

HELI NENGYUAN JIEGOU YU MEITAN QINGJIE LIYONG

合理能源结构与煤炭清洁利用

主编：李金柱 副主编：申宝宏

HELI NENGYUAN JIEGOU YU MEITAN QINGJIE LIYONG

煤炭工业出版社

中国能源发展报告(2013) 中国能源发展报告(2013)

合理能源结构与煤炭清洁利用

王 强 李 强 李 强 李 强 李 强



合理能源结构与煤炭清洁利用

顾 问 范维唐

主 编 李金柱

副主编 申宝宏

煤炭工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

合理能源结构与煤炭清洁利用/李金柱主编. —北京:
煤炭工业出版社, 2002

ISBN 7-5020-2137-X

I. 合... II. 李... III. ①能源构成—研究—中国
②煤—应用—无污染技术 IV. X784

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 002958 号

合理能源结构与煤炭清洁利用

主编: 李金柱 副主编: 申宝宏
责任编辑: 向云霞 李星 杨成俊 姚有超

*

煤炭工业出版社 出版发行

(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

北京密云春雷印刷厂 印刷

*

开本 787×1092mm $\frac{1}{16}$ 印张 9 $\frac{3}{4}$

字数 224 千字 印数 1—1,200

2002 年 2 月第 1 版 2002 年 2 月第 1 次印刷

社内编号 4908 定价 20.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

前言

随着能源科技的不断发展和进步,可再生能源技术得到快速发展,但化石能源仍是当今世界主要的一次能源。在过去的 10 多年里,世界一次能源结构发生了较大的变化,总的趋势是,在能源消费结构中占第一位的石油的比例有所下降,占第二位的煤炭比例也在下降,而占第三位的天然气的比例在持续上升,前景良好。对各国一次能源消费结构的初步分析表明,世界各国并没有一个统一的能源消费结构。

我国的一次能源是以煤为主的。我国煤炭产量和消费量 1996 年达到最高值,近几年由于产业结构调整及节能等因素,煤炭消费量呈下降趋势。据中国工程院研究预测,到 2050 年,我国一次能源需求量将达到 34.4 亿 tce,一次能源及终端能源结构将趋于优化,煤炭在一次能源消费结构中所占比重将降至 50% 以下,但仍是主要能源。

中国煤炭资源相对丰富,已探明可采储量为 1145 亿 t,若按 2000 年的年产量计,可供开采 100 年以上。因此,从资源量上看煤炭是可靠的能源。

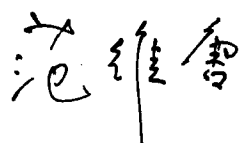
从经济性上看,煤炭是廉价的能源。在国际上,按同等热值计算,根据各国的情况不同,燃用天然气、石油的运行成本一般是燃用动力煤的 2~3 倍。在北京,燃用天然气、柴油的运行成本约为燃用动力煤的 3~4 倍以上。这就是能源品种少的国家尤其是发展中国家为什么仍然选择用煤的重要原因。

从环境保护上讲,煤炭又是可以洁净利用的能源。洁净煤技术是高效、洁净的煤炭加工、燃烧、转化和污染控制的技术。通过加工可减少煤的硫分、灰分;通过洁净、高效的燃烧可显著减少 SO_2 的排放量,控制 CO_2 的排放;使煤炭得到清洁的利用。

本书研究分析了我国能源结构的现状与特点,在研究当前中国能源面临的挑战、存在的问题的基础上,进一步阐述了在相当

长的一段时间内煤炭在中国能源中的重要地位，指出了洁净煤技术可以高效、洁净地利用煤炭，可以大大减少污染物和温室气体的排放，是实施中国能源可持续发展的必由之路，也是通往未来高效、洁净和永续利用能源的桥梁。

中国能源安全问题是当前我们面临的一个严峻问题。书中对促进解决能源安全问题的六项洁净煤技术进行了具体的研究，逐项介绍了煤炭洗选加工技术、水煤浆技术、煤的气化技术、循环流化床燃烧技术和煤层气技术的现状及发展趋势，分析了发展这些技术需要研究的课题、可能达到的经济效益和环境效益、面临的主要障碍，提出了需要的支持和激励政策等。这些分析和建议比较现实，符合国情，有可操作性，对进一步研究我国能源战略，推动能源结构调整，促进我国洁净煤技术的产业化具有现实的指导意义。

A handwritten signature in black ink, reading '范维雪' (Fan Weixue) from right to left.

