源的特征	2
1.3 世界能源的供需	3
1.4 日本的能源供需	6
1.5 能源流程	9
1.6 能量化学工程学体系	11
练习题	12

第二章 燃料与燃烧技术

2.1 化石燃料的燃烧	14
2.1.1 化石燃料的分类和特征	14
2.2 燃烧计算	16
2.2.1 理论空气量和产生气体量	16
2.2.2 实际空气量和实际燃烧气体量	18
2.2.3 燃烧气体的成分	18
2.2.4 发热量	21
2.2.5 燃烧气体的温度	22
2.3 气体燃料的燃烧技术	25
2.4 液体燃料的燃烧技术	27
2.5 固体燃料的燃烧技术	28
2.6 防止燃烧排气污染大气的技术	32
练习题	34

第三章 能量的化学转换技术

3.1 能量的化学转换	36
3.2 利用热化学反应的能量转换技术	37
3.2.1 热化学反应制氢技术	37
3.2.2 热能与化学能的相互转换	41
3.3 利用电化学反应的能量转换技术	45
3.3.1 电化学反应的特点	45
3.3.2 电化学反应速度和过电压	46
3.3.3 燃料电池的能量转换	48
3.3.4 电化学反应能量的贮存	51
3.4 利用光化学反应的能量转换技术	55
3.4.1 光化学反应的特点	55

3.4.2 利用光化学反应制造高能物质·····	58
3.4.3 光电转换技术·····	60
3.5 利用生物化学反应的能量转换技术·····	62
3.5.1 生物化学反应的特点·····	62
3.5.2 利用光合成的能量转换·····	62
3.5.3 利用微生物的能量转换·····	63
练习题·····	67
第四章 煤和重质油的利用技术 ·····	69
4.1 新型替代能源的开发技术·····	69
4.2 煤气化技术·····	71
4.2.1 煤气化技术的特点·····	71
4.2.2 煤气化技术的分类·····	74
4.2.3 低热值气化·····	75
4.2.4 高热值气化·····	78
4.3 重质油分解技术·····	79
4.3.1 重质油的特点·····	79
4.3.2 重质油分解技术的分类·····	81
4.3.3 重质油分解技术·····	84
4.4 与气化过程有关的单元技术·····	87
4.5 甲烷化技术·····	89
4.6 煤液化技术·····	91
4.6.1 煤液化技术的分类·····	92
4.6.2 直接液化法·····	94
4.6.3 溶剂加氢法的单元技术·····	95
4.6.4 煤液化的反应速度·····	98
4.6.5 物料平衡和产品组成·····	101
4.6.6 间接液化法·····	103
练习题·····	105
第五章 能量系统的评价 ·····	106
5.1 能量利用的评价·····	106
5.1.1 热平衡·····	106
5.1.2 焓平衡·····	109
5.2 热力学第二定律·····	112
5.2.1 熵·····	112
5.2.2 最大功与有效功·····	116
5.3 有效能·····	118
5.3.1 有效能的定义·····	118
5.3.2 有效能的计算方法·····	120
5.3.3 有效能的平衡·····	124

5.4 化学过程的能量解析·····	127
5.4.1 传热过程·····	128
5.4.2 反应过程·····	132
5.4.3 分离过程·····	133
练习题·····	138
第六章 新能源系统 ·····	141
6.1 节能系统·····	141
6.1.1 节能对策与课题·····	141
6.2 新能源系统·····	144
6.2.1 氢能系统·····	145
6.2.2 一碳化学系统·····	147
6.2.3 从废物中回收能源系统·····	152
6.2.4 公共能源系统·····	154
6.2.5 原子能发电热能的利用系统·····	155
6.2.6 炼钢余热的利用系统·····	156
练习题·····	159
练习题略解 ·····	160
附 录 ·····	164

第一章 绪 论

1.1 能的概念

给“能”下个定义是非常困难的，它较难象物质那样直接表述出来。能有种种形态，与入类较密切的能有热能和机械能，从这个角度来看所谓能就是“可做功的能力。”燃料和动力作为能源来评价时，其价值是通过使用时做的功来决定的。热与功的转换是通过热力学系统实现的。此外，包括电能、化学能等在内无一不遵守能量守恒定律。能是一定的，既不能产生也不能消灭，因而，为了做某种功就必须把能变成可以使用的形式。在地球上，除去太阳能以外，化石燃料是最大的能源，它可以通过化学反应变成容易输送和贮存的形态。化学反应是通过化学方法使物质发生变化的过程，同时伴有能的形态的变化。

