



姚向君 王革华 田宜水 编

国外生物质能的 政策与实践



化学工业出版社
环境·能源出版中心



国外生物质能的 政策与实践

姚向君 王革华 田宜水 编



化学工业出版社
环境·能源出版中心

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

国外生物质能的政策与实践/姚向君, 王革华, 田宜水编. —北京: 化学工业出版社, 2006. 4

ISBN 7-5025-8515-X

I. 国… II. ①姚… ②王… ③田… III. ①生物能源-政策-发达国家②生物能源-技术发展-发达国家 IV. TK6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 034610 号

国外生物质能的政策与实践

姚向君 王革华 田宜水 编

责任编辑: 陈志良

文字编辑: 朱 恺

责任校对: 顾淑云

封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社 出版发行

环境·能源出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印装

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 13 字数 215 千字

2006 年 5 月第 1 版 2006 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8515-X

定 价: 29.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

能源是人类赖以生存和发展的基础，是社会经济可持续发展的物质保障。我国是世界第二大能源生产国和消费国。2005 年一次能源生产总量为 20.6 亿吨标准煤，初步测算消费总量为 22.2 亿吨标准煤。虽然我国能源储量十分丰富，但人均能源资源拥有量较低。水能资源和煤炭探明储量分别居世界第一位和第三位，但人均却仅占世界平均水平的 50% 左右，石油、天然气人均储量更是远低于世界平均水平。

我国正处在社会经济发展的重要阶段，随着人口的增加，工业化、城镇化进程的加快，社会经济的快速发展和人民生活水平的不断提高，能源需求将大幅度上升，资源约束与需求增长过快的矛盾十分突出，能源资源短缺正成为制约我国经济社会发展的重要因素。我国 85% 的煤炭是通过直接燃烧使用的，造成了严重的环境污染。我国 SO_2 的排放量居世界第一位， CO_2 排放量占世界第二位，酸雨面积占国土面积的 30%，每年造成的经济损失达上亿元。我国国内石油资源不足，原油产量不能满足需求，进口石油依存度不断增大，国际石油价格波动对我国经济的影响亦越来越大，而世界石油资源争夺日益激烈。我国对海上石油运输通道的控制能力薄弱，过分依赖中东和非洲地区的石油和单一的海上运输路线，使我国石油进口的脆弱性更加凸显。因此，无论从能源资源的结构性短缺上，还是从经济可持续发展的要求来考虑，我国都不能再延续过去资源耗竭性的发展模式了，在能源开发和利用方面必须坚持把节约放在首位，积极开发包括生物质能在内的新能源和可再生能源。

生物质能在历史长河中与人类生活密切相关，一直是人类社会赖以生存的重要能源资源，是仅次于石油、煤炭和天然气而位居世界第四大能源。生物质能是太阳能以化学能形式储存在生物质中的能量形式。以生物质为载体的能量具有可再生和环境友好的双重属性。它直接或间接地来源于绿色植物的光合作用，可转化为常规的固态燃料、液态燃料和气态燃料，永续利用。生物质能的载体——生物质是以实物的形式存在的，相对

于风能、水能、太阳能和潮汐能等能源,生物质能是可存储和运输的可再生能源。生物质的组织结构与常规的化石燃料相似,它的利用方式也与化石燃料类似。常规能源的利用技术无需做大的改动,就可用于生物质能。在整个生命周期中,生物质 CO_2 、 SO_2 及 NO_x 的排放量远低于化石能源,所以生物质能是一种清洁能源。