中国煤炭工业协会会长
2001年12月20日

目 录

前 言

第 1 章 能源结构现状与发展趋势	1
1.1 能源经济	1
1.2 世界能源结构现状与发展趋势	3
1.3 中国能源现状及发展趋势	15
第 2 章 洁净煤技术在我国能源消费结构调整中的作用	23
2.1 我国一次能源消费现状	23
2.2 国外洁净煤技术现状	30
2.3 发展洁净煤技术对能源结构调整的作用	30
第 3 章 选煤技术	40
3.1 概念及主要作用	40
3.2 国外选煤技术现状及趋势	41
3.3 我国选煤技术状况	43
3.4 我国选煤技术市场前景	47
第 4 章 水煤浆技术	52
4.1 概念及主要用途	52
4.2 国外水煤浆技术的发展现状	54
4.3 国内水煤浆技术的发展现状及其分析	56
4.4 国内水煤浆技术的经济分析与评价	62
第 5 章 煤炭气化技术	67
5.1 基本概念及主要应用领域	67
5.2 国外煤炭气化技术现状及发展趋势	70
5.3 国内煤炭气化技术现状及特点	76
5.4 我国煤炭气化的发展方向	82
5.5 煤炭气化技术的社会效益	85
第 6 章 煤炭液化技术	92
6.1 概 述	92

6.2	国外煤炭液化技术现状	93
6.3	国内煤炭液化技术现状	98
6.4	煤炭液化在我国的经济可行性	98
第 7 章	循环流化床燃烧技术	103
7.1	概念及主要用途	103
7.2	国外循环流化床燃烧技术的发展现状及分析	105
7.3	国内循环流化床燃烧技术的发展现状及分析	110
第 8 章	煤层气技术	117
8.1	概 述	117
8.2	煤层气资源	117
8.3	煤层气在中国能源工业中的地位	119
8.4	国内外煤层气开发利用现状	120
8.5	煤层气开发利用技术	122
8.6	煤层气开发利用的技术经济分析	124
8.7	煤层气开发利用需要突破的关键技术	137
第 9 章	我国合理能源结构与煤炭清洁利用对策	139
9.1	对策依据	139
9.2	发展对策	140
附 录		144
参考文献		146

第 1 章 能源结构现状与发展趋势

1.1 能源经济

能源主要分为化石能源、新能源和可再生能源。化石能源主要有煤、石油、天然气等；新能源有核能、氢能；可再生能源包括太阳能、水能、生物质能、地热能、风能等。能源经济是指那些产生能量的物质的生产、交换、分配和消费的经济活动。能源经济是能源类产业经济的总和，是国民经济的重要组成部分，在世界和中国都将有大的发展。纵观社会发展，能源经济与社会进步和 GDP 增长有着密切关系，表现出以下特点。

1.1.1 能源经济推进社会进步和经济发展

据统计，每吨标准煤能源可产生的 GDP，依国情不同在 360 美元到 5580 美元间不等，世界年均值为 1860 美元。1999 年美国化石能源创造产值 940 亿美元，达到当年 GDP 的 1.5%。1996 年南非能源产值 600 亿兰德，占该国 GDP 的 15%。1997 年英国能源工业对其国民经济发展的贡献率占 GDP 的 5%，人均产值为全国平均产值的 6.5 倍；提供就业机会 17.5 万个，占全英国就业人口的 4%；由于能源工业的拉动，间接增加就业岗位 38.2 万个，实现贸易盈余 40 亿英镑。1998 年中国能源生产总量 13.6 亿 t 标准煤，创造产值 2990 亿人民币，约占 GDP 的 3.8%；从业人员 1200 多万，占国有企业职工总数的 24%；以煤为燃料和主要原料的乡镇工业从业人员达到 2000 万，占乡村工业从业人员的 28%。