这样就可以得到供使用的二次能源。二次能源再进一步经过形态的变化，输送和贮存而变成最终能源，其中大部分作为不能使用的低级能释放。能量不能全部变成功。

所以价值高的能才是重要的。虽然价值低的能大量存在，但却难以利用。有效能(availability 或 exergie)的量是很重要的，因为它可以表示能在其周围环境下的价值。

表示能的单位是尔格(erg)， 10^7 尔格等于 1 焦耳(joule)，用 J 表示。热量单位是卡(cal)， $1\text{cal}=4.186\text{J}$ 。此外还使用英热单位(BTU*)(British Thermal Unit)或 Q 和 mQ (也可用 quard 表示)， $1\text{BTU}=0.252\text{kcal}=1.055\times 10^3\text{J}$ ， $1\text{Q}=10^{18}\text{BTU}$ ， $1\text{mQ}=1.055\text{EJ}$ 。把化石燃料的质量换算成实际发热量时常以吨(ton)作为单位。1 百万吨石油的发热量(Mton)相当于 $1.05\times 10^{13}\text{kcal}=4.4\times 10^{-2}\text{EJ}$ ，1 百万吨煤(Mton)则约相当 $7\times 10^{12}\text{kcal}=2.95\times 10^{-2}\text{EJ}$ 。

作为动力评价时，1 秒做 1 焦耳的功其功率为一瓦特，因此， $1\text{kWh}=3.6\times 10^6\text{J}=860\text{kcal}$ 。

表 1.1 能量的单位换算

J	BTU	kcal	kWh
1	9.483×10^{-4}	2.389×10^{-4}	2.778×10^{-7}
1054.5	1	0.2520	2.929×10^{-4}
4185.5	3.969	1	1.163×10^{-3}
3.6×10^6	3413.8	860.1	1

表 1.2 表示各种能源的平均发热量。

* 1BTU 为 1b(450g)的水从 60°F 上升到 61°F 所需的热量。

* * EJ= 10^{18}J 。

表 1.2 能源的平均发热量

能 源	单 位	平均发热量 [kcal]	能 源	单 位	平均发热量 [kcal]
电 力	kWh	2450 (热效率35.1%)	液化石油气	kg	12000
			精制煤气	m ³	20000
			其他石油产品	l	9400
石 油:			天 然 气:		
原 油	l	9400	油田气等	m ³	9800
汽油、石脑油	l	8600	煤 田 气	m ³	8000
煤油、润滑油	l	8900	液态天然气	kg	13000
柴 油	l	9200			
重 油	l	9900	核 燃 料		
			天 然 铀	kg	68.11×10 ⁶
			(U ²³⁵ =0.72金属)		
高 炉 气	l	40年12月止 900 41年1月起 800	蜂 窝 煤	kg	5400
			煤 球	kg	6800
			煤 炭:		
焦 炉 气	m ³	40年12月止 4200 41年1月起 4800	精煤(国产)	kg	以每年平均品值换算 7700 37年度止 3800 38年度起 3950
			精煤(进口)	kg	
转 炉 气	m ³	2000	杂 煤	kg	
城市煤气	m ³	10000	(含低品位)	kg	
褐 煤	kg	4100	焦 炭	kg	6800
木 柴	m ³	1540×10 ³			
木 炭	kg	7000			

1.2 能源的特征

本章就各种一次能源，特别是化石燃料的石油、煤炭、天然气、焦油砂、油页岩和太阳能、自然能以及核燃料等资源的贮量及利用现状进行分析。能源可分为非再生能源和可以再生的能源，图 1.1 表示其分类情况。非再生能源在地球上是有有限，尽管有一定的贮藏量，但早晚有枯竭的时候。另一方面，可再生能如风力、海浪等自然能，以及水力、生物能等，这些能只要太阳系存在就可以指望得到，它比非再生能的使用年限更长。现在以非再生能的利用为中心，其应用技术被称做硬能路线，以再生能应用技术为中心的路 线被称 做软 能路线^[1]。

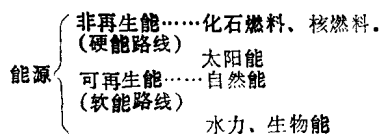


图 1.1 能源的分类

表 1.3 对两者进行了比较，非再生能源将按石油、天然气、煤炭、核燃料的顺序依次枯竭，因而主要能源将相继更迭，故必须随之进行技术革新；另一方面，可再生能源虽然有很