我国每年产生约 6 亿吨农作物秸秆、2 亿吨林业废弃物,还有 6 亿吨畜禽粪便及大量有机废弃物。我国可用于种植能源作物的荒山荒坡约 1.1 亿公顷,其中荒草地资源 4730 万公顷,盐碱荒地 1000 万公顷。这些废弃物和荒土,无疑是一笔宝贵的能量资源和物质财富。据估计,我国每年可利用的生物质能源总量约折合 5 亿吨标准煤。其中,农作物秸秆年产量超过 6 亿吨,可作为能源用途的秸秆约 3.5 亿吨(折合 1.5 亿吨标准煤),工业废水和畜禽粪便理论上可以生产沼气近 800 亿立方米(相当于 5700 万吨标准煤),薪炭林、林业及木材加工废弃物的资源量相当于 2 亿吨标准煤。开发利用生物质能,不仅可以缓解我国能源短缺和环境污染等问题,而且可以促进农业经济的发展,有利于农民收入的提高和农村生活条件的改善。

我国在生物质能领域已经广泛开展了研究工作,但与发达国家相比,无论在技术上还是在产业化方面,都存在着较大的差距。例如,欧盟在生物质能的开发与利用方面有着先进的技术与丰富的经验,其中丹麦的农作物秸秆燃烧发电技术世界领先。2006 年 1 月 1 日生效的《中华人民共和国可再生能源法》为生物质能的发展提供了新的契机。我国可以借鉴发达国家成功的经验,提出符合国情的发展战略和措施,促进我国的生物质能产业健康、快速、持续发展。

本书系统地介绍了以欧盟为主的发达国家生物质能技术和政策的发展状况。全书共分 7 章。在介绍了世界能源形势和生物质能在能源供应中的地位的基础上,本书分别介绍了欧盟生物质能利用现状和促进可再生能源的政策措施,分析了欧盟生物质资源可获得性,包括各种资源的现状及其供应潜力;重点介绍了生物质能利用先进国家的典型——丹麦的能源政策、丹麦在农作物秸秆和木质能源利用技术(包括从资源获得、储运、预处理、转化、终端能源产品以及副产品的利用等)及技术的环境影响和经济评价。

本书是系统介绍发达国家生物质能开发、利用方面的著作,既有政策法规方面的经验,又有技术方面的进展,尤其是在生物质能资源的获得(如秸秆的收集、能源作物的种植、生物质的预处理)等方面的内容在国内的出版

物中是不多见的。本书是编者根据从事生物质能领域工作多年的经验，在广泛收集资料的基础上编写而成，希望对读者能有所裨益。

在编写过程中，王孟杰教授欣然推荐本书，崔明研究员和张玉华高级工程师支持了本书的出版，吴文树工程师在图形处理方面做了大量工作，在此一并表示感谢。由于时间仓促和编者水平所限，书中难免存在不足和疏漏，敬请读者批评指正。

编 者

2006 年 1 月于北京

内 容 提 要

生物质能作为一种清洁能源，具有可再生和环境友好的双重属性。发展生物质能，既利于能源多元化，缓解能源紧张，又保护生态环境，减少温室气体排放。本书以欧盟为主系统地介绍了发达国家生物质能技术和政策的发展状况，包括世界能源形势和生物质能在能源供应中的地位，欧盟生物质能利用现状和促进可再生能源的政策措施，以及作为生物质能利用先进国家的典型——丹麦的能源政策、生物质能利用现状、技术、环境影响和经济评价。书中内容对我国生物质能源的开发利用具有参考价值。本书可供从事可再生能源的管理、研究和教学人员，大专院校学生参考之用，也可供所有关注能源问题的社会各界人士阅读。

目 录

第 1 章 生物质能与世界能源供应	1
1.1 世界能源发展现状与展望	1
1.1.1 世界能源消费现状	1
1.1.2 世界石油资源的分布与供需平衡	3
1.1.3 能源发展趋势与可再生能源	5
1.2 生物质能在世界能源供应中的地位	6
1.2.1 一次能源供应	6
1.2.2 电力生产	9
1.2.3 前景展望	10
1.3 生物质能在经合组织能源供应中的地位	11
1.3.1 一次能源供应	11
1.3.2 装机容量	13
1.3.3 电力生产	15
第 2 章 欧盟生物质能利用现状	19
2.1 欧盟能源发展现状	20
2.1.1 能源消费	20
2.1.2 能源供应	21
2.1.3 生物质能的供应	22
2.2 生物质能技术发展现状	24
2.2.1 户用生物质炉灶	25
2.2.2 区域供热技术	26
2.2.3 发电/热电联产技术	26
2.2.4 生物燃料	30
2.2.5 热解技术	31
2.2.6 厌氧发酵技术	31