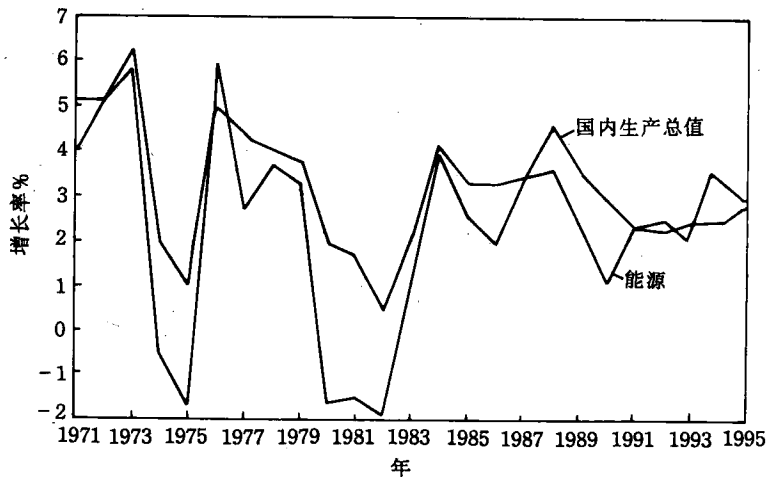


图 1-1 世界能源需求与 GDP 之间关系图

1.1.2 能源经济与国民经济协调发展

世界经济处于上升时期，能源经济发展势头就大。图 1-1 为 1971~1995 年世界能源

需求与 GDP 增长率之间的关系图,二者相互依存,基本上呈线形关系。据统计,1980~1999 年间中国 GDP 平均增长 9.64%,同期能源生产和消费增长分别为 2.84%和 3.82%。“八五”期间,中国 GDP 平均年增 11.8%,一次商品能源年增 3.6%。1981~1997 年能源弹性系数平均为 0.54,1997~2000 年能源弹性系数则为负数。

造成中国能源消费弹性系数长期低于 0.6,最近 10 年来低于 0.5,近几年甚至为负数的原因是多方面的:(1)原来能源浪费严重,节能潜力巨大;(2)改革开放使企业对节能降耗、生产高附加值产品的积极性大增(如冶金、石化等行业修订了“九五”计划,把重点从增加产量转到节能降耗以增加产品的竞争能力);(3)政企分开、现代化企业制度、债转股、改组改制、兼并破产以及入关等都迫使企业节能降耗;(4)越来越严的环保法规,不仅保护了环境,也提高了能源利用效率;(5)结构改革,无论是产业结构、产品结构,还是能源品种结构的优化,尤其是电子信息、生物工程、新材料等高新技术产业的迅猛发展都带来巨大的节能效益,使得国民经济单位产值能耗下降较多,平均每年在 4000~6000 万 t 标准煤左右;(6)技术进步和节能投入每年约形成近 2000 万 t 标准煤的节能能力;(7)能源统计上也存在一定的误差。

1.1.3 能源利用效率与社会生产力水平

从产值能耗看,每公斤标准煤能源产生的国内生产总值,我国为 0.36 美元,世界平均值为 1.86 美元,日本为 5.58 美元,法国为 3.24 美元,韩国为 1.56 美元,印度为 0.72 美元,日本是中国的 15.5 倍,法国是中国的 9 倍,韩国是中国的 4.3 倍,印度是中国的 2 倍。从产品能耗看,中国主要用能产品的单位能耗比发达国家高 25%~90%,加权平均高 40%左右。例如,我国火电厂供电煤耗为 404g 标准煤/(kW·h),国际先进水平为 317g 标准煤,高出 27%;我国吨钢可比能耗平均为 966kg 标准煤,国际先进水平是 656kg 标准煤,高出 47.3%;我国每吨水泥熟料燃料消耗为 170kg 标准煤,国外先进水平为 107.5kg 标准煤,高出 58.1%。我国国内企业主要耗能产品的单耗落后的与先进的相差 1~4 倍。这些数字,既反映了我国国家社会生产力水平不高,也反映了我国节能潜力巨大。经测算,通过产业结构调整、产品结构调整、降低高能耗行业的比重、增加高附加值产品的比重,以及居民生活用能优质化等措施,近期国民经济产值能耗节能潜力达 3 亿 t 标准煤左右。

1.1.4 能源消费水平与人民生活质量

能源是社会发展和经济增长最基本的影响因素,通常一个国家的人均能源消费量反映该国人民的生活质量。能源消费水平高的国家,生活质量和就业状况就好。例如北美地区人均能源消费量为 7.82t 标准煤,而非洲部分地区仅为 0.53t 标准煤,后者的生活环境恶劣,儿童死亡率高,文盲多。中国能源消费水平也不高,2000 年一次能源生产量为 10.9 亿 t 标准煤,能源消费量为 11.7 亿 t 标准煤(不包括农村非商品生活能源消费 2 亿 t 标准煤),不到世界能源消费量的 10%;人均能源消费量不到 1t 标准煤,不足世界人均能源消费水平 2.4t 标准煤的一半,仅为发达国家的 1/5~1/10。到 2000 年底中国人均拥有发电装机容量只有 247W,人均发电量为 787kW·h,世界年人均消费电力 2220kW·h,中国不到世界水平的一半,仅为发达国家的 1/6~1/10。随着中国经济的快速发展和人民生活水平的不断提高,中国年人均能源消费量将逐年增加。

