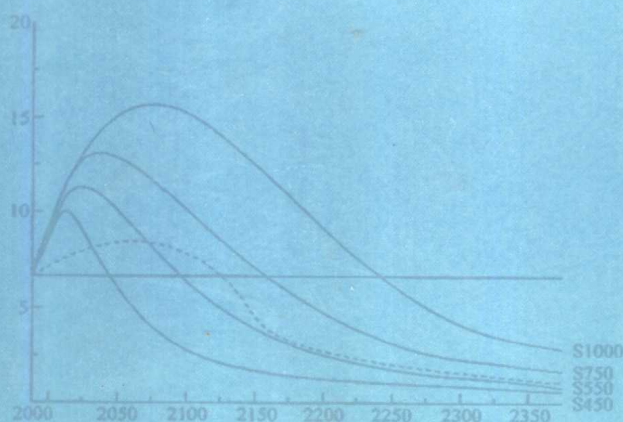


以煤为主多元化的 清洁能源战略

吴宗鑫 陈文颖 著



清华大学出版社

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

以煤为主多元化的 清洁能源战略

吴宗鑫 陈文颖 著

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

本书是关于中国能源发展战略的学术专著,以研究中国未来能源需求和供应前景为基础,探讨中国能源发展的战略。内容包括:引论、能源与社会经济的发展、未来中国能源需求构想方案、高效洁净能源新技术、能源和全球气候变化问题、以煤为主多元化清洁能源战略。全书系统地阐述了中国能源现状和特点、世界能源发展形势、中国能源资源、中国能源发展战略的目标考虑;全面地分析了影响能源消费的基本因素,阐明了能源利用和社会经济活动的基本关系;依据历史数据和国际比较的方法预测了未来中国能源的服务需求;详尽地探讨了高效清洁的能源新技术;剖析了全球气候变化问题对中国未来能源生产和利用方式产生的重大影响和对策措施;应用 MARKAL 模型研究了中国未来能源系统的基准方案、SO₂ 排放控制、CO₂ 减排以及能源供应安全保障等构想方案。

本书读者主要是能源、环境、气候变化等领域的研究人员、管理人员和决策者。

图书在版编目(CIP)数据

以煤为主多元化的清洁能源战略/吴宗鑫,陈文颖著. —北京:清华大学出版社,2001
ISBN 7-302-04298-5

I. 以... II. ① 吴... ② 陈... III. 能源工业-无污染工艺-发展战略-研究-中国
IV. X77

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 11487 号

出版者:清华大学出版社(北京清华大学学研大厦,邮编 100084)

<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>

印刷者:清华大学印刷厂

发行者:新华书店总店北京发行所

开 本:787×1092 1/16 印张:15.25 字数:347 千字

版 次:2001 年 5 月第 1 版 2001 年 5 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-04298-5/X·33

印 数:0001~3000

定 价:25.00 元

前 言

能源是社会经济赖以发展的物质基础,能源的利用是实施可持续发展战略的最重要问题之一。

中国是世界能源消费大国,能源消费量大约占到目前世界消费量的 11%。但是中国人均能源的消费水平仍很低,大约只有世界平均水平的一半。中国能源的利用效率比较低,虽然自 20 世纪 80 年代以来中国在改进能源效率方面取得了显著的成效,但目前以单位 GDP 产出计算的能源消费强度远高于世界的平均水平。中国一次能源的供应中煤炭占了近 3/4 的比重,这也是中国很多城市中空气污染和大面积酸雨危害的主要原因。

本著作以大量翔实的资料为基础,通过国内外比较建立未来中国能源服务需求的构想方案,结果表明未来中国终端能源的需求量,特别是交通运输能源的需求量均高于目前国内大多数研究所作的估计。这意味着中国能源的发展将面临更为严峻的挑战,包括国内常规一次能源供应不足、交通运输燃料消费需求的大量增加、石油和天然气大量进口的安全保障、城市能源消费造成的空气污染、因全球气候变化问题而对二氧化碳减排的压力等。

书中首次系统地对以煤为主多元化的清洁高效能源系统作为中国中长期能源发展战略进行探讨。阐述了一次能源供应应以煤为主,同时大力发展天然气、石油、水力、核能和可再生能源,形成以煤为主多元化的能源供应系统。煤炭采用高效清洁的新技术,以煤制合成气为基础的多联产系统,煤制合成气加以综合优化的利用:用于城市煤气、合成甲醇、生产二甲醚等合成液体燃料、大规模制氢、燃气发电等。提出了以煤为基础交通运输的代用燃料战略。二甲醚可用于柴油的代用运输燃料,甲醇可作为汽油的添加燃料,有效地减轻环境污染。甲醇和氢能是未来城市交通车辆理想的高效清洁燃料,用于燃料电池电动汽车。

