

中国能源报告(2006)

战略与政策研究

魏一鸣 范英 等著
韩智勇 吴刚

科学出版社

北京

内 容 简 介

能源,与劳动和资本一样,已经成为当今社会的基础性战略资源和经济系统的基本生产要素。自20世纪90年代以来,中国的能源问题研究受到了全世界的关注。

本书针对当前我国能源战略和政策领域的若干热点问题开展研究,并对不同的政策选择进行了分析。作为《中国能源报告》年度系列报告的第一卷,本书是我们对有关能源战略和政策问题研究成果的总结。《中国能源报告》年度系列报告,根据国际国内能源经济形势的变化选择不同主题,进行有针对性的研究,并突出研究的实证性和政策性,为相关决策人员提供参考。

本书适合能源与环境领域的政府公务人员、企业管理人员、高等院校师生、科研人员及相关领域的工作者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

中国能源报告(2006):战略与政策研究/魏一鸣等著.—北京:科学出版社,2006

ISBN 7-03-017002-4

I.中… II.魏… III.①能源经济-经济发展战略-研究报告-中国-2006 ②能源经济-经济政策-研究报告-中国-2006 IV.F426.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 018683 号

责任编辑:刘宝莉 / 责任校对:李奕萱

责任印制:安春生 / 封面设计:陈 敬

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006年3月第一版 开本:787×1092 1/16

2006年3月第一次印刷 印张:20 1/4

印数:1—2 000 字数:451 000

定价:50.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

课题组成员名单

课题负责人：魏一鸣 范 英

成 员：（按姓氏笔画排序）

马晓微 王 宇 刘兰翠 杨瑞广 吴 刚 何凌云
邹乐乐 汪 立 张 愉 张九天 范 英 范亚雯
徐才华 梁 强 梁巧梅 韩智勇 焦建玲 廖 华
魏一鸣

前 言

能源，与劳动和资本一样，已经成为当今社会的基础性战略资源和经济系统的基本生产要素。能源的短缺，不论是总量的还是结构性的，都会直接和显著的影响国家经济与社会发展。中国的能源供给，长期以来实行“立足国内，以煤为主”的方针，虽然造成中国能源消费结构落后于国际先进水平，但在总量上基本保证了国内社会发展和经济增长的需要。改革开放之后，制度与管理创新以及技术引进和扩散等因素，促进了中国能源效率的提高，实现了能源消费的相对低速增长。

自 20 世纪 90 年代以来，中国经济的持续快速增长造成中国能源进口依存度，尤其是石油进口依存度迅速增加。同时世界能源市场发生剧烈动荡，国际原油价格急剧攀升，一度突破了每桶 70 美元的历史最高价。高涨的国际油价大幅度提高了中国经济增长的能源成本，国家能源安全已成为中国政府和社会高度关注的战略问题。

本书针对当前中国能源战略和政策领域的若干热点问题开展研究，并对不同的政策选择进行了分析，希望为中国能源战略和政策的制定提供决策参考。本报告关注的主要能源战略与政策问题包括：

1) 中国能源经济的总量与结构

改革开放以来，中国在经济持续快速增长的同时保持了能源消费的低速增长，这使得中国能源-经济关系的真实性和可持续性成为国内外研究的焦点。进入 21 世纪，中国经济快速增长与能源消费低速增长的关系能否长期保持？中国政府制定的增长目标将会对能源需求形成怎样的推动？中国能源经济之间存在怎样的因果关系？控制能源消费会不会对中国经济增长目标造成冲击？中国经济结构调整对能源强度产生了怎样的影响？中国能源强度的下降趋势能否继续？能源投入对中国经济增长的支撑作用到底有多大？不同能源对经济增长的作用有何不同？如何通过能源结构的调整达到保持经济增长和降低能源消费双重目标？这些是中国能源经济研究中的一些基本问题，也是能源战略和能源政策制定者研究的首要问题。

2) 中国能源供给与需求预测

进入 21 世纪，我国社会主义市场经济体制已初步建立，但我国的能源产业仍处在从计划体制向市场体制转变的过程中。体制的转变，使我们能源战略和政策制定的方法产生了根本的变化，能源需求和供给不能再采取国家计划的方式进行控制。在这种情况下，对能源的供给和需求进行科学准确的分析和预测，成为制定能源战略和政策的重要依据。特别是，2020 年全面建设小康社会时期，中国需要多少能源？中国可从哪些方面控制能源的快速增长？如何促进地区间能源调配有效地发挥作用？全面建设小康社会期间煤炭供应能力如何？如何解决国有煤矿超负荷生产的状况？

3) 国际石油市场波动及其对策

随着我国石油进口量的大幅度增长,石油对外依存度显著提高,我国石油市场和国民经济也越来越容易受到国际油价变化的影响。国际石油价格波动存在怎样的规律?国际和国内原油价格存在怎样的互动关系?国内原油价格与成品油价格之间又具有怎样的关系?国际油价波动到底会对我国产生多大的影响?未来的油价走势如何?我国应该采取怎样的石油定价机制,才能更好地规避市场风险,保障石油安全?我国应该采取怎样的石油战略来面对竞争日益激烈的世界石油市场?这些问题的研究结果将为我国石油战略制定提供科学依据。