表 1.3 非再生能源与可再生能源的比较

非 再 生 能 源	可 再 生 能 源
能源集中 能源规模大 要求环保措施 能源将会枯竭 能源供给可加以控制	能源分散 能源可就地供给 能源规模小 能源转换率低 潜在能源大 能源供给不连续

大的潜力,但是不能指望它能满足对整个能源的巨大需求。因此,一方面要进行非再生能源的转换;另一方面要不断提高可再生能源的比重,这样,把体制搞完整是十分重要的。

1.3 世界能源的供需

世界上主要的能源是石油、天然气、煤炭、焦油砂、油页岩和铀。上述各种能源贮量如表 1.4 所示。

表 1.4 世界能源贮藏量^[2]

		石 油	天 然 气	煤 炭	焦油砂油页岩	铀
最大贮量		(注4) 2Mbb1	140~170 Mm ³	10Mt (其中高品位 煤占7.7Mt)	(注2) 焦油砂210Gt 油页岩200Gt	不 详
探明可采量 (R)		78年 640Gbb1	77年 71Mm ³	640Gt 高品位煤 490Gt		75年1月 15美元/lb以下 1.08Mt 15~30美元/lb以下 0.23Mt
不同地区贮藏情况	北 美	5.4%	10.6%	24.7%	88.0%	34.3%
	中 南 美	6.4	4.3	0.2	0.2	2.0
	西 欧	3.7	5.5	1.1	1.1	26.9
	中 东	57.7	28.6	—	—	—
	亚太地区	3.1	4.9	8.5	8.5	15.6
	非 洲	9.0	8.2	0.8	0.8	21.2
社会主义国家		14.7	37.9	41.7	1.4	不详
年生产量(P)		78年22Gbb1	77年1526Gm ³	77年2.47Gt	少 量	74年18500t
R/P		全世界29年	全世界47年	全世界200年	大	98年
(注1) 换算成石油		102Gt	70Gt	高品位煤301Gt	—	(注3) 17.8Gt

(注 1) 将探明可采量换算成石油。

(注 2) 焦油砂和油页岩目前达不到经济规模可采量。

(注 3) 这是不经后处理使用轻水反应堆的情况(铀利用率0.5%),若使用增殖反应堆其利用率可达60~70%,利用率提高100倍。

(注 4) 1bb1=0.159kl。

工业革命以来，能源的中心是煤炭，可是到了1940年前后石油上升为中心，石油作为化学原料的基础原料的作用日益扩大，从而导致了石油不足。煤炭在历史上是最早开发的，其资源十分丰富，但却被石油抢占了能源的鳌头，这是因为石油的生产、运输、贮藏条件远比煤炭优越的缘故。

西方各国一次能源的供给情况如下：1950年换算成石油是16.8亿吨(74EJ)，1975年是43.4亿吨(191EJ)，约增加了1.6倍。关于能源构成，1950年煤炭占50%以上，可是到了1973年石油危机前夕石油占52.6%，煤炭占21%，煤炭比例减少了。1975年全世界能源的供给量换算成石油为61.3亿吨，石油约占44%。

不同地区和国家能源构成比如图1.2所示，差别很大。美国、加拿大的能源较分散，日本、法国的能源主要依赖进口石油，英国、西德比其它国家使用煤和天然气较多，荷兰50%能源依靠天然气。