本书运用国际上广泛应用的 MARKAL 模型,并基于上述的以煤为主多元化的清洁能源发展战略,以系统总成本最低为目标,对未来能源供应系统进行技术优化选择,建立了中国未来能源系统的多种构想方案,包括基准构想方案、SO₂ 排放控制、CO₂ 减排以及能源安全保障下限制石油进口等不同的构想方案,为能源政策研究提供了重要的定量分析依据。

著 者

2000 年 11 月于北京

目 录

第 1 章 引论	1
1.1 中国能源现状和特点	1
1.2 未来世界能源形势	8
1.3 中国能源资源	11
1.3.1 煤炭	11
1.3.1.1 中国煤炭资源	11
1.3.1.2 中国煤炭长期供应能力的主要限制因素	12
1.3.2 石油和天然气	14
1.3.3 水能	15
1.3.4 可再生能源	15
1.3.4.1 生物质能	15
1.3.4.2 风能	17
1.3.4.3 太阳能	19
1.4 中国能源发展目标和战略选择	19
1.4.1 促进经济持续发展	19
1.4.2 改进能源环境	20
1.4.2.1 能源环境状况	20
1.4.2.2 改善能源环境,推进可持续发展	22
1.4.3 发展替代运输燃料,保障国家能源安全	26
1.4.4 优化能源结构	30
参考文献	31
第 2 章 能源与社会经济的发展	32
2.1 影响能源消费的基本因素	32
2.1.1 人口和城市化	32
2.1.2 经济的增长	33
2.1.3 产业结构	35
2.1.3.1 人均国内生产总值与产业结构的关系	36
2.1.3.2 产业结构的长期发展趋势	38
2.1.3.3 中国产业结构的特点	39
2.2 能源利用与社会经济活动	40
2.2.1 工业部门的能源消费	43

2.2.2 居民能源消费	45
2.2.2.1 采暖和制冷	47
2.2.2.2 炊事和热水	49
2.2.2.3 照明与家用电器	49
2.2.3 交通运输的能源消费	50
2.2.3.1 货物运输	51
2.2.3.2 客运	54
2.2.3.3 交通运输能耗强度	57
参考文献	59
第3章 未来中国能源需求构想方案	60
3.1 构想方案方法和基本假设	60
3.1.1 构想方案方法	60
3.1.2 人口和经济增长的基本假设	62
3.1.2.1 人口	62
3.1.2.2 经济增长	63
3.1.2.3 产业结构	64
3.2 工业和农业的能源需求构想方案	65
3.2.1 工业能源需求	65
3.2.2 农业能源需求	68
3.3 交通运输能源需求构想方案	68
3.3.1 货物运输能源需求	69
3.3.1.1 交通运输量	69
3.3.1.2 货运方式的构成和能耗水平	70
3.3.1.3 货运终端能源需求	72
3.3.2 旅客交通运输能源需求	72
3.3.2.1 小轿车的能源需求	72
3.3.2.2 其他旅客交通运输能源需求	74
3.4 居民和服务业能源需求构想方案	77
3.4.1 城市居民能源需求	77
3.4.2 农村居民能源需求	82
3.4.3 服务业能源需求	84
3.5 全国终端能源总需求	85
参考文献	89
第4章 高效洁净能源新技术	90
4.1 多联产合成燃料技术	90
4.1.1 煤为原料生产合成气	91

4.1.2	合成液体燃料	96
4.1.3	以煤为原料大规模制氢	99
4.2	清洁煤发电技术	101
4.2.1	超超临界蒸汽参数的常规蒸汽发电	102
4.2.2	加压流化床燃烧联合循环发电	103
4.2.3	煤气化联合循环发电(IGCC)	103
4.2.4	加压粉煤燃烧联合循环发电(PPCC)	104
4.3	核能	107
4.3.1	核能的潜力	107
4.3.2	环境影响的比较	109
4.3.3	资源供应的安全保障	112
4.3.4	核电与其他发电技术经济性比较	113
4.3.4.1	国际上的比较	113
4.3.4.2	国内在建的核电建设项目的经济性评述	115
4.3.4.3	核电与煤电经济性比较	115
4.3.5	核能利用面临的问题	116
4.3.5.1	核能安全性	116
4.3.5.2	核废物的最终处置	118
4.4	可再生能源技术	120
4.4.1	风能发电	120
4.4.2	太阳能的利用	122
4.4.2.1	太阳能热水器	123
4.4.2.2	节能型太阳建筑	126
4.4.2.3	太阳能光伏发电	127
4.4.3	生物质能利用及其工艺技术	129
4.4.3.1	生物质气化技术	130
4.4.3.2	厌氧发酵处理有机废弃物技术	131
4.5	电动汽车——未来城市交通的发展方向	133
4.5.1	蓄电池为动力的电动汽车	134
4.5.2	混合动力汽车	135
4.5.3	氢能汽车和燃料电池	138
	参考资料	143