4) 能源环境问题与二氧化碳减排

2005年2月16日《京都议定书》正式生效,中国作为世界上第二大二氧化碳排放国家,能源环境问题面临机遇和挑战。后京都时代的温室气体减排谈判已经展开,发展中国的温室气体减排将成为重点讨论议题之一,中国的二氧化碳减排备受世界瞩目。二氧化碳排放受哪些因素的制约?这些因素在不同阶段的影响又是如何?目前中国的碳排放强度呈下降的趋势,与发达国家经济发展同时期的碳排放强度变化轨迹相反,是什么因素促使中国的碳排放强度呈现快速下降的趋势,这种趋势在未来还能否保持,采取哪些政策措施可以促使其进一步降低?随着未来中国经济的持续快速发展,二氧化碳排放的增长趋势如何?针对这些问题的实证研究将为我国未来的温室气体减排策略及其相关能源环境政策提供决策的依据。

5) 战略石油储备与国家能源安全

在纷繁复杂的国际能源地缘政治背景下,面对国际原油价格的持续高企,我国作为主要石油进口国,国家战略石油储备已经启动,但是要达到相当规模还需时日,因此,我国的能源安全问题不容乐观。中国能源安全面临哪些隐患?国际能源署规定的90天战略石油储备规模是否适合我国的经济发展与能源安全?2010年和2020年我国最优的国家战略石油储备规模是多少?我国石油进口的多元化指数如何变化?与主要石油进口国相比,如何降低我国的石油进口风险指数?围绕上述问题,我们应用定性与定量相结合的综合集成方法,建立了一系列数学模型,进行了全面系统的比较分析,并提出了若干保障我国能源安全的政策建议。

6) 能源技术进步与变迁

实现经济、能源和环境三大系统可持续协调发展的过程中,能源技术进步将发挥核心作用。这就要求能源战略与政策的制定者必须对能源技术变迁有充足、全面的理解,如能源技术变迁的动力、速率与方向等。世界能源技术变迁经历了怎样的阶段?每一阶段技术变迁的动力是什么?国际能源技术R&D投入的动态具有什么样的特点?其在技术组合和国家分布上又呈现何种趋势?国际经验为我国能源技术政策的制定提供了哪些有益的参考和借鉴?我国未来能源技术替代应遵循什么路线?中国可再生能源技术政策的特点与不足表现在哪些方面?通过对世界能源技术系统的实证研究和对中国能源政策的分析,我们对这些问题进行了研究。

本书作为《中国能源报告》系列报告的第一卷,是能源与环境政策研究中心对有关能源战略和政策问题研究成果的总结。《中国能源报告》年度系列报告,根据国际国内

能源经济形势的变化选择不同主题，进行有针对性的研究。《中国能源报告》将突出研究的实证性和政策性，通过对不同时期能源经济领域的焦点和热点问题开展实证研究和政策分析，为决策者提供科学决策的依据和参考。

期望本书在为决策者提供支持的同时，也能与能源政策研究领域的同行交流。因此，《中国能源报告》既针对具体问题的政策分析，也简要论述了每一个问题的研究思路，采用的计量模型和方法，以及数据的来源和处理，研究结果的分析与讨论等内容。

本辑报告的编写由魏一鸣、范英负责总体设计、策划、组织和统稿。第一章由廖华、吴刚、张愉、徐才华、马晓微、何凌云、范亚雯完成，第二章由韩智勇、魏一鸣完成，第三章由魏一鸣、梁巧梅、杨瑞广、范英完成，第四章由范英、梁强、焦建玲、魏一鸣完成，第五章由刘兰翠、梁巧梅、范英、魏一鸣完成，第六章由吴刚、魏一鸣完成，第七章由张九天、魏一鸣、范英、韩智勇完成，第八章由魏一鸣、范英、吴刚完成。

在本报告的研究与撰写过程中，得到了“十五”国家科技攻关课题、国家杰出青年科学基金（No. 70425001）、国家自然科学基金（No. 70573104）支持。先后得到了韩大匡院士、陈述彭院士、倪维斗院士、徐伟宣、孙洪、田保国、沈建忠、延吉生、黎懋明、陈晓田、于景元、乌家培、李善同、周寄中、汪寿阳、张维、黄季焜、涂序彦、岗秦麟、方朝亮、杨列勋、张永刚、李景明、计雷、蔡晨、李之杰、宋建国、葛家理、王庭斌、张抗、冯三利、胡爱梅、金周英、刘修源等专家和领导的鼓励、指导、支持和无私帮助。在此，向他们表示衷心感谢和崇高的敬意！感谢报告引文中的所有作者！

限于我们的知识修养和学术水平，报告中难免存在诸多缺陷与不足，恳请读者批评、指正！

魏一鸣

2006年1月4日于中关村

目 录

前言

第一章 中国能源发展回顾	1
1.1 世界能源发展	2
1.1.1 世界能源储量及分布	2
1.1.2 世界经济增长与能源消费	4
1.1.3 世界能源市场	5
1.1.4 国际能源与环境合作	7
1.2 中国能源生产回顾	8
1.2.1 中国能源的储量与分布	8
1.2.2 中国能源生产量及生产结构	10
1.2.3 可再生能源的生产与发展	13
1.3 中国能源消费	13
1.3.1 中国能源消费量及消费结构	13
1.3.2 各产业部门能源消费	16
1.3.3 能源效率与节能	17
1.4 区域能源消费与资源、经济关系	18
1.4.1 数据来源与预处理	18
1.4.2 能源消费的区域分布	19
1.4.3 能源消费和能源资源的区域差异	23
1.4.4 能源消费和资源分布、经济发展水平之间的区域差异	25
1.5 本章小结	28
第二章 中国能源经济的总量与结构关系	30
2.1 中国能源消费与经济增长之间的协整性与因果关系	31
2.1.1 序列间协整性与因果关系的检验方法	31
2.1.2 中国能源经济总量之间的协整性与因果关系	33
2.1.3 各产业能源经济的协整性与因果关系	37
2.1.4 主要结论与政策建议	40
2.2 中国经济结构变化与能源强度分析	42
2.2.1 基于结构分解分析方法的能源强度分析	43
2.2.2 中国经济结构变化对能源强度的影响	44
2.2.3 中国工业行业结构变化对能源强度的影响	49
2.2.4 主要结论与政策建议	53