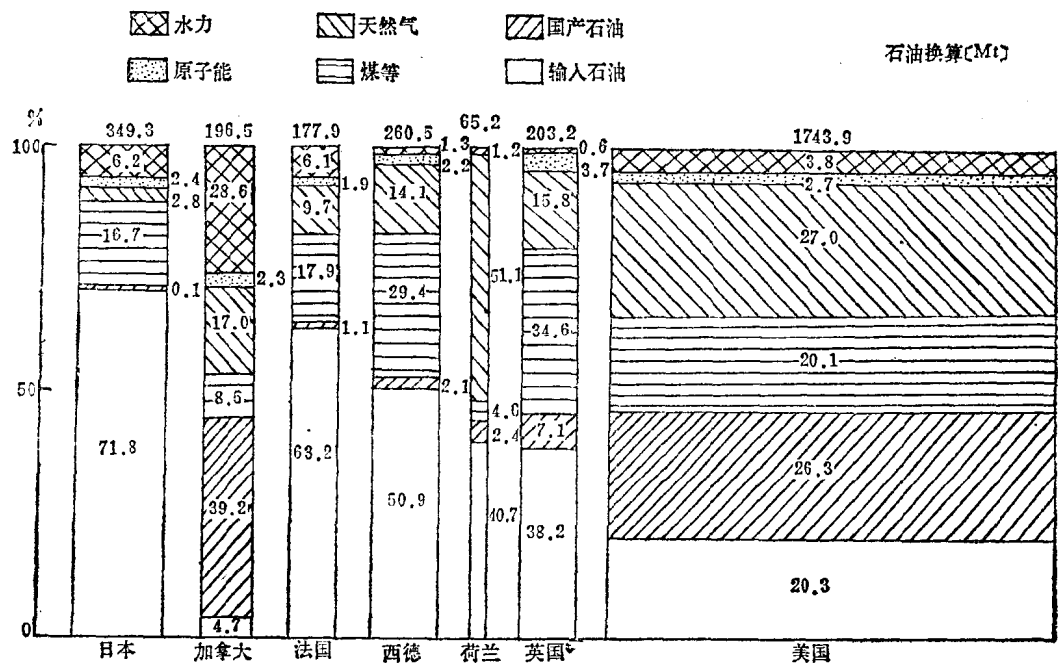


图 1.2 主要发达国家的能源构成(1976年)

能源消费与经济成长之间有密切的关系。从国民生产总值(GNP)中除去海外所得为国内生产总值(GDP)，与一次能源消费之间的关系如下：发达国家与1000美元GDP相当的一次能源消费量折算成石油为0.5—1.1吨(toe)*。八个发达国家中美国能源消费最高，占八国总消费的50%以上。国民平均消费能源最多的是加拿大，为8.74toe，美国8.3toe，瑞典6.05toe，其他各国为3—4toe，日本的GNP与能源消耗的关系如表1.6表示。

表1.7表示世界能源的需求与供给情况。表中(B)－(A)项为正值时需求是国内供给的，

* toe是ton oil equivalent 的缩写，意为吨油当量。 —译者

表 1.5 西方各国能源供给^[3](换算为石油, Mtoe)

	1950年	1955年	1960年	1965年	1970年	1973年	1975年
石 油	494 (29.4)	700 (34.3)	914 (38.6)	1307 (48.9)	1937 (49.3)	2340 (52.6)	2192 (50.5)
天 然 气	177 (10.5)	272 (13.3)	838 (16.4)	509 (17.1)	734 (18.7)	831 (18.7)	821 (18.9)
煤 炭	920 (54.7)	949 (46.4)	897 (37.9)	942 (31.7)	970 (24.7)	935 (21.0)	929 (21.4)
原 子 能							
水 力							
新 能 源	91 (5.4)	123 (6.0)	167 (7.1)	217 (7.3)	285 (7.3)	340 (7.7)	7.7 (1.8) 319 (7.4)
计	1682 (100)	2044 (100)	2866 (100)	2975 (100)	3928 (100)	4446 (100)	4338 (100)

* 括号外数字单位为 Mtoe,
括号内数字为百分比率。

表 1.6 一次能源消费与GDP的关系^[4](1977年)换算成石油

国 名	一次能源消费(Mtoe)	平均每人能源消费(toe/人)	与GDP相应的能源消费 (toe/1000美元, 1975)
美 国	1799.22	8.30	1.06
加 拿 大	203.36	8.74	1.15
英 国	211.50	3.79	0.97
法 国	178.50	3.36	0.51
西 德	261.82	4.26	0.62
日 本	350.46	3.08	0.62
意 大 利	138.60	2.46	0.70
瑞 典	49.99	6.05	0.73

出处: Energy Balances of OECD Countries, International Financial Statistics Yearbook(1979).