1.1.5 能源产业结构的优化与经济发展

人类社会从远古时代的钻木取火开始认识利用能源,伴随着生产力由低向高的不断发

展, 能源经济也在不断优化。18 世纪工业革命的兴起, 迅速推进了煤炭工业的发展, 煤炭占世界商品能源构成的 87%。以煤炭消费为主的 1900~1950 年间, 世界平均经济增长速度为 2%。第二次世界大战之后, 随着科技的不断进步, 几乎所有国家都转向了石油和天然气, 推动了经济的高速增长。1966~1992 年间以石油天然气为主时期, 世界经济年增长速度为 4.5%。20 世纪 70 年代石油危机之后西方国家意识到能源安全, 转向新能源和可再生能源。有人预言, 人类终有一天要实现能源结构的第三次优化, 进入以新能源和可再生能源为主的时代。

1.2 世界能源结构现状与发展趋势

1.2.1 能源结构的变化趋势

能源结构是随着生产力发展水平的变化而变化的。一个国家或地区的能源消费水平及其结构特点是衡量生产力发展水平的一个重要标志。人类社会至今已经历了三个能源时期, 并完成了两次能源变革。第三次能源变革, 正向着多极能源过渡。最终人们将进入持久能源系统时代。

1) 第一次能源变革

第一次能源变革是指煤炭替代薪柴的能源转换。它使工业生产冲破了自然条件的限制, 加速了工业化革命的进程。工业化的推进又不断增加了对煤炭的需求量, 到 19 世纪 70 年代, 煤炭在一次能源消费结构中的比重已上升到 24%, 到 20 世纪初又进一步上升到 60%, 从而完成了煤炭取代薪柴的能源转换过程, 使人类社会进入了一个新的能源时代——煤炭时代。

2) 第二次能源变革

第二次能源变革是指石油替代煤炭的能源转换。石油工业性开采大约始于 19 世纪 50 年代末 60 年代初, 而石油工业开始进入蓬勃发展时期是在二战后。由于发达工业国家大力推进经济现代化, 能源消费量增长很快, 其中以石油增长速度最快。据联合国能源署统计, 石油在能源消费结构中的比重从 1929 年的 14% 迅速上升到 1950 年的 27%, 之后又上升至 1967 年的 40.4%; 同期, 煤炭的比重则从 76% 下降到 61% 及 38.8%; 到 1999 年, 石油及天然气比重占 64.8%, 而煤炭比重则继续下降, 仅占 25.0%。这标志着人类社会开始进入能源的“石油时代”, 宣告完成了第二次能源变革。

石油在 60 年代中期取得能源替代性的地位之后, 能源消费逐渐形成了世界能源依赖石油, 石油消费又严重依赖海湾国家的能源供求格局。而这一格局也不可能在短期内发生根本性变化。这就意味着, 在今后替代石油的能源变革中, 在相当长一段时期内石油仍然是能源变革、斗争的焦点, 石油将继续处于举足轻重的战略地位。

3) 第三次能源变革

自 20 世纪 70 年代的首次石油涨价, 引发了两次全球性能源危机, 以及海湾战争的爆发, 使各方有识之士更为努力地推进能源的替代——新能源的变革和节能对策的实施, 以尽快摆脱严重依赖石油, 特别是依赖海湾石油的局面。

第三次能源变革过程, 也是向非矿物能源系统转化的起步阶段, 该能源系统中的主要组成部分将是新能源, 是以生物质能、水能、太阳能、风能、地热能、海洋能等可再生能源为主, 不存在矿物能源的枯竭问题, 并将进一步满足能源多样化的需求。

从全球能源发展趋势看，在从传统矿物能源转换到非矿物能源系统的过渡时期内，世界的能源消费仍将以矿物燃料为主，石油、天然气、煤炭和核能在 21 世纪将继续发挥各自的优势。然而，石油将不可逆转地逐渐让位于煤炭、天然气和核能；可再生的水能、太阳能、生物质能、风能、地热能、海洋能等的开发利用，仍将继续受到重视，但它们在满足全球能源需求上仅能发挥一定的作用，而不可能起到替代性的作用。

1.2.2 世界能源资源现状

现在的世界能源系统中，化石能源占 90%，核电、水电仅占 10%。化石能源主要包括煤炭、石油、天然气等，其中煤炭占 62.8%，石油占 19.6%，天然气占 17.6%。

截止到 2000 年 1 月 1 日世界煤炭探明可采储量为 9860 亿 t，按 1999 年产量可采 215 年；石油探明可采储量为 1385.9 亿 t，可采 52 年；天然气探明储量为 145.64 万亿 m³，可采 62 年，见表 1—1。

表 1—1 截止到 2000 年 1 月 1 日世界化石燃料剩余可采储量

国 家	煤 炭			石 油			天 然 气		
	储量 (亿 t)	储采比	世界 排序	储量 (亿 t)	储采比	世界 排序	储量 (万亿 m ³)	储采比	世界 排序
世 界	9860.77	215		1385.9	52		145.64	62	
美 国	2486.59	245	1	28.69	11.8	12	4.6423	8.52	6
中 国	1144.77	93	2	32.736	25	9	1.3668	56.2	18