2.3	中国能源结构变化与能源效率分析	54
2.3.1	中国能源经济及能源效率的变化趋势	55
2.3.2	中国能源结构变化影响能源效率的定量研究	57
2.3.3	中国的能源边际效率及其边际替代比率	61
2.3.4	主要结论与政策建议	64
2.4	本章小结	66
第三章	中国能源供需的分析与预测	68
3.1	中国 2020 年能源需求预测	69
3.1.1	能源需求研究现状	69
3.1.2	情景分析与投入产出方法	69
3.1.3	能源需求预测系统 CErCmA	71
3.1.4	2020 年能源需求情景分析	71
3.1.5	主要结论	76
3.1.6	政策建议	84
3.2	煤炭供应系统的经济分析	84
3.2.1	煤炭供应的系统动力学分析模型与数据	85
3.2.2	投资对煤炭供应能力的影响	90
3.2.3	结果分析与政策讨论	90
3.3	本章小结	91
第四章	石油市场波动及其政策研究	93
4.1	国际石油价格波动特征分析	94
4.1.1	国际石油价格对全球经济的影响	94
4.1.2	三次石油危机的油价价位特征	94
4.1.3	2005 年的油价价位特征	99
4.1.4	国际原油价格的长期走势分析	100
4.1.5	国际国内原油价格短期波动分析	103
4.1.6	主要结论与政策建议	105
4.2	国际国内原油价格互动关系分析	107
4.2.1	国际国内原油价格的长期关系	107
4.2.2	国际国内原油价格的短期关系分析	108
4.2.3	国际油价对国内油价的动态影响分析	110
4.2.4	主要结论与政策建议	112
4.3	中国原油、成品油价格变化特征分析	115
4.3.1	汽油、柴油和原油价格之间的相关性分析	115
4.3.2	汽油、柴油与原油价格之间的比价 (或对数差价) 分析	117
4.3.3	汽油、柴油价格对原油价格的动态响应关系	120
4.3.4	主要结论与政策建议	125

4.4	国际油价波动对中国经济的影响	125
4.4.1	油价波动的可计算一般均衡模型	127
4.4.2	油价波动的情景分析	130
4.4.3	主要结论与政策建议	143
4.5	国际石油价格预测	145
4.5.1	变化多端的国际石油价格	145
4.5.2	基于小波分析的长期油价预测	149
4.5.3	基于模式匹配的中短期油价预测	153
4.5.4	采用期货价格调整的中短期油价预测	159
4.5.5	主要结论与政策建议	161
4.6	中国石油定价机制分析	163
4.6.1	中国原油、成品油定价机制发展概况	163
4.6.2	中国石油定价机制存在的主要问题	165
4.6.3	中国石油定价机制改革的若干建议	167
4.7	本章小结	173
第五章	能源环境与二氧化碳减排问题	175
5.1	《京都议定书》时代的挑战与机遇	176
5.1.1	全球气候变化与二氧化碳减排的关系	176
5.1.2	二氧化碳排放与经济发展之间的关系	177
5.1.3	我国的二氧化碳排放现状	179
5.1.4	我国能源环境面临的挑战与机遇	179
5.2	中国碳排放强度的变化特征	182
5.2.1	中国碳排放强度的变化趋势	182
5.2.2	我国与主要发达国家碳排放强度的比较	184
5.2.3	方法和数据来源	185
5.2.4	实证结果分析与讨论	186
5.2.5	主要结论	189
5.3	不同发展阶段人口、经济、技术对二氧化碳排放的影响	190
5.3.1	二氧化碳排放的影响因素	190
5.3.2	STIRPAT 模型	191
5.3.3	不同收入水平下的人口、经济、技术与二氧化碳排放的变化趋势	191
5.3.4	结果分析与讨论	195
5.3.5	主要结论	200
5.4	居民生活行为对二氧化碳排放的影响分析	201
5.4.1	生活行为方式与能源消费及二氧化碳排放量的关系	202
5.4.2	CLA 方法与数据	203
5.4.3	居民生活行为对二氧化碳排放的直接和间接影响	204

5.4.4	主要结论	211
5.4.5	政策建议	211
5.5	2020年中国二氧化碳排放预测	212
5.5.1	能源消费与二氧化碳排放	212
5.5.2	基于能源消费的二氧化碳排放预测	213
5.5.3	不同发展路径下的二氧化碳排放预测	214
5.5.4	政策建议	221
5.6	本章小结	222
第六章	石油战略储备与国家能源安全	225
6.1	中国能源安全问题	226
6.1.1	能源安全定义及内涵	226
6.1.2	中国能源安全的现状	227
6.1.3	中国能源安全面临的隐患	228
6.2	中国最优战略石油储备规模	229
6.2.1	战略石油储备现状	230
6.2.2	基于决策树的最优石油战略储备模型	231
6.2.3	不同储备规模的分析讨论	232
6.2.4	主要结论	236
6.3	国际原油进口风险评价及应对策略	237
6.3.1	国际原油贸易现状	237
6.3.2	基于HHA的原油进口风险评价方法	239
6.3.3	层次分析法(AHP)确定石油进口风险权系数	240
6.3.4	世界主要石油进口国风险评价	242
6.3.5	主要结论	249
6.4	中国能源安全政策建议	250
6.4.1	能源外交政策	250
6.4.2	石油进口政策	250
6.4.3	石油储备政策	251
6.4.4	节能与可再生能源政策	252
6.4.5	海洋油气资源政策	252
6.5	本章小结	253
第七章	能源技术与政策	255
7.1	能源技术经济范式的变迁	256
7.1.1	自然增长与能源替代(~1859)	256
7.1.2	能源危机与技术多样化(1859~1992)	258
7.1.3	面向清洁、可持续能源系统(1992~)	260
7.2	石油危机与能源技术R&D投入响应模式	261