第3章 欧盟促进可再生能源的政策措施	33
3.1 共同行动方案《未来的能源——可再生能源》白皮书	33
3.2 能源战略——《迈向欧洲能源供应安全战略》绿皮书	35
3.3 可再生能源法律框架的建设	37
3.4 促进可再生能源发展措施	39
3.4.1 启动方案	39
3.4.2 可再生能源计划	39
3.4.3 智能化能源计划	40
3.4.4 欧盟研究计划	40
3.5 各成员国的能源政策和目标	41
3.6 可再生能源发电配额制	43
第4章 欧盟生物质资源可获得性分析	46
4.1 生物质资源分类	46
4.2 供应潜力分析	47
4.2.1 农业生物质资源	48
4.2.2 林业生物质资源	50
4.2.3 工业生物质资源	51
4.2.4 固体废物	52
4.3 生物质资源潜力分析	52
第5章 丹麦能源政策	55
5.1 四部能源计划	56
5.2 欧盟的影响	59
5.3 促进可再生能源发展政策	59
5.3.1 供热法案	59
5.3.2 二氧化碳法案	59
5.3.3 可再生能源发展计划	60
5.3.4 供热厂补贴计划	60
5.3.5 生物质能协定	60
5.3.6 政策稳定性	61
第6章 丹麦农作物秸秆资源的利用	62
6.1 农作物秸秆	62
6.1.1 秸秆利用途径	62
6.1.2 秸秆交易市场	63

6.1.3	秸秆能源利用	64
6.1.4	秸秆清洗处理	66
6.1.5	秸秆的价格	67
6.1.6	运输能耗及其 CO ₂ 的排放	68
6.2	一年生能源作物	68
6.2.1	能源作物在小型锅炉的应用	69
6.2.2	谷物燃烧生产性试验	69
6.2.3	1997~2000 年能源作物示范项目	70
6.3	秸秆的预处理	71
6.3.1	秸秆捆扎与切碎	71
6.3.2	秸秆运输	72
6.3.3	劳动力需求	75
6.3.4	交付用户	76
6.4	农场锅炉	78
6.4.1	间歇式锅炉	79
6.4.2	自动进料锅炉	81
6.4.3	小型生物质燃料锅炉的型式试验	83
6.4.4	获取经验与未来发展	84
6.5	邻域供热	85
6.5.1	组织形式与技术	85
6.5.2	用户协议	86
6.5.3	技术参数	87
6.6	区域供热	87
6.6.1	锅炉规模	88
6.6.2	锅炉类型	89
6.6.3	烟气净化	93
6.6.4	储热水箱	94
6.6.5	控制、调节和监测	95
6.6.6	环境状况	95
6.6.7	噪声	97
6.6.8	安全	97
6.6.9	与其他燃料混合燃烧	98
6.6.10	投资与运行	98