注：① 煤炭数据统计截止日期 2000 年 1 月 10 日；
② 储采比是剩余储量除以 1999 年产量；
③ 石油和天然气的储量采用美国《油气杂志》(1999 年 12 月 20 日)；
④ 资料来源：Energy Information Administration (EIA) (<http://www.eia.doe.gov>) (World oil web.com)。

按区域分(表 1—2)，亚太地区的煤炭储量占世界总储量的 29.6%，居世界第 1 位，石油和天然气分别占 4.3%和 7.1%，仅比西欧地区多，居世界倒数第 2 位，因此，亚太地区是富煤、贫油、少气地区。中东地区石油和天然气分别占 66.5%和 34%，均居世界第一，而该地区几乎没有煤炭。美国所在的西半球，煤炭资源占 28.4%，石油和天然气分别占 14.2%和 9.3%，因此，也基本属于富煤、贫油、少气的地区，与亚太地区相似。

表 1—2 1999 年底世界化石燃料剩余可采储量区域分布

地 区	煤 炭		石 油		天 然 气	
	储量(亿 t)	占世界(%)	储量(亿 t)	占世界(%)	储量(万亿 m ³)	占世界(%)
世 界	9860.77	100	1385.88	100	145.64	100
亚太地区	2922.85	29.6	60	4.3	10.29	7.1
西 欧	903.9	9.2	25.38	1.8	4.43	3.0
东欧和 独联体	2615.66	26.5	80.51	5.8	56.66	38.9
中 东	1.93	0.002	921.57	66.5	49.5	34
非 洲	613.99	6.2	102.15	7.4	11.15	7.7
西半球	2802.43	28.4	196.27	14.2	13.6	9.3
欧佩克			1094.58	79	63.28	43.4

注：① 煤炭数据来自 EIA (2000 年 1 月 10 日)；
② 石油、天然气数据来自美国《油气杂志》(1999 年 12 月 20 日)。

按国家分,排名前 10 位的国家中(表 1-3),集中了世界上 90.3%的煤炭储量,83.3%的石油和 76%的天然气。因此,世界上的能源分布是极不均衡的,各个国家的能源生产和消费结构也必须依赖本国的资源条件和经济条件而确定。

表 1-3 世界化石燃料剩余可采储量排名前十位的国家

名次	煤 炭			石 油			天 然 气		
	国 家	储量 (亿 t)	占世界 总储量 (%)	国 家	储量 (亿 t)	占世界 总储量 (%)	国 家	储量 (万亿 m ³)	占世界 总储量 (%)
	世 界	9860.77	100	世 界	1385.88	100	世 界	145.64	100
1	美 国	2486.59	25.2	沙特阿拉伯	356.00	25.7	俄罗斯	48.11	33
2	俄罗斯	1569.78	15.9	伊拉克	153.45	11.1	伊 朗	22.99	15.8
3	中 国	1144.77	11.6	科威特	128.22	9.3	卡塔尔	8.49	5.8
4	澳大利亚	903.82	9.2	阿布扎比	125.76	9.1	沙特阿拉伯	5.77	4
5	印 度	747.18	7.6	伊 朗	122.35	8.8	阿布扎比	5.55	3.8
6	德 国	669.86	6.8	委内瑞拉	99.03	7.1	美 国	4.64	3.2
7	南 非	553.22	5.6	俄罗斯	66.25	4.8	阿尔及利亚	4.52	3.1
8	乌克兰	343.49	3.5	利比亚	40.24	2.9	委内瑞拉	4.03	2.8
9	哈萨克斯坦	339.93	3.4	中 国	32.74	2.4	尼日利亚	3.51	2.4
10	波 兰	143.06	1.5	尼日利亚	30.69	2.2	伊拉克	3.11	2.1
	合 计	8901.7	90.3	合 计	1154.73	83.3	合 计	110.72	76

注：① 煤炭数据来自 EIA（2000 年 1 月 10 日）；
② 石油、天然气数据来自美国《油气杂志》（1999 年 12 月 20 日）。

1.2.3 世界能源生产与消费结构

1) 能源生产

1998 年,全世界一次能源(石油、天然气、煤和电)的总产量为 145.16 亿 tce* (表 1-4)。从 1989 年到 1998 年的 10 年间,世界一次能源产量的年均增长率为 1.1%。