表 1.7 世界能源供需表(1977年)(换算成石油, Mtoe)

国 名	需求(A)	供 给 (B)							(B)-(A)
		煤 炭	石 油	天然气	原子能	水力等*	新能源	计	
美 国	1817.0	394.4	469.2	449.9	63.8	55.2	0	1432.4	-384.6
加 拿 大	203.4	15.7	77.2	59.9	6.7	56.2	0	215.7	12.3
日 本	342.9	11.2	0.6	2.7	7.2	17.4	0	39.1	-303.8
英 国	214.3	71.1	39.1	34.4	9.9	1.0	0	155.8	-58.5
西 德	264.7	83.6	5.5	14.9	8.6	4.2	0	116.7	-148.0
法 国	183.9	16.7	1.0	61.6	4.2	17.9	0	46.4	-137.5
意 大 利	143.8	1.2	1.1	11.5	0.8	13.0	0	27.6	-116.2
其他EC	153.4	11.5	1.2	74.7	3.5	0.4	0	92.2	-61.2
E C	950.1	184.1	48.9	142.4	27.0	36.5	0	438.8	-521.3
其他OECD	351.7	90.7	42.2	11.6	8.8	64.0	0	217.4	-134.3
OECD计	3675.1	696.1	638.1	666.5	113.5	229.3	0	2343.0	-1331.7

续表

国 名	需求(A)	供 给 (B)							(B)-(A)
		煤 炭	石 油	天然气	原子能	水力等*	新能源	计	
中 进 国**	208.8	20.8	58.0	22.0	0	33.9	0	134.7	-74.1
OPEC	340.7	1.0	1585.4	241.5	0	5.2	0	1833.2	1492.5
发展中国家	327.6	58.8	149.0	45.3	1.5	35.0	0	299.5	-28.1
其 他	106.3	67.7	4.0	1.7	0	6.7	0	80.1	-26.1
西方世界计	4658.4	854.4	2434.5	976.9	115.0	310.1	0	4690.9	32.5
苏 联	979.3	350.2	546.0	279.7	8.3	35.0	0	1219.2	239.9
东 欧	405.1	267.1	21.1	44.6	2.7	5.4	0	340.9	-64.2
中 国	455.2	339.0	94.0	14.0	0	19.2	0	466.2	11.0
世 界 计	6498.0	1810.7	3095.6	1315.0	125.9	369.7	0	6717.1	229.1

*) 水力中包含地热。

**) “中进国”指在发达国家与发展中国家之间的中等水平的一些国家。——译者注

(注) (A): 含库存;

EC: 欧洲共同体; OECD: 经济合作与开发组织;

OPEC: 石油输出国组织。

如加拿大、石油输出国组织(OPEC)诸国、苏联、中国等;差是负值,为需求依赖进口的情况,这有美国、日本等国。供给不足最大的是美国,不足量为 $3.8 \times 10^8 \text{ toe}$, 日本为 $3 \times 10^8 \text{ toe}$, 西德为 $1.5 \times 10^8 \text{ toe}$, 能源依赖进口最大的是日本, 占总能源供给的88%, 其次是法国, 占76%, 西德占57%。

1977年世界能源消费从表1.7看为273EJ, 其中约占56%的154EJ为经济合作与发展组织(OECD)各国所消费, 日本能源消费14.4EJ约占世界总消费的5%, 西方世界总消费量196EJ的7.3%。美国总消费量为76.3EJ, 是日本的5倍多。今后美国不应再继续大量消费能源, 应该注意节省能源。另一方面, 能源缺乏的日本能否继续消费约占西方世界总消费量8%的能源, 这在很大程度上取决于今后的国际政治形势和经济形势。

1.4 日本的能源供需

日本是缺乏能源的国家, 水力、煤炭等一次能源的利用极少, 表1.8表示日本能源贮量。若用表1.2换算, 则煤炭1公斤相当于7000kcal。水力发电每年更新, 一年可运转3500小时。日本煤炭如果全部开采出来可供400年使用。日本再生能源中最大的是水力, 其次是煤炭。石油和天然气几乎没有。

表 1.8 日本的能源贮量(1975)

	贮 量	能 量(EJ)	构 成(%)
煤 炭	$19 \times 10^9 \text{ t}$	561	33.4
石 油	$4.6 \times 10^8 \text{ kl}$	0.18	0.01
天 然 气	$11 \times 10^9 \text{ m}^3$	0.45	0.03
水 力	$77 \times 10^6 \text{ kW}$	1114	66.4
木柴、木炭	$318 \times 10^6 \text{ m}^3$	2.07	0.12

因此日本的一次能源供给大部分依赖进口。表 1.9 表示日本国内能源与进口能源构成比的变化,国内能源与其说增加了不如说减少了,这是由于进口优质煤和不再使用木炭等木质能源的缘故。1975 年国内能源比率是 12%,其中水力占 5.8%,煤炭占 3.3%,原子能占 1.7%。进口能源比率是 73%,其中主要是进口石油,每天约 5Mbb1。