第5章 能源和全球气候变化问题 144

5.1	温室气体排放	144
5.1.1	温室气体排放与相关的活动	144
5.1.1.1	能源活动	144
5.1.1.2	工业生产过程	147

5.1.1.3	农业	147
5.1.1.4	土地使用变化和森林活动	149
5.1.1.5	废物处理活动	150
5.1.2	温室气体排放的宏观评价指标	150
5.1.3	中国温室气体排放量及其特点	151
5.2	全球温室气体排放构想和排放权分配	154
5.2.1	碳的历史排放	154
5.2.2	未来全球碳排放的构想方案	156
5.2.2.1	IS92 构想方案(无干预的构想方案)	156
5.2.2.2	有干预的稳定浓度构想方案	160
5.2.3	碳排放限额的分配	162
5.2.3.1	碳排放限额分配的原则	162
5.3	减排对策和评估	163
5.3.1	减排对策	163
5.3.1.1	节能和能源效率的改进	164
5.3.1.2	能源替代	165
5.3.1.3	可再生能源和核能	165
5.3.1.4	CO ₂ 的收集和贮存	166
5.3.1.5	植树造林	166
5.3.2	减排构想和减排项目	167
5.3.2.1	减排构想	167
5.3.2.2	减排项目和减排技术	168
5.3.2.3	减排项目基准线的确定	169
5.3.2.4	减排项目案例分析	170
5.3.3	减排对策的评价方法	174
5.3.3.1	成本-效益经济分析	174
5.3.3.2	成本有效性分析	175
5.3.3.3	多目标分析方法	175
5.3.3.4	减排成本曲线	176
5.4	温室气体减排技术及评价	177
5.4.1	发电领域	177
5.4.1.1	发电减排技术	177
5.4.1.2	基准线参考发电技术	178
5.4.1.3	减排增量成本	178
5.4.2	工业锅炉	180
5.4.2.1	主要减排技术	180
5.4.2.2	基准线技术	182
5.4.2.3	减排增量成本	182

5.4.3	工业电动机	182
5.4.4	可再生能源	184
5.4.4.1	生物质能	184
5.4.4.2	太阳能	186
5.4.4.3	风力发电	187
5.4.5	煤层气利用	188
5.4.6	交通运输	190
5.4.7	小结	192
5.5	全球气候变化问题的国际合作机制	193
5.5.1	碳排放权的交易机制	193
5.5.2	京都议定书中的三种机制	196
	参考文献	199
第 6 章	以煤为主多元化的清洁能源战略	200
6.1	未来中国能源发展的战略考虑	200
6.2	应用 MARKAL 模型研究未来能源战略	203
6.2.1	MARKAL 模型简介	203
6.2.2	中国 MARKAL 模型的建立	205
6.3	未来能源需求的基准方案及评价	208
6.3.1	终端能源需求	208
6.3.2	一次能源需求及构成	212
6.3.3	电力构成	215
6.3.4	SO ₂ , CO ₂ 排放及有关宏观指标分析	218
6.4	SO ₂ , CO ₂ 排放控制方案	220
6.4.1	SO ₂ 排放控制方案	220
6.4.2	CO ₂ 排放控制方案	222
6.4.3	SO ₂ 与 CO ₂ 排放同时控制方案	226
6.5	限制油品进口方案	229
	参考文献	230
附录	缩略词与化学名词	231

第 1 章 引 论

1.1 中国能源现状和特点

中国能源的现状和特点如下：

1. 中国是世界能源消费大国,但人均能源消费水平仍很低

中国是一个发展中国家,正处于工业化和城市化的过程中。随着中国的经济发展,能源的消费量也在不断增加。1995 年世界一次能源的总消费量为 115 亿 tce^①,美国 29.7 亿 tce,中国 13.1 亿 tce,中国约占世界一次能源总消费量的 11.4%,仅次于美国,居世界第 2 位。

但中国人均能源消费水平仍很低,1995 年中国人均能源消费量只有 0.92 tce,不及世界平均水平 2.08 tce 的一半。而经济合作与发展组织(OECD)国家的人均消费量为 6.57 tce,是中国的 7.1 倍;美国的人均能源消费量为 11.3 tce,为中国的 12.3 倍。

2. 能源结构以煤为主

1995 年中国一次能源消费构成中,煤炭占 74.6%,石油、天然气、水电分别占 17.5%,1.8%,6.1%。这与世界的能源结构有很大差别,1995 年世界一次能源构成中,石油居第一位,占 39.6%;煤炭居第二位,占 27.3%;天然气、核能、水电分别占 22.4%,7.5%和 2.7%,见图 1.1。中国以煤为主的能源结构是造成能源消费、环境污染和能源利用效率低的重要原因。