表 1-4 1998 年世界及地区能源产量

地 区	煤 炭		石 油		天 然 气		一次能源	
	产量 (亿 t)	占世界 (%)	产量 (亿 t)	占世界 (%)	产量 (亿 m ³)	占世界 (%)	产量 (亿 tce)	占世界 (%)
世 界	45.74	100	30.75	100	23494	100	145.23	100
北 美	11	24	6.34	20.6	7410	31.5	37.73	26
中南美	0.48	1	2.85	9.3	875	3.7	9.45	6.5
西 欧	4.60	10.1	2.86	9.3	2737	11.7	16.55	11.4
东欧及前苏联	7.26	15.9	3.05	9.9	7127	30.3	22.16	15.3
中 东	0.01	0.02	9.19	29.9	1872	8	20.73	14.3
非 洲	2.31	5.1	3.21	10.4	1047	4.5	9.97	6.9
亚 太	20.08	43.9	3.25	10.6	2430	10.3	28.66	19.7

注：① 一次能源数据来自 EIA, [1]；
② 天然气、煤炭、石油数据来自 EIA, 1999 年 12 月 29 日。

* tce—吨煤当量。1kg 标准煤的热当量值,联合国、中国、日本、西欧和独联体诸国等国家按 29.3MJ 计算。

石油依然是全世界最重要的一次能源，1998 年的产量占世界能源总产量的 39.8%，达 30.75 亿 t。中东地区占世界石油产量的 29.9%，其次是北美地区，占 20.6%。在 10 个产油大国中（表 1—5），美国居第 1 位，沙特阿拉伯居第 2 位，中国位居第 7 位，10 个国家石油产量占世界的 62.6%。

表 1—5 1998 年世界能源产量前 10 位国家

序号	国家名称	煤 炭		国家名称	石 油		国家名称	天然气		国家名称	一次能源	
		产量 (亿 t)	占世界 (%)		产量 (亿 t)	占世界 (%)		产量 (亿 m ³)	占世界 (%)		产量 (亿 tce)	占世界 (%)
	世 界	45.74	100	世 界	30.75	100	世 界	23494	100	世 界	145.23	100
1	中 国	12.26	26.8	美 国	3.8	12.4	俄罗斯	5912	25.2	美 国	27.67	19.1
2	美 国	10.15	22.2	沙特阿拉伯	3.75	12.2	美 国	5343	22.8	俄罗斯	15.6	10.7
3	印 度	3.25	7.1	俄罗斯	2.49	8.1	加拿大	1711	7.3	中 国	12.59	8.7
4	澳大利亚	2.84	6.2	伊 朗	1.52	5.0	英 国	898	3.8	沙特阿拉伯	7.98	5.5
5	俄罗斯	2.47	5.4	墨西哥	1.44	4.7	荷 兰	805	3.4	加拿大	6.53	4.5
6	南 非	2.24	4.9	委内瑞拉	1.36	4.4	阿尔及利亚	737	3.1	英 国	4.42	3.0
7	德 国	2.07	4.5	中 国	1.31	4.3	印度尼西亚	635	2.7	印 度	3.78	2.6
8	波 兰	1.8	3.9	挪 威	1.29	4.2	乌兹别克斯坦	550	2.3	伊 朗	3.76	2.6
9	捷克共和国	0.76	1.7	英 国	1.19	3.7	伊 朗	501	2.1	挪 威	3.57	2.5
10	加拿大	0.75	1.7	加拿大	1.1	3.6	沙特阿拉伯	467	2.0	墨西哥	3.53	2.4
	合 计	38.59	84.4	合 计	19.25	62.60	合 计	17559	74.7	合 计	89.43	61.6

注：中国的天然气产量在世界排名 18 位，产量为 221 亿 m³。

煤在 1998 年的能源份额中居第 2 位，约为 45.74 亿 t，占 23.2%，其中亚太地区的产量占世界煤炭产量的 43.9%。中国依然是最大的煤炭生产国，其产量占世界的 26.8%，其后是美国，占 22.2%。前 10 位国家的煤炭产量占世界总产量的 84.4%。由此可见，煤炭生产的集中度是非常大的。

世界天然气产量位居一次能源的第 3 位，达 23494 亿 m³。俄罗斯和美国是最大的天然气生产国，两国的产量占世界的 48%，中国的天然气产量较少，仅 221 亿 m³，居世界第 18 位。