7.2.1 经济、能源系统的需求和供给调整	262
7.2.2 能源技术研发对石油危机的响应模式	264
7.3 能源技术研发投入组合研究	267
7.3.1 熵统计	267
7.3.2 能源研发投入在技术维的变化	268
7.3.3 能源研发投入在国家维的变化	271
7.4 中国能源技术替代路线与可再生能源政策分析	274
7.4.1 化石能源技术替代路线	274
7.4.2 案例研究：中国的煤液化技术	276
7.4.3 可再生能源技术政策分析	279
7.5 中国能源技术政策建议	281
7.6 本章小结	283
第八章 中国能源展望	285
8.1 能源消费总量大，增长速度快，区域差异增大	286
8.2 石油进口呈现多元化，进口风险逐步降低，战略储备规模逐渐增加	286
8.3 煤炭供需基本平衡，清洁能源得到发展，消费格局呈现多元化	287
8.4 能源效率稳步提高，节能潜力仍然巨大，技术进步是关键	288
8.5 排放总量继续扩大，产业结构趋向碳密集型，消费行为的影响不可低估	289
8.6 能源战略与政策应突出“走出去”、“多元化”、“可持续”	291
参考文献	293

Contents

Preface

Chapter 1 Review of Energy Development in China	1
1.1 World energy development	2
1.1.1 World energy reserves and distributions	2
1.1.2 World economy growth and energy consumption	4
1.1.3 World energy market	5
1.1.4 International cooperation on energy and environment	7
1.2 Energy production in China	8
1.2.1 Energy reserves and distributions in China	8
1.2.2 Quantity and structure of China's energy production	10
1.2.3 Production and development of renewable energy in China	13
1.3 Energy consumption in China	13
1.3.1 Energy consumption and structure	13
1.3.2 Energy consumption in industrial sectors	16
1.3.3 Energy efficiency and conservation	17
1.4 Energy consumption, resources and economy in regions	18
1.4.1 Data and processing	18
1.4.2 Regional energy consumption	19
1.4.3 Regional differences of energy resources and consumption	23
1.4.4 Regional differences of relationships among energy consumption, resource distribution and economic development	25
1.5 Summary	28
Chapter 2 Relationship between Quantity and Structure in China's Energy Economy	30
2.1 Co-integration and causality between Chinese GDP and energy consumption	31
2.1.1 Method	31
2.1.2 Co-integration and causality in Chinese economy	33
2.1.3 Co-integration and causality in industries	37
2.1.4 Results and policy implications	40
2.2 Characteristics of changes in economic structure and energy intensity ...	42
2.2.1 Structure decomposition analysis	43
2.2.2 Impact of Chinese economic structure change on energy intensity	44

2.2.3	Impact of Chinese industrial structure change on energy intensity	49
2.2.4	Results and policy implications	53
2.3	Analysis of changes in energy structure and energy efficiency	54
2.3.1	Historical trends of Chinese energy economy and energy efficiency	55
2.3.2	Impact of energy structure on energy efficiency	57
2.3.3	Marginal energy efficiency and substitution rate in Chinese economy	61
2.3.4	Results and policy implications	64
2.4	Summary	66
Chapter 3	Analysis and Forecasting of Energy Supply and Requirement in China ...	68
3.1	Forecasting of energy requirement in 2020	69
3.1.1	Contemporary researches on energy requirement	69
3.1.2	Scenario analysis and input-output analysis	69
3.1.3	Energy requirement forecasting system——CerCmA	71
3.1.4	Scenario analysis of energy requirement in 2020	71
3.1.5	Results	76
3.1.6	Policy implications	84
3.2	Analysis of Chinese coal supply system	84
3.2.1	System dynamic model for Chinese coal supply system	85
3.2.2	Impact of investment on coal supply	90
3.2.3	Results and policy implications	90
3.3	Summary	91
Chapter 4	Fluctuations in Oil Markets and Policy Study	93
4.1	Characteristics of international oil prices fluctuation	94
4.1.1	Impact of international oil prices on global economy	94
4.1.2	Characteristics of oil prices in three oil crisis	94
4.1.3	Characteristics of oil prices in 2005	99
4.1.4	Long-term trend of international and domestic crude oil prices	100
4.1.5	Short-term fluctuations of international domestic crude oil prices	103
4.1.6	Results and policy implications	105
4.2	Analysis of co-movement between Chinese and international oil prices	107
4.2.1	Long-term relationships between Chinese and international oil prices	107
4.2.2	Short-term relationships between Chinese and international oil prices	108
4.2.3	Dynamic impact of international oil prices on domestic oil prices	110
4.2.4	Results and policy implications	112
4.3	Characteristics of prices of crude oil and product oil	115
4.3.1	Correlation analysis of crude oil price and gasoline/diesel oil price	115
4.3.2	Analysis of price between gasoline/diesel oil and crude oil	117