6.7 热电联产/发电	100
6.7.1 热电联产的原理	100
6.7.2 五个热电厂	102
6.7.3 Grenaa 和 Maabjerg 热电厂	107
6.7.4 环境要求	109
6.7.5 建造成本与运行费用	109
6.7.6 秸秆在电厂的应用	109
6.8 秸秆利用的副产品	113
6.8.1 秸秆灰	113
6.8.2 结渣和固化	114
第7章 丹麦木材能源的利用	116
7.1 木材能源	116
7.1.1 消费与资源量	116
7.1.2 造林和木材能源	118
7.1.3 能源林场(短轮伐期灌木)	121
7.1.4 木材能源的物理特性	125
7.2 木材能源生产	129
7.2.1 木屑的来源	129
7.2.2 木屑的生产	130
7.3 木材能源的采购与销售	136
7.3.1 薪柴	136
7.3.2 木屑	138
7.3.3 木质颗粒和压块燃料	141
7.3.4 树皮	141
7.3.5 锯末和刨花	141
7.4 木材能源对环境的影响	142
7.4.1 木屑与可持续林业	142
7.4.2 木屑和颗粒燃料工作环境	145
7.5 木材燃烧原理	148
7.5.1 燃烧过程	149
7.5.2 燃料尺寸	150
7.5.3 含水量	150
7.5.4 灰分	150

7.5.5	挥发分	151
7.5.6	过量空气	151
7.5.7	环境影响	152
7.6	小型木材锅炉	152
7.6.1	额定出力	153
7.6.2	手烧炉	154
7.6.3	自动锅炉	154
7.7	区域供热	156
7.7.1	系统规模的选择	157
7.7.2	供热系统	157
7.7.3	环境影响评价	166
7.7.4	安全	168
7.7.5	人力需求	168
7.7.6	投资与运行	168
7.8	热电联产/发电	171
7.8.1	电力公司所属系统	171
7.8.2	区域供热系统	174
7.8.3	工业系统	175
7.9	气化及其他热电联产技术	177
7.9.1	气化技术的热电联产	177
7.9.2	气化技术进展	179
7.9.3	Haslev 热解系统	182
7.9.4	快速热解技术	184
7.9.5	小型燃烧技术	184
附录		188
附录 1	气候变化与《京都议定书》	188
附录 2	可再生能源	191
附录 3	单位与缩写	194
参考文献		197

第1章

生物质能与世界能源供应

1.1 世界能源发展现状与展望

1.1.1 世界能源消费现状

在世界经济强劲发展势头的推动下，2004 年是世界能源市场持续高速增长的第二年。一次能源消费总量为 10224.4Mtoe^①，与 2003 年相比增长了 4.3%。其中，增长最快的地区是亚太地区，占世界一次能源消费量的 31.3%，增长率达 8.9%；北美（占 27.2%）增长率最低，为 1.6%（表1-1）。

表 1-1 分地区世界一次能源消费总量/Mtoe

地 区	年 份	1990	1995	2000	2003	2004	与 2003 年相 比增长率/%	所占比 例/%
北美洲		2315.9	2506.0	2736.3	2741.3	2784.4	1.6	27.2
中南美洲		321.1	385.1	450.7	460.2	483.1	5.0	4.7
欧洲		3205.5	2782.3	2830.4	2908.0	2964.0	1.9	29.0
中东地区		259.2	335.1	395.8	454.2	481.9	6.1	4.7
非洲		222.9	246.2	276.8	300.1	312.1	4.0	3.1
亚太地区		1794.6	2288.6	2389.7	2937.0	3198.8	8.9	31.3
世界		8119.2	8543.3	9079.7	9800.8	10224.3		
其中:欧盟 25 国(2004 年)		1558.5	1565.8	1655.1	1697.5	1718.8	1.3	16.8
经合组织 ^①		4587.0	4937.1	5359.4	5414.5	5503.3	1.6	53.8
前苏联地区		1424.4	996.3	940.8	977.3	1004.3	2.8	9.8

① 经济合作与发展组织（Organization for Economic Cooperation and Development, OECD）是西方国家协调经济和社会政策的国际组织。简称“经合组织”。前身为 1948 年 4 月 16 日西欧十多个国家成立的欧洲经济合作组织。1960 年 12 月 14 日，加拿大、美国及欧洲经济合作组织的成员国等共 20 个国家签署《经济合作与发展组织公约》，决定成立经济合作与发展组织，在公约获得规定数目成员国议会的批准后，《经济合作与发展组织公约》于 1961 年 9 月 30 日在巴黎生效，经济合作与发展组织正式成立，总部设在巴黎。