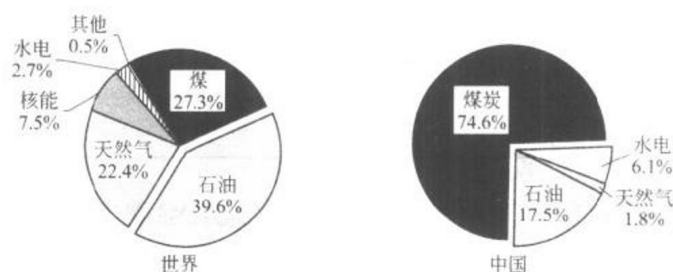


图 1.1 中国和世界能源消费构成的比较(1995 年)

1996 年全世界硬煤的总生产量为 3705 Mt,其中中国为 1375 Mt,产量居第一位。中国煤炭生产除能满足国内消费需求外,还有几千万吨的出口。1996 年中国的原油生产量为 155 Mt,居世界第八位,占世界原油生产量的 4.6%。随着石油消费量的增加,国内石油的生产已不能满足消费的需求。从 1993 年开始,中国已成石油的净进口国,而且进口

^① tce 是能源消费量的单位,指吨标准煤;同理 kgoe 指千克标准煤。

量在逐年增加。1996 年,中国净进口原油 221 万 t,油品 1725 万 t,合计 1946 万 t。近年来中国天然气的生产量也在迅速增加,1990—1998 年间平均年增长率为 4.8%。其中 1996 年的产量为 201 亿 m^3 ,相当于 2360 万 tce,但是也只及全世界天然气消费量 2.3 Tm^3 的 0.87%。

3. 中国的能源利用效率低

国际上通常采用国内生产总值(GDP)的能耗强度作为衡量能源效率的宏观指标。GDP 能耗强度定义为单位国内生产总值所消费的能源量。GDP 能耗强度低,表示能源利用效率高。1995 年中国的 GDP 能耗强度为 1.64 toe/美元,而世界平均水平为 0.39 toe/美元,中国是世界水平的 4.2 倍。同年 OECD 国家的平均水平只有 0.25 toe/美元,中国是 OECD 国家的 6.56 倍。这表明中国的能源利用效率比 OECD 国家乃至世界大多数国家低得多,中国要比世界上大多数国家多消耗三倍多的能源,才能生产出一美元的 GDP。究其原因有如下几个方面:

(1) 产品的附加价值低

如果不是用以汇率计算的 GDP,而是用以购买力平价(PPP)计算的 GDP,那么中国的 GDP 能耗强度与世界相比,就没有那样大的差别。以 PPP 计算的 GDP 表示,GDP 生产提供的货品和服务对于各个国家均用相同的价格计算,这就意味着对于各国来说,每个产品或每项服务均具有相同的附加价值。由于发展中国家以 PPP 计算的 GDP 比以汇率计算的 GDP 高得多,就意味着发展中国家产品的附加价值低得多。表 1.1 给出了一些国家 GDP(PPP)与 GDP 的比值。

表 1.1 一些国家 GDP(PPP)与 GDP 的比值(1995 年)

国家	中国	巴西	埃及	印度	印尼
比值	5.16	1.63	4.09	2.98	4.07
国家	美国	德国	法国	英国	日本
比值	1.00	0.79	0.84	0.96	0.78

由表中数据可算得,1995 年中国 GDP(PPP)的能耗强度为 0.32 kgoe/美元,基本上与世界平均水平 0.31 kgoe/美元相当,仅比 OCED 国家平均水平 0.27 kgoe/美元高出 19%。

(2) 高能耗型的产业结构

在国民经济的一、二、三产业中,第二产业是高耗能的产业,其中制造业的能耗强度更高,而第三产业服务业的能耗强度要低得多。中国虽然是发展中国家,但由于处于工业化的过程中,第二产业占 GDP 的比重高达 49%,制造业占第二产业近 80%,高于大多数工业发达国家,比其他发展中国家也高得多。中国服务业占 GDP 的比重 1995 年只达到 31%,比工业发达国家低得多,比大多数发展中国家也低。这种产业结构表明中国的国民经济属于重型的产业结构,即能耗强度高的产业结构。

形成中国国民经济产业结构重型化的主要原因是由于高的投资率。中国国民经济长期保持较高的增长率,资本形成占 GDP 的国内支出一直保持较高的比例,在 35%~40% 之间。资本形成需要投入大量的基本建设物资,如机器设备、建筑材料等,这些产品大多是由第二产业的制造业提供的,从而造成工业的比重特别是制造业的比重很高。

在中国今后的发展过程中,其经济的增长率不可能长期保持如此高的水平,工业的比重、制造业的比重将会适当下降。而且随着市场经济的发展和完善,服务业的比重则会逐步增长。国民经济的产业结构的变化趋势有利于 GDP 能耗强度的下降。