4.3.3	Dynamic reactions of gasoline/diesel oil price to crude oil price	120
4.3.4	Results and policy implications	125
4.4	Impact of international oil prices fluctuation on Chinese economy	125
4.4.1	Computable general equilibrium model of oil prices fluctuation	127
4.4.2	Scenario analysis of oil prices fluctuation	130
4.4.3	Results and policy implications	143
4.5	Forecasting of international oil price	145
4.5.1	Mutable international oil price	145
4.5.2	Wavelet analysis based long-term oil price forecasting	149
4.5.3	Pattern recognition based mid-/short-term oil price forecasting	153
4.5.4	Mid-term oil price forecasting with future price adjustment incorporated	159
4.5.5	Results and policy implications	161
4.6	Study on Chinese oil pricing mechanism	163
4.6.1	Overview of Chinese oil pricing mechanism development	163
4.6.2	Problems in Chinese oil pricing mechanism	165
4.6.3	Suggestions on reform of Chinese oil pricing mechanism	167
4.7	Summary	173
Chapter 5	Energy, Environment and CO₂ Abatement in China	175
5.1	Challenges and opportunities in Kyoto Era	176
5.1.1	CO ₂ abatement and global climate change	176
5.1.2	CO ₂ abatement and economic growth	177
5.1.3	Contemporary status of Chinese CO ₂ abatement	179
5.1.4	Challenges and opportunities in Chinese energy and environment system	179
5.2	Characteristics of carbon emission trend of China	182
5.2.1	Trend of Chinese carbon emission intensity	182
5.2.2	Comparison of carbon emission intensity between China and developed world	184
5.2.3	Method and data	185
5.2.4	Empirical results and discussion	186
5.2.5	Results and policy implications	189
5.3	Impact of population, economic growth and technology on CO ₂ emission in different development phases	190
5.3.1	Impact factors of CO ₂ emission	190
5.3.2	STIRPAT model	191
5.3.3	Trends of population, economic growth, technology and CO ₂ emission at different income levels	191
5.3.4	Results and discussion	195
5.3.5	Policy implications	200

5.4	Impact of lifestyle on energy use and CO ₂ emission	201
5.4.1	Relationships of lifestyle, energy use and CO ₂ emission	202
5.4.2	Data and CLA method	203
5.4.3	Direct and indirect impact of lifestyle on CO ₂ emission	204
5.4.4	Results	211
5.4.5	Policy implications	211
5.5	Forecast of Chinese CO ₂ emission in 2020	212
5.5.1	Energy consumption and CO ₂ emission	212
5.5.2	Energy consumption based CO ₂ emission forecast	213
5.5.3	CO ₂ emission forecast of different development routines	214
5.5.4	Policy implications	221
5.6	Summary	222
Chapter 6	Strategic Oil Reserves and National Energy Security	225
6.1	China's energy security	226
6.1.1	Definition and connotation of energy security	226
6.1.2	Contemporary status of China's energy security	227
6.1.3	Hidden troubles in China's energy security	228
6.2	Study on optimal scale of Chinese strategic oil reserves	229
6.2.1	Contemporary status of Chinese strategic oil reserves	230
6.2.2	Decision tree based optimal oil reserves model	231
6.2.3	Discussion on different reserve scales	232
6.2.4	Results	236
6.3	Risk assessment of oil import and countermeasures	237
6.3.1	Overview of world oil trade	237
6.3.2	HHA method based risk evaluation of crude oil import	239
6.3.3	Weight coefficient of oil import risk based on AHP method	240
6.3.4	Risk assessment of oil import in some major oil import countries	242
6.3.5	Results	249
6.4	Policy suggestions on China's energy security	250
6.4.1	Energy diplomacy policy	250
6.4.2	Oil import policy	250
6.4.3	Strategic reserves policy	251
6.4.4	Conservation and renewable energy policy	252
6.4.5	Off-shore oil policy	252
6.5	Summary	253
Chapter 7	Energy Technology and its Policy	255
7.1	Transitions of energy techno-economic paradigms	256
7.1.1	Natural increase and energy substitution (~1859)	256

7.1.2	Oil crisis and diversification of energy technology (1859~1992)	258
7.1.3	Towards clean and sustainable energy system (1992~)	260
7.2	Reaction patterns of energy R&D expenditures to oil shocks	261
7.2.1	Supply and demand adjustment in economic and energy systems	262
7.2.2	Reaction patterns of energy R&D expenditures to oil shocks	264
7.3	Portfolios of energy R&D expenditures	267
7.3.1	Entropy statistics	267
7.3.2	Trends of energy R&D expenditures in technology dimension	268
7.3.3	Trends of energy R&D expenditures in country dimension	271
7.4	Roadmaps of energy technology substitution and renewable energy policy analysis	274
7.4.1	Substitution routines of fossil energy	274
7.4.2	Case study: the coal-to-liquids technology in China	276
7.4.3	Technological policy analysis of renewable energy	279
7.5	Policy implications	281
7.6	Summary	283
Chapter 8	China Energy Outlook	285
8.1	Scenarios of energy consumption	286
8.2	Situation of energy security	286
8.3	Structure of energy consumption	287
8.4	Future trends of energy efficiency	288
8.5	Limits on energy and environment	289
8.6	Planning of energy strategy	291
References		293

第一章 中国能源发展回顾

能源是人类社会赖以生存的物质基础之一，是经济发展和社会进步的重要资源。当今世界各国都把能源战略作为其经济发展战略的重要组成部分。中国是世界上最大的发展中国家，同时也是世界上第二大能源生产国和能源消费国。面对快速推进的工业化进程，能源问题愈来愈成为中国发展的瓶颈。正确认识中国能源发展的国际背景，科学把握中国能源发展的历史与现状，是进一步研究中国能源战略和政策问题的必要前提。为此，本章将着重回答以下几个问题：