1998 年世界一次能源产量第 4、5、6 位的依次是水电、核电和其他能源发电，它们分别占世界一次能源生产总量的 7.0%、6.4%和 0.9%（见图 1—2）。发电总量为 5.1 万亿 kW·h，其中，水力发电量超过 50%，达 2.6 万亿 kW·h。从 1989～1998 年，水力发电量增加了 4.76 千亿 kW·h，而生物发电、地热发电、太阳能发电和风能发电虽只增加了 790 亿 kW·h，但增长率高达 68.1%。加拿大、美国、巴西、中国和俄罗斯是 1998 年世界水力发电量最高的 5 个国家，水力发电总量占世界水电量的 51%。中国当年的水力发电量为 2.03 千亿 kW·h。美国是世界核电产量最高的国家，接着是法国和日本，这 3 个国家的核

电产量占世界的 59%。同时，美国也是生物能发电、地热发电、太阳能发电和风力发电最多的国家，发电量达 757 亿 kW·h；日本为 239 亿 kW·h，然后是德国（104 亿 kW·h）、巴西（97 亿 kW·h）和芬兰（84 亿 kW·h），它们占了世界总量的 65%。

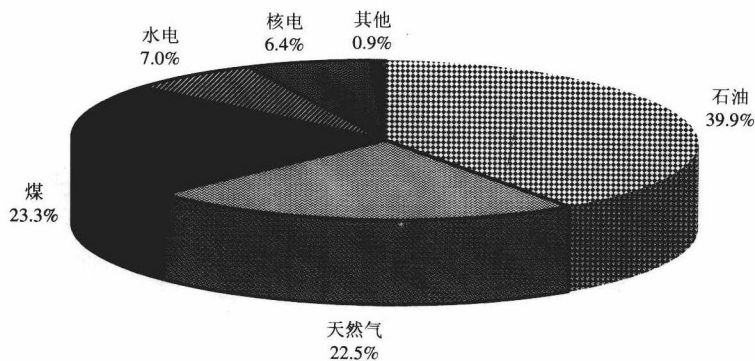


图 1-2 1998 年世界一次能源产量所占份额

1999 年美国、俄罗斯、中国、沙特阿拉伯和加拿大依然是世界能源产量最大的 5 个国家，它们占世界能源生产总量的比重为 44%。然后依次是英国、印度、伊朗、挪威和墨西哥，它们占了世界能源生产总量的 17.6%。

1999 年，世界石油总产量较上一年下降了 14%，仅 26.42 亿 t。美国较上年减产 16.6%，由第 1 位退到第 3 位，而伊拉克增产幅度达 16.2%，由上一年的第 12 位跃居第 10 位（表 1-6）。中国石油产量没有变化，但在世界排序上升了 2 位，由第 7 位升到第 5 位。

表 1-6 1999 年世界能源生产前 10 位国家

序号	国 家	石 油		国 家	天 然 气	
		产量 (亿 t)	占世界 (%)		产量 (亿 m³)	占世界 (%)
	世 界	26.42	100	世 界	23484	100
1	沙特阿拉伯	3.17	12	俄罗斯	6892	29.4
2	俄罗斯	2.94	11.1	美 国	5567	23.8
3	美 国	2.43	9.2	加拿大	1909	8.1
4	伊 朗	1.44	5.5	英 国	1048	4.6
5	中 国	1.31	5.0	荷 兰	833	3.5
6	挪 威	1.23	4.7	印度尼西亚	706	3.0
7	墨西哥	1.2	4.5	阿尔及利亚	602	2.6
8	委内瑞拉	1.14	4.3	挪 威	474	2.0
9	英 国	1.12	4.2	沙特阿拉伯	317	1.3
10	伊拉克	1.03	3.9	伊 朗	312	1.3
	合 计	17.01	64.4	合 计	18660	79.6

注：1999 年中国的天然气产量为 252 亿 m³，排名第 15 位。

天然气的产量和世界排序基本原样，仅仅是由乌兹别克斯坦替代了挪威的位置。

2) 能源消费

1998 年世界一次能源消费总量为 143.53 亿 tce，图 1—3 是世界各地区能源消费所占比重。可见，北美的能源消费占世界能源消费总量的 31%，是消费量最大的地区。

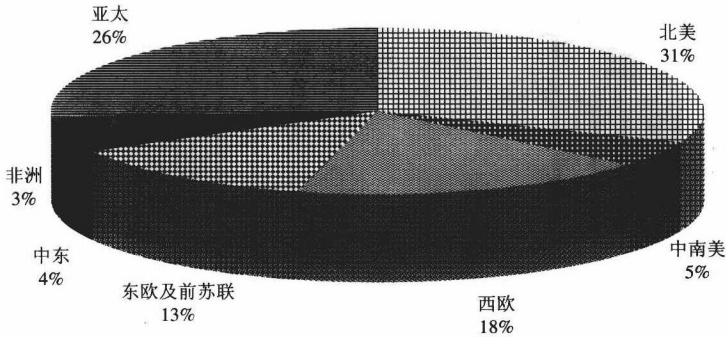


图 1-3 1998 年世界一次能源消费分布

(资料来源: EIA)