表 1.9 日本能源供给变迁(10¹⁸kcal)

	1955年		1965年		1975年	
	供给量	比 率	供给量	比 率	供给量	比 率
水 力	11.883	(21.2)	18.722	(11.3)	21.047	(5.3)
原 子 能	—	—	9	(0.0)	6.156	(1.7)
煤 炭	27.562	(49.2)	45.217	(27.3)	60.192	(16.4)
国产	25.097	(44.3)	31.637	(19.1)	12.285	(3.3)
进口	2.465	(4.4)	13.580	(8.2)	47.907	(13.1)
进口焦炭	—	—	33	(0.0)	38	(0.0)
褐 煤	573.	(1.0)	224	(0.1)	22	(0.0)
石 油	11.301	(20.2)	96.704	(58.4)	268.812	(73.3)
国产	335	(0.5)	740	(0.4)	656	(0.2)
进口	10.966	(19.6)	95.964	(58.0)	268.156	(73.1)
天 然 气	238	(0.4)	2.008	(1.2)	2.663	(0.7)
液化天然气	—	—	—	—	6.728	(1.3)
木 炭	4.459	(8.0)	2.697	(1.3)	983	(0.3)
国内能源	42.585	(76.0)	56.037	(33.5)	43.812	(12.0)
进口能源	13.431	(24.0)	109.577	(66.2)	322.829	(88.0)
总 计	56.016	(100)	165.614	(100)	366.641	(100)

图 1.5 表示日本从明治时代开始 GNP 与能源需要的推移变化。在日中战争、日俄战争,第一次世界大战和第二次世界大战以前,能源需求每年增长 4.5%,GNP 增长 4.3%,其能源弹性率为 1.05。战后 GNP 与能源消费减少了 1/2。朝鲜战争以后,日本经济明显恢复,能源需求每年增长 9.9%,GNP 增长 9.3%,弹性率高达 1.06。1977 年能源消费达 14.4EJ。

然而石油危机以来,经济徘徊不前,预计直到 2000 年,日本的 GNP 年增长率将从 6.1% 下降到 5%,能源消费增长率也会从 5.5% 下降为 4%,弹性率变化为 0.8—0.9,趋向与欧美拉平。

日本的一次能源供给,如前所述大约 75% 依靠进口石油,国产能源约占 10%,1980 年的需求约为 1960 年的 4 倍,其中大部分是靠进口。要想回到 20 年前能源消费的状态是不可能的。今后日本必须发展原子能、天然气、煤炭等能源。到公元 2000 年需要能源大约为目前的 2 倍以上,即 35 EJ。如果石油的进口情况不能指望比现状更好的话,就应该努力推进原子能发电,扩大煤炭利用等,以摆脱主要依赖进口石油这种状态。

表 1.10 是综合能源调查会供需部“长期能源需求预测草案”的中间报告。根据这个报告进口石油达 366Mkl,其它能源需求也都大幅上升。预计到 1990 年能源构成比进口石油占 50%,同时也期待着扩大节能比率。根据石油工业法第三条在年初制定了今后五年石油供给计划,上述报告就是在此计划基础上修定而成的。不过按国民人均能源消费,我国在发达国家中并非高者,所以未必能指望节能率会提高多少,那时如果能源开发稍有迟缓,则必须考虑新的对策。

表 1.10 长期能源需求预测草案^[8](1979年8月28日)