- 世界能源资源储量和分布情况如何？
- 世界经济增长与能源消费的相关性如何？
- 世界能源市场发生了哪些变化？
- 国际能源与环境合作有哪些进展？
- 中国的能源资源储量和分布情况如何？
- 中国能源生产总量和生产结构有哪些变化？
- 可再生能源在中国的发展状况如何？
- 中国能源消费总量和消费结构有哪些变化？
- 中国产业部门的能源消费比重是多少？
- 中国的能源效率状况如何？
- 中国区域能源消费与资源、经济有哪些关系？

1.1 世界能源发展

1.1.1 世界能源储量及分布

1.1.1.1 世界石油资源探明可采储量及分布

石油是经济和社会发展不可缺少的重要能源，随着经济的发展和城市化水平不断提高，各国对石油资源的需求将继续保持强劲的增长。英国石油公司 (BP) 2005 年的数据表明，在过去的 20 年间，世界石油资源探明可采储量呈上升趋势。如图 1-1 所示，1984 年世界石油资源探明可采储量约为 7616 亿桶，1994 年增加到 10 175 亿桶，2004 年底达到 11 886 亿桶，20 年间增加了 4270 亿桶，增长了 56.1%。其中 1984~1994 年可采储量增长速度较大，增长了 33.6%，主要集中在中东地区。1994~2004 年期间，世界石油资源可采储量增长速度相对缓慢，增长了 16.8%，主要集中在俄罗斯、非洲和中南美地区。

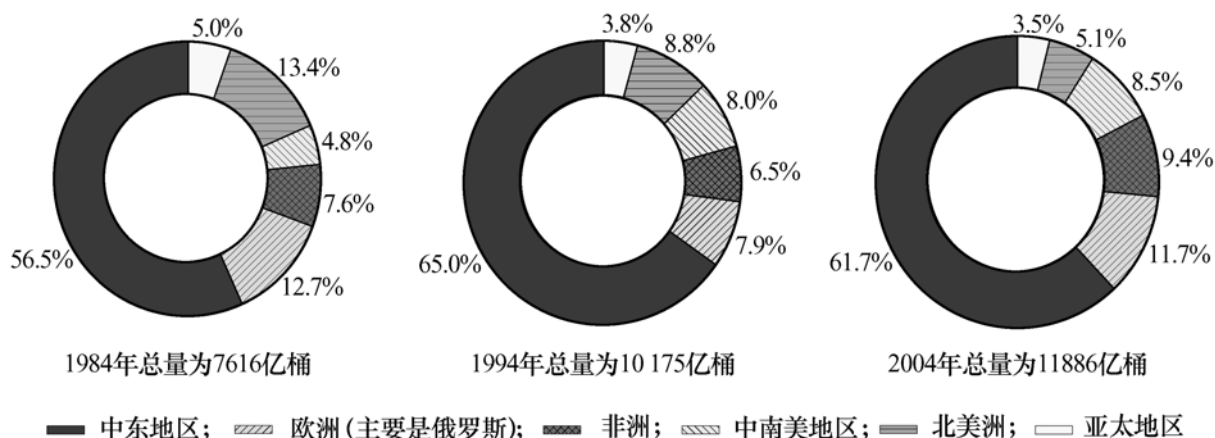


图 1-1 世界石油资源探明可采储量变化及分布图 (引自 BP, 2005)

2004 年底，中东地区的探明可采储量约为 7339 亿桶，约占世界的 61.7%，是名副其实的“世界油库”。世界第二大“油库”是欧洲 (主要是俄罗斯)，探明可采储量约为 1392 亿桶，占世界的 11.7%；第三大“油库”是非洲，约为 1122 亿桶，占 9.4%；中南美地区石油资源也很丰富，约为 1012 亿桶，占 8.5%；北美地区约为 610 亿桶，占 5.1%；亚太地区石油资源最少，约为 411 亿桶，仅占 3.5%。由此可见，世界石油资源分布极具地域性和不均衡的特点。

1.1.1.2 世界天然气资源探明可采储量及分布

天然气作为一种清洁高效的能源，具有转换效率高、环境代价低、投资省和建设周期短等优势，积极开发利用天然气资源已成为世界能源工业发展的一个重要潮流。图 1-2 的数据显示，20 世纪 80 年代以来，世界天然气资源探明可采储量增长迅速，从

1984年的96.39万亿立方米，增加到1994年的142.89万亿立方米。截至2004年底，世界已探明的天然气可采储量约为179.53万亿立方米，过去的20年间天然气储量增加了83.14万亿立方米，增长了86.25%。