(3) 能源效率低

中国能源系统的总效率很低,1992 年仅为 9%,不到发达国家的一半,而煤炭的总效率更低,只有 6%。这意味着能源可采量经开采、加工、转换、储运、分配到终端利用,有 90% 以上被损失和浪费了。其中开采效率为 32%,中间环节(加工、转换、储运)效率为 70%,终端利用效率为 41%。中间环节效率和终端利用效率的乘积通常称为“能源效率”,我国的能源效率为 29%,比国际先进水平大约低 10 个百分点。

但是近 20 年来中国的 GDP 能耗强度一直在降低,如图 1.2 所示。1980—1998 年间,中国国内生产总值平均以每年 9.9% 的速度增长,而一次能源总消费的年平均增长率只有 4.6%。以能源消费增长率与国内生产总值增长率之比表示的能源弹性只有 0.46,而大多数国家在工业化和城市化的过程中,能源弹性系数都大于 1.0。形成这种良性态势的原因,除了能源效率改进之外,主要是由于国民经济的产业结构和产品结构发生了变化。有些研究表明这部分的贡献大约占到 80%。

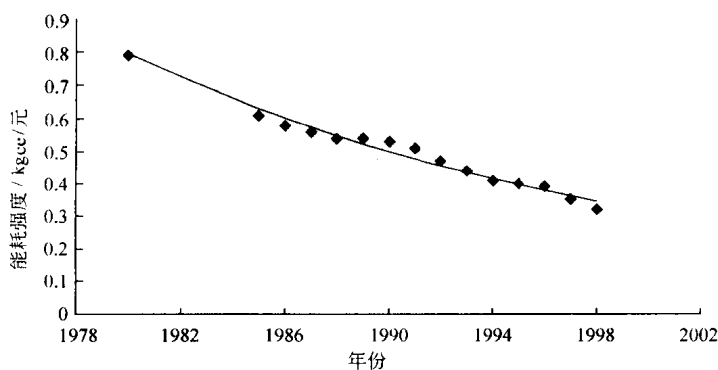


图 1.2 中国 1980—1998 年的 GDP 能耗强度

4. 工业是能源消费大户

一次能源转换成二次能源后,成为各个部门的终端能源消费。能源消费的部门构成指在总的终端能源消费中各个部门所占的比重。在能源消费的部门构成方面,中国与世界也有很大的差别。1995 年中国的能源部门消费构成中,工业占 70.3%,居民占 15%,交通运输、农业、服务业分别占 8.8%,4.4%和 1.5%。而世界的终端能源消费中,工业只占 35.4%,交通运输占 28.3%。OECD 国家的终端能源消费中工业占 32.8%,交通运输占 32.7%。这种结构的差异主要是由于中国产业结构与世界其他国家产业结构的差异

所造成的。中国工业的比重比世界其他国家高得多。高耗能的制造业的比重也比其他国家高得多,中国交通运输能源消费的比重比世界其他国家低得多。这主要是由于,其一,中国交通运输中铁路运输的比重很高,而铁路运输每吨公里运输周转量的能耗大约只有公路运输的十分之一;其二,在城市交通中,自行车占了相当大的比重,在相同的人均 GDP 条件下的小汽车拥有量与其他国家相比要低得多。

在中国经济发展的过程中,在世界经济一体化发展的推动下,中国能源消费部门构成会朝着国际的趋势发展。

5. 电力增长迅速,但电力消费水平仍很低

从 1980 年到 1995 年,中国电力总量由 301 TW·h 增长到 1002 TW·h,平均年增长率为 8.3%,其 GDP 的电力增长弹性系数为 0.84,比 GDP 的能源消费增长弹性系数高得多,也即电力的增长高于能源总量的增长。

电力是一种清洁的二次能源,可集中大规模生产,污染排放容易控制。增加一次能源用于发电的比重,有利于环境保护,而且有利于提高总体能源利用效率。1980 年中国用于发电的能源占一次能源总量的 20.6%,1995 年增加到 31.6%,有了很大的提高。但与工业发达国家相比,这个比重还较低,工业发达国家的比重已达到 40% 以上。

在中国电力的部门消费构成中,工业是最大的消费大户。1995 年工业电力消费占全国电力的 74.5%。1980 年以来,城乡居民的生活用电增长迅速,1980—1995 年间的年平均增长率为 16%,大约是总电力增长率的一倍,到 1995 年,城乡居民的生活用电占总电力的比重已达到 10.8%。

中国电力的燃料构成与一次能源品种构成相类似,也是以煤为主。1995 年中国电力的燃料构成中,煤炭占 77.8%,水能占 19.01%,油气占 2.1%,核能占 1%,其他占 0.1%。1995 年全世界的发电燃料构成中,煤炭占 37.5%,水力占 18.9%,核能占 17.7%,石油和天然气分别占 10.0% 和 14.6%。发电燃料构成比较见图 1.3。