能源消费量最大的国家是，美国、中国、日本、德国、印度、加拿大、法国、英国、巴西、意大利（表 1—7）。这 10 个国家的能源消费量占世界的 59.3%。其中西半球和西欧地区的有 7 个国家，其能源消费量占世界的 41.4%；亚太地区的有 3 个国家，其能源消费量占世界的 17.9%。中国和印度的人均消费量不及世界人均能源消费量 2.34tce 的 1/2，中国为 1.02tce，印度仅为 0.47tce，是 10 个国家中人均消费量最低的；加拿大和美国是人均能源消费量最高的国家，分别为 14.39tce 和 13.07tce，是世界人均值的 6.15 倍和 5.59 倍。

在能源品种方面，美国的石油和天然气消费量最大，石油消费量达 7.74 亿 t，占世界消费总量的 25.7%；天然气消费量为 6045 亿 m³，占世界消费量的 25.9%。石油消费量占第 2 位的国家是日本，为 2.26 亿 t，占世界消费量的 7.5%，远远低于美国。俄罗斯的天然气消费量居世界第 2 位，为 3952 亿 m³，占世界消费量的 17%，与美国相差 8.9%。中国仍然是煤炭消费量最大的国家，为 11.92 亿 t，占世界煤炭消费量的 26.2%，紧随其后的是美国，其煤炭消费量占世界煤炭消费量的 20.7%。

综合能源生产和能源消费前 10 位的国家的情况，可以得到各国的能源供给状况（见表 1—8）。由表可见，西欧发达国家以及日本、美国能源大部分依赖进口，中国、波兰、印度能源基本能够自给自足。中东、俄罗斯、加拿大属于能源出口国。

1998 年世界一次能源消费结构是石油 40%，煤炭 26.2%，天然气 23.8%，核能 7.4%，水电及其他 2.6%（见图 1—4）。

由表 1—9 和图 1—4 可清楚地看到，目前世界各地区的能源消费结构大致分为以下 3 类。

第 I 类地区包括北美、欧洲、前苏联。该地区特点是：①以油气消费为主，约占总能源消费的 60%以上，其中北美和欧洲已超过 70%；②以煤炭为辅，约占 20%左右；③核能在北美和欧洲被广泛利用。

表 1-7 1998 年世界能源消费前 10 位国家

序 号	国家名称	煤 炭		国家名称	石 油		国家名称	天 然 气		国家名称	一 次 能 源			2000 年人口 (亿)
		消费量 (亿 t)	占世界 (%)		消费量 (亿 t)	占世界 (%)		消费量 (亿 m ³)	占世界 (%)		消费量 (亿 tce)	占世界 (%)	人均消费量 (tce)	
	世 界	45.52	100	世 界	30.13	100	世 界	23284	100	世 界	143.53	100	2.34	61.25451
1	中 国	11.92	26.2	美 国	7.74	25.7	美 国	6045	25.9	美 国	36.02	25.1	13.07	2.75563
2	美 国	9.43	20.7	日 本	2.26	7.5	俄罗斯	3952	17	中 国	12.89	9	1.02	12.61832
3	印 度	3.36	7.4	中 国	1.68	5.6	德 国	935	4	日 本	8.09	5.6	6.39	1.2655
4	俄罗斯	2.38	5.2	德 国	1.19	3.9	英 国	876	3.8	德 国	5.26	3.7	6.35	0.82797
5	德 国	2.36	5.2	俄罗斯	1	3.3	加拿大	839	3.6	印 度	4.75	3.3	0.47	10.14004
6	南 非	1.6	3.5	意大利	0.85	2.8	乌克兰	738	3.2	加拿大	4.5	3.1	14.39	0.31278
7	波 兰	1.46	3.2	法 国	0.83	2.8	日 本	693	3	德 国	3.8	2.7	6.4	0.5933
8	日 本	1.27	2.8	韩 国	0.82	2.7	意大利	624	2.7	英 国	3.71	2.6	6.23	0.59508
9	澳大利亚	1.18	2.6	墨西哥	0.8	2.7	伊 朗	518	2.2	巴 西	3.07	2.1	1.78	1.7286
10	乌克兰	0.82	1.8	巴 西	0.77	2.5	荷 兰	496	2.1	意大利	3.03	2.1	5.26	0.57634
	合 计	35.78	78.6	合 计	17.94	59.5	合 计	15716	67.5	合 计	85.12	59.3		

注：① 能源消费量数据来自 EIA；

② 人口数据来自 U.S. Census Bureau, International data base. (2000.5.10)。