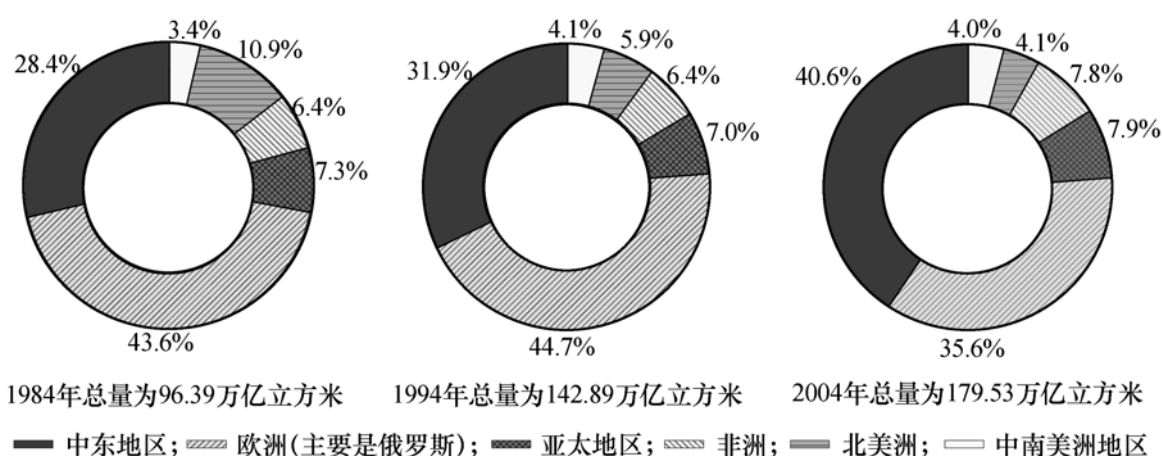


图 1-2 世界天然气资源的探明可采储量变化及分布图 (引自 BP, 2005)

虽然近十年世界天然气资源探明可采储量的增长速度有所下降，但是中东地区的可采储量增长速度依然很快。如图 1-2 所示，中东地区天然气探明可采储量由 1984 年的 27.37 万亿立方米，增加到 1994 年的 45.58 万亿立方米，在 2004 年底储量高达 72.83 万亿立方米，占世界总储量的 40.6%。虽然世界天然气资源不像石油那样过度集中在中东地区，但仍具有分布很不均衡的特点。除了中东和欧洲（主要是俄罗斯）之外，其他地区的天然气探明可采储量相当有限，仅为 42.69 万亿立方米，占世界储量的 23.7%。

1.1.1.3 世界煤炭资源探明可采储量及分布

煤炭是地球上蕴藏量最丰富，分布地域最广的化石能源，被誉为“工业的粮食”，至今煤炭资源仍然是钢铁、电力等工业部门的重要原料和燃料。煤炭资源分布于世界近 80 个国家和地区，其中有 60 多个国家进行了有规模的开采。根据 BP (2005) 的统计数据，2004 年底世界煤炭资源探明可采储量为 9091 亿吨。世界煤炭资源分布也不均衡，主要集中在亚太、欧洲和北美地区。如表 1-1 所示，美国、俄罗斯、中国和印度的煤炭资源储量较大，4 个国家的总储量之和占世界总储量的 67%。中国的煤炭资源储量相当丰富，而且煤质较好，但是人均储量仍然低于世界平均水平。2004 年世界煤炭资源的平均储采比为 164 年，中国为 59 年。

表 1-1 2004 年世界主要国家煤炭资源探明可采储量

区 域	美 国	俄 罗 斯	中 国	印 度	澳 大 利 亚	世 界
探明储量/亿吨	2466	1570	1145	924	785	9091
占世界份额/%	27.1	17.3	12.6	10.2	8.6	100
储采比/年	245	>500	59	229	215	164

引自 BP (2005)。

1.1.1.4 世界可再生能源储量

由于煤炭、石油和天然气等化石能源的可耗竭性，以及化石能源燃烧所带来的环境污染和温室气体等负面效应，世界各国都在致力于发展清洁、可持续的可再生能源。世界可再生能源资源储量丰富，其中太阳能储量（到达场面的功率密度）为1千瓦时/平方米，可开发生物质能65亿吨标准煤，技术可开发水能资源6.96万亿千瓦时，技术可开发风能资源96亿千瓦时，技术可开发地热资源500亿吨标准煤（王庆一，2001）。除了水能以外，近年来风能和太阳能的开发和利用发展迅猛，其中以德国和丹麦最为突出。

1.1.2 世界经济增长与能源消费

1.1.2.1 世界及主要国家经济增长与能源消费

能源是实现经济增长的重要生产要素。工业革命以来，世界经济和能源消费都保持了较快的增长态势。如表1-2所示，全球国内生产总值（GDP）由1970年的115.49千亿美元增长到2004年的317.49千亿美元，年均增长了3.0%；能源消费量由50.2亿吨油当量增长到102.2亿吨油当量，年均增长了2.1%；能源强度（单位产值能耗）由1970年的4.3吨油当量/万美元下降到2004年的3.2吨油当量/万美元。

表 1-2 部分国家 GDP 和能源消费量

[单位：GDP：千亿美元（1990年美元不变价）；能源消费量：亿吨油当量]

区域	年份	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2002	2004
美国	GDP	30.37	34.90	41.85	49.05	57.57	65.06	79.69	81.80	87.85
	能源消费量	16.5	16.9	18.1	17.7	19.7	21.2	23.1	22.9	23.3
日本	GDP	8.83	11.57	14.07	16.41	20.11	22.77	24.21	24.83	25.38
	能源消费量	2.8	3.3	3.6	3.7	4.4	4.9	5.2	5.1	5.1
德国	GDP	10.13	11.33	13.31	14.11	16.71	18.49	20.22	20.41	20.70
	能源消费量	3.1	3.2	3.6	3.6	3.5	3.3	3.3	3.3	3.3
英国	GDP	6.28	6.98	7.63	8.43	9.90	10.75	12.57	13.09	13.79
	能源消费量	2.2	2.0	2.0	2.0	2.1	2.1	2.2	2.2	2.3
法国	GDP	6.69	8.13	9.60	10.44	12.26	12.93	14.75	15.24	15.67
	能源消费量	1.6	1.7	1.9	2.0	2.2	2.4	2.5	2.6	2.6
意大利	GDP	6.18	7.14	8.81	9.58	11.02	11.74	12.93	13.19	13.39
	能源消费量	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.8	1.8	1.8
印度	GDP	1.37	1.57	1.84	2.38	3.24	4.17	5.52	6.07	6.99
	能源消费量	0.6	0.8	1.0	1.4	1.9	2.5	3.2	3.4	3.8
中国	GDP	0.96	1.24	1.61	2.68	3.83	7.12	11.29	13.57	16.57
	能源消费量	2.3	3.4	4.3	5.6	6.9	8.9	7.7	10.3	14.3
世界	GDP	115.49	139.56	168.57	191.53	218.99	243.49	286.98	297.10	317.49
	能源消费量	50.2	57.8	66.4	71.9	81.2	85.4	90.8	94.9	102.2