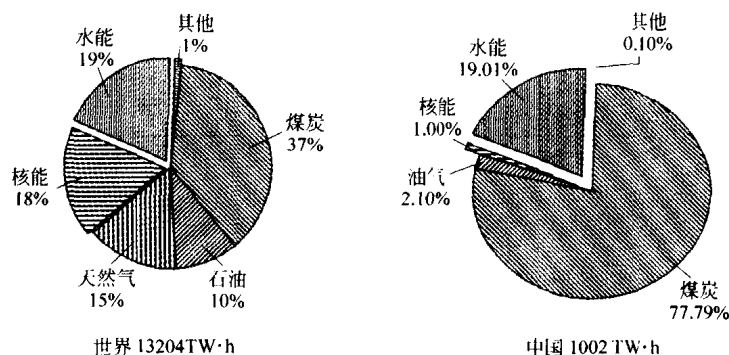


图 1.3 1995 年发电燃料构成比较

中国的电力消费还处于较低的水平。1995 年中国人均电力消费量只有 828 kW·h。而世界平均为 2382 kW·h,是中国的 2.9 倍,OECD 国家的人均电力消费量达 8134 kW·h,约为中国的 10 倍。1995 年中国人均发电装机容量为 0.18 kW,而 OECD 国家为 1.7 kW。人

均电力消耗比较见图 1.4。

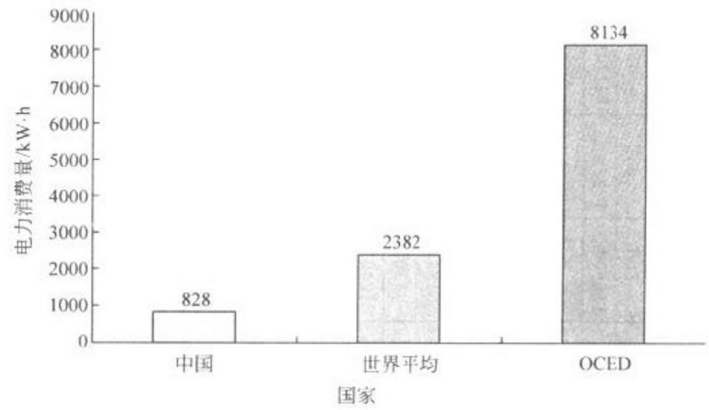


图 1.4 1995 年人均电力消费量的比较

6. 居民能源向优质能源发展

近年来中国城乡居民生活能源消费量增加不多,在终端能源消费中的比重也有所下降。1995 年城乡居民生活能源消费只占终端能源消费的 15%。因此,中国居民生活能源消费还处于较低的水平。

但是在城乡居民能源消费的品种构成中,电力和气体燃料的比重有较大的增长。中国人均居民生活用电的消费水平,由 1980 年的 10 度^①增加到 1995 年的 83 度,平均年增长率为 15.1%。目前,全国有近 1 亿的人口使用气体燃料,大约占城市人口的 27%。

农村居民的能源消费结构也正在由传统能源向商品能源转换,传统能源消费的比重已由 1980 年的 67.01%下降到 1996 年的 31.65%。随着农村经济的发展,这种发展趋势还将继续下去,如表 1.2 所示。

表 1.2 1980—1996 年农村居民生活能源消费和构成

年 份	1980	1985	1990	1991	1992
总消费量/Mtce	262	297	320	320	320
传统能源消费/Mtce	221	234	248	238	229
传统能源所占比重	67.01%	53.32%	45.58%	42.82%	40.19%
年 份	1993	1994	1995	1996	
总消费量/Mtce	332	341	318	337	
传统能源消费/Mtce	231	231	221	203	
传统能源所占比重	38.91%	37.50%	35.22%	31.65%	

全国综合能源平衡表(表 1.3)给出了全国能源消费的总体状况,表 1.4 则给出了全国电力消费状况。

^① 1 度=1 kW·h

表 1.3 全国综合能源平衡表(1980—1996)