资料来源：BP Statistical Review of World Energy 2005。不包括除水电之外的可再生能源（下同）。

① toe 为吨石油当量（tons oil equivalent）。

煤炭在所有的燃料中增长最快, 2004 年增长了 6.3%, 其中 75% 的增长来自中国。除中国外, 世界煤炭消费量虽有上升, 但低于 2003 年的增长水平。石油创 1976 年以来新高, 首次超过 8000 万桶/d, 消费量增长了近 250 万桶/d, 增长率为 3.4%, 是过去 10 年平均增长率的 2 倍多。天然气消费增长了 3.3%, 而最近 10 年年均增长率仅为 2.3%。核能和水电的增长率分别为 5% 和 4.4% (表 1-2)。

表 1-2 按燃料类别世界一次能源的消费量/Mtoe

项 目 \ 年 份	1990	1995	2000	2003	2004	与 2003 年相比增长率/%	所占比例/%
石油	3170.6	3251.0	3538.7	3641.8	3767.1	3.4	36.84
天然气	1800.0	1938.5	2194.5	2343.2	2420.4	3.3	23.67
煤炭	2253.8	2259.3	2148.1	2613.5	2778.2	6.3	27.17
核能	453.2	526.1	584.5	598.2	624.3	4.4	6.11
水电	494.5	568.7	614.0	604.1	634.4	5.0	6.20
世界	8119.0	8543.3	9079.8	9800.8	10224.4		

资料来源: BP Statistical Review of World Energy 2005。

2004 年世界能源消费量前十位的国家 (表 1-3) 中, 除中国和印度外, 其他各国能源结构均呈现出以油气为主的特点。美国是世界能源消费第一大国, 一次能源消费总量为 2331.6Mtoe, 其中石油占 40.21%, 天然气占 24.96%。俄罗斯和英国的能源消费结构中天然气居第一位, 分别为 54.11% 和 38.87%。核电在法国的能源消费居第一位 (占 38.57%)。中国和印度则以煤为主, 分别占一次能源消费量的 69.03% 和 54.50%。

表 1-3 2004 年世界主要国家能源消费结构

项 目 国 家	一次能源总 耗量/Mtoe	所占比例/%				
		石油	天然气	煤炭	核电	水电
美国	2331.6	40.21	24.96	24.20	8.06	2.56
中国	1386.2	22.26	2.53	69.03	0.82	5.35
俄罗斯	668.6	19.22	54.11	15.84	4.85	5.98
日本	514.6	46.93	12.61	23.47	12.59	4.39
印度	375.8	31.75	7.69	54.50	1.01	5.06
德国	330.4	37.41	23.40	25.94	11.44	1.85
加拿大	307.5	32.39	26.18	9.92	6.67	24.85
法国	262.9	35.76	15.29	4.75	38.57	5.63
英国	226.9	35.61	38.87	16.79	7.98	0.75
韩国	217.2	48.25	13.08	24.45	13.63	0.60

资料来源: BP Statistical Review of World Energy 2005。

1.1.2 世界石油资源的分布与供需平衡

(1) 世界石油资源及其分布 石油的分布、产量和消费量在世界上是不均衡的。根据英国石油公司 (BP) 2005 年《世界能源统计》，截至 2004 年底，世界石油探明储量为 11886 亿桶，储产比为 40.5。世界石油资源主要分布在中东地区和石油输出国组织 (OPEC)^① 国家，其中中东地区为 7339 亿桶，占 61.7%；中南美洲 8.5%，非洲 9.4%，前苏联地区 10.2%，北美洲 5.1%，亚太地区 3.5%，欧洲 11.7%。