项 目	年 度	1977年(实际)	1985年	1990年	1995年
节能前需求		4.12×10 ¹¹ J	6.62×10 ¹¹ J 12.1%	8.22×10 ¹¹ J 14.8%	9.73×10 ¹¹ J 17.1%
节能率					
节能后需求			5.82×10 ¹¹ J	7.00×10 ¹¹ J	8.07×10 ¹¹ J
能 源	区 分	实 数	构 成 比 (%)	实 数	构 成 比 (%)
水 力	一、般水力	1.81×10 ⁷ kW			
地 热	水	8.05×10 ⁵ kW	4.8	2.60×10 ⁷ kW	4.6
国内石油、天然气		1.50×10 ⁸ l	0.0	2.70×10 ⁷ kW	3.35×10 ⁷ kW
国内煤炭		3.79×10 ⁸ l	0.9	7.30×10 ⁸ l	1.42×10 ¹⁰ l
原子能		1.972×10 ¹⁰ t	3.2	9.50×10 ⁸ l	1.40×10 ¹⁰ l
进口煤炭		8.00×10 ⁵ kW	2.0	2.00×10 ⁷ t	2.00×10 ⁷ t
【其中一般煤】		5.339×10 ⁷ t	11.6	5.30×10 ⁷ kW	7.80×10 ⁷ kW
液化天然气		【9.5×10 ⁵ t】		1.435×10 ⁸ t	1.78×10 ⁸ t
新燃料油、新能源		8.39×10 ⁸ t	2.9	【5.35×10 ⁷ t】	【8.05×10 ⁷ t】
小 计		3.10×10 ⁸ l	0.1	4.50×10 ⁷ t	5.00×10 ⁷ t
		1.05×10 ¹¹ J	25.5	3.85×10 ⁸ l	6.10×10 ¹⁰ l
				3.50×10 ¹¹ J	4.59×10 ¹¹ J
进口石油		3.07×10 ¹¹ J		3.66×10 ¹¹ J(3.50×10 ¹¹ J)	3.66×10 ¹¹ J(3.48×10 ¹¹ J)
【含液化石油气】		【7.39×10 ⁸ t】	74.5	【2.60×10 ⁷ t】	【3.30×10 ⁷ t】
供给合计		4.12×10 ¹¹ J	100	7.16×10 ¹¹ J(7.00×10 ¹¹ J)	8.25×10 ¹¹ J(8.07×10 ¹¹ J)
供给-需求		—	—	1.60×10 ¹⁰ l(—)	1.80×10 ¹⁰ l(—)

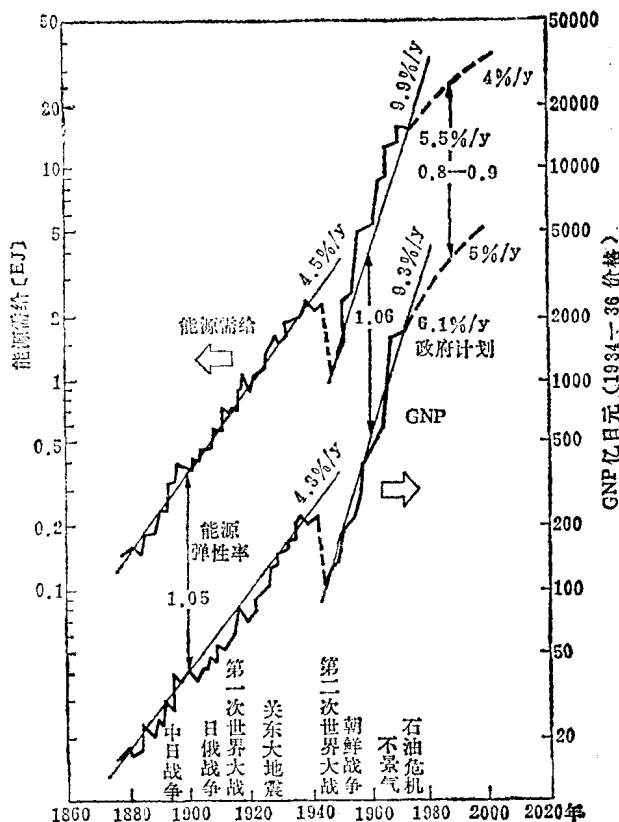


图 1.5 日本 GNP 与能源需求^[7]

1.5 能源流程

一次能源变成可以使用的二次能源并被各部门利用时,所提供的能不会全部变成功,其中如发电和输电损失,石油精炼和转换时的损失,以及作为低级能的热能损失等约占64%,转变成功的约为36%。

供能系统可用能源流程图表示,图 1.6 是日本 1977 年的实际情况。二次能源的需要量为 279.6×10^{13} kcal (11.7 EJ), 占一次能源供给量 354.4×10^{13} kcal (14.8 EJ) 的 79%。

为了减少损失,应该追求电力转换的高效率和提高输电效率,同时也应该研究目前尚被废弃的低热能的回收利用问题。图 1.7 是根据不同部门能源消费流程图做出的 2000 年预测,到 2000 年预计原子能将有大幅度增长,电力的 50% 将依赖原子能。对石油的依赖将减少到 24%,煤炭的利用将扩大,电力需要的 10% 将依靠煤炭。作为一次能源的电力消费将从 1973 年 26% 提高到 2000 年的 37%,其特征是电力比重显著提高了。