万 tce

年 份	1980	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
一、可供消费的能源量	61557	77603	81856	87145	93235	95326	96138	100195	104880	111675	118035	129577	134433
1. 一次能源生产量	63735	85546	88124	91266	95801	101639	103922	104844	107256	111059	118729	129076	132616
2. 回收量										53	68	2312	1891
3. 进口量	261	340	741	661	912	1765	1310	2022	3334	5485	4342	5456	6838
4. 出口量	3058	5774	5745	5795	5767	5746	5875	5819	5633	5329	5772	6776	7529
5. 年初年末库存差额	619	-2509	-1264	1013	2289	-2332	-3219	-852	-77	408	668	-491	-618
二、能源消费总量	60275	76682	80850	86632	92997	96934	98703	103783	109170	115604	122737	131176	138948
在总量中(按产业):													
(一) 第一产业	3471	4045	4238	4471	4709	4742	4852	5099	5020	4734	5105	5505	5717
农、林、牧、渔业	3471	4045	4238	4471	4709	4742	4852	5099	5020	4734	5105	5505	5717
(二) 第二产业	41966	52370	55664	60052	64199	67562	68791	72691	77672	83144	89532	97526	101771
1. 工业	41010	51068	54441	58792	63040	66291	67578	71413	76280	81842	88183	96191	100322
2. 建筑业	956	1302	1223	1260	1159	1271	1213	1278	1393	1301	1349	1335	1449
(三) 第三产业	5255	6949	7365	7786	8555	9047	9261	10000	10842	12492	12686	12400	13746
1. 交通运输、仓储及邮电通信业	2902	3713	3996	4126	4327	4499	4541	4756	5057	5246	5296	5863	5994
2. 批发和零售贸易业、餐饮业	518	766	825	907	1082	1209	1247	1269	1424	1878	1847	2018	2268
3. 其他	1835	2470	2544	2753	3146	3339	3473	3975	4361	5368	5543	4519	5484
(四) 生活消费	9583	13318	13583	14323	15534	15583	15799	15993	15636	15234	15414	15745	17714
1. 城镇		7549	7856	8117	8648	8639	8895	8964	8450	8160	8024	8405	9406
2. 乡村		5770	5727	6206	6886	6944	6904	7029	7186	7075	7389	7339	8306
在总量中(按用途):													
(一) 终端消费量	57508.00	73586.00	77444.00	83005.00	89234.00	92914.00	94289.00	98748.30	104086.60	109281.26	116770.54	124252.81	132731
工业	38293.00	48021.00	51089.00	55211.00	59328.00	62324.00	63239.00	66441.00	71268.50	75579.81	82264.47	89473.23	94342
(二) 加工转换损失量	1358.00	1491.00	1688.00	1828.00	1823.00	1972.00	2264.00	2690.20	2533.40	3517.73	2760.57	3634.20	2902.88
1. 炼焦	644.00	572.00	646.00	711.00	711.00	808.00	905.00	945.60	716.20	579.74	1259.03	1258.66	919.26
2. 炼油	113.00	110.00	127.00	167.00	181.00	218.00	326.00	314.20	579.80	456.43	478.21	478.66	548.93
三、损失量	1409.00	1605.00	1718.00	1799.00	1940.00	2048.00	2150.00	2344.50	2550.20	2804.85	3205.74	3288.56	3314
四、平衡差额	1282.00	920.00	1006.00	513.00	238.00	-1608.00	-2565.00	-3587.90	-4289.90	-3928.36	-4701.71	-1598.16	-4515

表 1.4 全国电力平衡表(1980—1996)

亿 kW·h

年 份	1980	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
一、可供消费量	3006.3	4117.6	4507	4985.2	5466.8	5865.3	6230.4	6804.00	7589.20	8426.45	9260.37	10023.40	10764.29
1. 生产量	3006.3	4106.9	4495.3	4972.7	5452.1	5848.3	6212.00	6775.50	7539.40	8382.56	9280.83	10077.26	10800.17
水电、核电	582.1	923.7	945.3	1000.1	1091.5	1183.9	1267.2	1250.90	1324.70	1543.79	1821.56	2034.10	2023.04
火电	2424.1	3183.2	3550	3972.6	4360.6	4664.2	4944.8	5524.6	6214.7	6838.77	7459.27	8043.16	8777.13
2. 进口量		11.1	12.1	12.9	15.1	17.1	19.3	31.1	49.8	45.06	18.7	6.39	1.24
3. 出口量		0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.9	2.6	0	1.17	38.93	60.25	37.12
二、消费总量	3006.3	4117.6	4507	4985.2	5466.8	5865.3	6230.4	6804	7589.2	8426.45	9260.37	10023.4	10764.29
在总量中(按产业):													
(一) 第一产业	270	317.4	321.9	359.6	378.9	410.5	426.8	479.8	522.4	480.99	530.58	582.42	618.29
农、林、牧、渔业	270	317.4	321.9	359.6	378.9	410.5	426.8	479.8	522.4	480.99	530.58	582.42	618.29
(二) 第二产业	2519	3354.6	3702.3	4084.2	4427.3	4711.7	4938.3	5334.4	5912.9	6590.42	7132.64	7819.43	8226.51
1. 工业	2471.9	3283.4	3648.8	4005.8	4364.6	4646.5	4873.3	5260.20	5830.40	6461.26	6982.95	7659.80	8044.67
2. 建筑业	47.1	71.2	53.5	58.4	62.7	65.2	65	74.20	82.50	129.16	149.69	159.62	181.84
(三) 第三产业	112.1	223.1	234.9	274.9	317.3	347.9	384.5	446.2	513.9	617.95	730.18	615.97	786.45
1. 交通运输、仓储及邮电通信业	26.5	63.4	66.9	76.7	89.5	98.7	105.9	117.2	136.1	146.23	164.04	182.3	197.88
2. 批发和零售贸易业、餐饮业	16.8	38	41.2	49.1	62.5	68.7	76.2	90	111.3	135.71	179.19	199.47	223.14
3. 其他	68.8	121.7	126.8	149.1	165.3	180.5	202.4	239	266.5	336.01	386.95	23.2	365.43
(四) 生活消费	105.2	222.5	247.9	286.5	343.3	395.2	480.8	543.6	640	737.09	866.97	1005.58	1133.04
1. 城镇		122.5	144.3	162.3	194.4	225.1	272.2	319.7	359.8	413.26	467.99	574.65	661.61
2. 乡村		100	103.6	124.2	148.9	170.1	208.6	223.9	280.2	323.83	398.98	430.93	471.43
在总量中(按用途):													
(一) 终端消费量	2763.4	3813.3	4174.9	4624	5087.3	5452	5795.8	6316.5	7043.2	7807.35	8664.3	9278.88	9994.84
工业	2229	2979.1	3316.7	3644.6	3985.1	4233.2	4438.7	4772.7	5284.4	5842.16	6386.88	6915.2929	7275.22
(二) 输配损失量	242.9	304.3	332.1	361.2	379.5	413.3	434.6	487.5	546	619.1	596.07	744.52	769.45