排名前 10 位国家集中了世界 78.6% 的探明储量。排名前 5 位国家都集中在中东地区，依次为沙特阿拉伯 (探明储量 2627 亿桶，占世界比例 22.1%)、伊朗 (探明储量 1325 亿桶，占世界比例 11.1%)、伊拉克 (探明储量 1150 亿桶，占世界比例 9.7%)、科威特 (探明储量 990 亿桶，占世界比例 8.3%)、阿联酋 (探明储量 978 亿桶，占世界比例 8.2%)。其他排名顺序为委内瑞拉、俄罗斯、哈萨克斯坦、利比亚和尼日利亚。中国的探明储量为 171 亿桶，占世界探明储量的 1.4%，仅次于美国列世界第 12 位 (表 1-4)。中东地区仍是世界石油的主要产地。

表 1-4 世界主要国家石油探明储量/10 亿桶

国家(或地区)	1984 年底	1994 年底	2003 年底	2004 年底	占世界总量比例/%	储产比
沙特阿拉伯	171.7	261.4	262.7	262.7	22.1	67.8
伊朗	58.9	94.3	133.3	132.5	11.1	88.7
伊拉克	65.0	100.0	115.0	115.0	9.7	>100
科威特	92.7	96.5	99.0	99.0	8.3	>100
阿联酋	32.5	98.1	97.8	97.8	8.2	>100
委内瑞拉	28.0	64.9	77.2	77.2	6.5	70.8
俄罗斯	—	—	71.2	72.3	6.1	21.3
哈萨克斯坦	—	—	39.6	39.6	3.3	83.6
利比亚	21.4	22.8	39.1	39.1	3.3	66.5
尼日利亚	16.7	21.0	35.3	35.3	3.0	38.4
美国	36.1	29.6	29.4	29.4	2.5	11.1
中国	16.3	16.2	17.1	17.1	1.4	13.4
世界	761.6	1017.5	1188.3	1188.6	100.0	40.5
其中:OPEC	510.0	777.4	891.1	890.3	74.9	73.9
中东地区	430.8	661.7	733.9	733.9	61.7	81.6

资料来源: BP Statistical Review of World Energy 2005。

^① 石油输出国组织 (Organization of Petroleum Exporting Countries, OPEC)。1960 年 9 月伊拉克、沙特阿拉伯、伊朗、科威特和委内瑞拉等国为对付西方石油公司企业再次降低石油标价。在巴格达举行会议，决定成立石油输出国组织，简称欧佩克，目前共有 11 个成员国。其宗旨是协调成员国石油政策，采取集体行动同外国石油公司进行谈判，维护本国的石油权益。OPEC 旨在通过消除有害不必要的价格波动，确保国际石油市场上石油价格的稳定，保证各成员国在任何情况下都能获得稳定的石油收入，并为石油消费国提供足够、经济、长期的石油供应。

(2) 世界石油的生产与供应 2004 年, 世界石油产量前十位国家依次是沙特阿拉伯、俄罗斯、美国、伊朗、墨西哥、中国、挪威、加拿大、委内瑞拉和阿联酋, 占世界石油总产量的 63.10% (表 1-5)。与 2003 年相比, 除美国和挪威, 各国石油产量均有所上升, 委内瑞拉的增长率最高 (13.8%), 俄罗斯位居第二位 (8.9%); 而美国和挪威的石油有所下降, 分别下降了 2.5% 和 2.1%。OECD 石油产量占世界总产量的 41.1%, 比上年上升 7.7%。中东地区是世界石油的核心, 石油产量占世界总产量的 30.7%, 增长了 6.4%。