1.2 未来世界能源形势

1995 年全世界一次能源的总消费量为 115 亿 tce,其构成中石油居首位,占 39.6%,其次为煤炭,占 27.3%,天然气为 22.4%,核能 7.5%,水能为 2.7%。

未来世界能源前景将取决于未来世界人口的增长、经济的增长、技术进步、资源状况以及环境问题的制约。世界能源大会(WEC)与国际应用系统分析研究所(IIASA)对 21 世纪世界能源状况进行了预测,并研究了 3 个构想方案:A—经济高速增长方案;B—经济中等增长方案;C—受生态环境制约的方案^[2]。其基本假设如下:

1. 人口增长

世界人口大约 60 年翻一番,1990 年全世界总人口为 53 亿,到 2050 年将增加到 101 亿。城市化水平由目前的 42%将增长到 2050 年的 65%左右。

2. 经济增长

1990—2050 年间, A 方案的 GDP 的年平均增长率为 2.6%~2.7%, B 和 C 方案的年平均增长率为 2.0%~2.2%。按 B 方案测算,世界人均 GDP 将由 1990 年的 4000 美元增长到 2050 年的 7400 美元。发展中国家的人均 GDP 也将由 1990 年的 900 美元增长到 2050 年的 3200 美元左右。

3. 技术进步和能耗强度的下降

从过去的发展看,单位 GDP 消费的能源即 GDP 能耗强度呈下降趋势。促使能耗强度下降的因素包括能源效率的提高、能源成本的下降以及能源结构的优化和经济结构向低能耗强度产业方向的演变等。能耗强度与国家的经济发展水平也是有关的。大体上说,OECD 工业发达国家的能耗强度要比发展中国家的能耗强度低得多(见图 1.5)。据构想方案的估计,1990—2050 年世界能耗强度年平均下降率为 0.8%~1.4%,相应发展

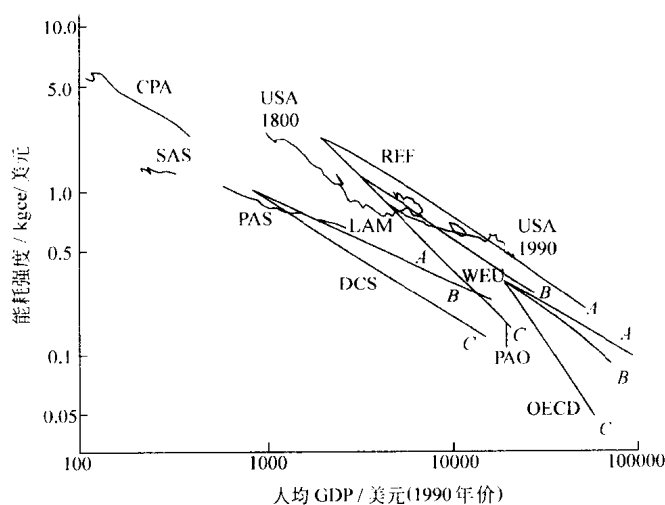


图 1.5 1990 年能耗强度与经济发展水平的关系(历史数据与 A,B,C 构想)

CPA—中国; SAS—南亚国家; REF—经济转轨国家; PAS—其他亚太地区;

PAO—亚太地区; OECD—OECD 国家; DCS—发展中国家; LAM—南美国家; WED—西欧