表 1-5 世界主要国家石油产量/千桶·d⁻¹

国家(或地区)	1990 年	1995 年	2000 年	2003 年	2004 年	与 2003 年相比增长/%	占产量比例/%
沙特阿拉伯	7105	9127	9511	10222	10584	3.7	13.1
俄罗斯	10405	6288	6536	8544	9285	8.9	11.9
美国	8914	8322	7733	7400	7241	-2.5	8.5
伊朗	3270	3744	3818	3999	4081	2.3	5.2
墨西哥	2977	3065	3450	3789	3824	1.0	4.9
中国	2774	2989	3252	3401	3490	2.9	4.5
挪威	1716	2903	3346	3264	3188	-2.1	3.9
加拿大	1965	2402	2721	3004	3085	3.5	3.8
委内瑞拉	2244	2959	3321	2622	2980	13.8	4.0
阿联酋	2283	2410	2499	2547	2667	5.2	3.3
世界	65470	68103	74950	77054	80260	4.5	100.0
其中:OPEC	24629	27702	31354	30686	32927	7.7	41.1
中东地区	17540	20270	23378	23163	24571	6.4	30.7

资料来源: BP Statistical Review of World Energy 2005。

尽管世界石油供应来源多元化使中东地区石油产量在世界石油的比例有所下降, 但无论在过去还是现在, 中东地区的石油地位仍是其他地区所无法取代的。而且, 中东地区石油探明储量和储产比远高于其他地区。随着其他地区石油开采加快和资源的减少, 中东地区石油生产和供应对世界经济健康发展至关重要。

(3) 世界石油的消费与供需平衡 2004 年, 世界石油消费前十位的国家依次为美国、中国、日本、德国、俄罗斯、印度、韩国、加拿大、法国和墨西哥, 占世界石油消费总量的 59.60% (表 1-6)。发展中国家石油消费呈增长态势, 发达国家石油消费近年略有减少。中国石油消费的增长速度最高, 与 2003 年相比增长了 15.8%; 印度居第二位, 增长了 5.5%。经合组织占世界石油消费总量的 59.8%, 增长率为 1.3%。

表 1-6 世界主要国家石油消费量/千桶·d⁻¹

国家(或地区)	2003 年	2004 年	与 2003 年相比增长率/%	占消费量的比例/%
美国	20033	20517	2.8	24.9
中国	5791	6684	15.8	8.2
日本	5455	5288	-3.0	6.4
德国	2664	2625	-1.2	3.3
俄罗斯	2503	2574	3.1	3.4
印度	2420	2555	5.5	3.2
韩国	2300	2280	-0.8	2.8
加拿大	2131	2206	3.9	2.6
法国	1965	1975	0.9	2.5
墨西哥	1885	1896	1.8	2.3
世界	78294	80757	3.4	100.0
其中:经合组织	48282	48777	1.3	59.8
欧盟 25 国	14538	14637	0.9	18.4

资料来源: BP Statistical Review of World Energy 2005。

2004 年世界石油供应基本保持平衡,但石油生产和消费在地域分布上却并不平衡。主要石油消费国主要分布在北美、亚洲和欧洲,由于本国不生产石油或产量低于消费量,需要从主要产油国进口石油。2004 年,石油进口国和出口国的石油贸易量约为 48110 千桶/d,约占世界石油消费量的 60%。世界石油市场主要流向是从中东产油国(40.8%)、北非和中非(14.5%)、前苏联(13.4%)、墨西哥和中南美洲(11.0%)流向美国(26.8%)、欧洲(26.1%)和日本(10.8%)。

1.1.3 能源发展趋势与可再生能源

现代经济建立在以蒸汽机技术、内燃机技术为平台的基础上,能源作为人类经济社会前进的动力,深刻广泛地影响到人类生产和生活的方方面面。未来世界能源需求将持续增长,预计 2020 年达到 230 亿吨标准煤。同时,化石能源仍然较为丰富,按现在开发利用强度和回收率,其探明储量可供全世界使用 50~100 年以上。而且,化石能源利用技术已经成熟,且价格低廉。传统的化石能源在较长时期仍是能源生产与消费的主体。

但是,目前世界能源发展已经进入一个崭新的时期,能源结构将呈现多元化发展趋势。“石油危机”的出现和化石能源利用所带来的环境和气候变化(见附录 1)问题,使人们对不可再生化石燃料储量的有限性和使用局限