根据BP(2005)、联合国网统计数据库(联合国,2005)、《中华人民共和国2005年国民经济和社会发展统计公报》(以下简称《统计公报2005》)(国家统计局,2006a)、《关于我国国内生产总值历史数据修订结果的公告》(以下简称《GDP修正数据》)(国家统计局,2006b)的数据整理得到。

美国是世界上最大的发达国家，也是能源消费量最大的国家。表1-2显示，1970～2004年美国GDP由30.37千亿美元增长到87.85千亿美元，能源消费量由16.5亿吨

油当量增长到 23.3 亿吨油当量，年均增长率分别为 3.2% 和 1.0%。第一、二次石油危机对美国经济产生了严重的负面影响，造成短暂的经济停滞甚至衰退。1970~2004 年，日本的年均经济增长速度和年均能源消费增长速度分别为 3.2% 和 1.8%；而同期一些欧洲工业化国家的能源消费增长速度减缓，如 1970~2004 年德国的 GDP 年均增长速度为 2.1%，能源消费量年均增长速度为 0.2%。中国是一个发展中国家，正处于工业化快速发展阶段，经济总量和能源消费增长迅速，2005 年 GDP 和能源消费量分别为 18.21 万亿美元（1990 年美元不变价）和 15.7 亿吨油当量。

能源强度的变化除了与技术进步有关外，还受到产业结构调整的影响。发达国家在完成工业化进程后，服务业在经济中所占比重不断加大，能源强度较小，并呈下降趋势。对于尚未完成工业化进程的发展中国家，仍然需要发展能源密集型产业，因此能源强度较大，甚至还会出现上升的趋势。

1.1.2.2 能源消费结构

不同国家由于资源禀赋、经济发展阶段以及能源战略的差异，因而其能源消费结构也存在较大差别。如表 1-3 所示，中国、印度等人均石油资源匮乏的国家仍然是以煤炭作为主导能源，巴西、加拿大等国家水资源丰富，因而水电占了较大比重。法国的核电事业相当发达，核电占据全国能源消费总量的 38.6%。由于化石能源的不可再生性和所带来的环境污染问题，各国都在积极发展可再生能源，2004~2005 年世界原油价格的大幅上涨将加速这一进程。

表 1-3 2004 年世界主要国家能源消费结构 (%)

区 域	石 油	天 然 气	煤 炭	核 能	水 电
美 国	40.2	25.0	24.2	8.1	2.6
日 本	46.9	12.6	23.5	12.6	4.4
德 国	37.4	23.4	25.9	11.4	1.8
英 国	35.6	38.9	16.8	8.0	0.7
法 国	35.8	15.3	4.8	38.6	5.6
加 拿 大	32.4	26.2	9.9	6.7	24.8
俄 罗 斯	19.2	54.1	15.8	4.8	6.0
印 度	31.7	7.7	54.5	1.0	5.1
巴 西	44.9	9.1	6.1	1.4	38.6
中 国	22.3	2.5	69.0	0.8	5.4
世界平均	36.84	23.67	27.17	6.11	6.20

引自 BP (2005)。

1.1.3 世界能源市场

1.1.3.1 世界能源生产

BP (2005) 的数据表明，2004 年世界原油产量为 38.7 亿吨（比 2003 年增加 4.5%），其中石油输出国组织（OPEC）产量 15.9 亿吨，占世界产量的 41.1%。沙特阿拉伯是全球最大的石油生产国，2004 年产量创历史新高，达到 5.1 亿吨，占世界产

量的13.1%。俄罗斯已成为石油输出国组织以外的最大石油生产国,产量为4.6亿吨,占世界产量的11.8%。伊拉克和委内瑞拉的石油生产量也开始回升,分别达到1.0和1.5亿吨,比2003年分别增长了50.8%和13.8%。尼日利亚、科威特和哈萨克斯坦等国的石油产量增幅也很大。

在石油产量增长的同时,世界天然气和煤炭产量也有较明显的增长。2004年世界天然气产量为2.7万亿立方米(比2003年增长了2.8%),其中俄罗斯和美国的产量分别是0.58万亿立方米和0.54万亿立方米,分别占世界产量的21.9%和20.2%。2004年世界煤炭产量达55.4亿吨,比2003年增长了6.8%,中国和美国的煤炭产量分别是19.9亿吨和10.1亿吨,分别占世界产量的35.9%和18.2%(BP, 2005; 国家统计局, 2005b)。

1.1.3.2 世界能源贸易

1) 世界石油贸易

世界能源贸易以石油贸易为主, BP(2005)的数据表明, 2004年世界原油贸易量为18.6亿吨, 成品油贸易量5.3亿吨。美国是世界上最大的石油消费国, 也是最大的石油净进口国, 2004年原油和成品油净进口量分别为5.0亿吨和0.9亿吨, 分别占全球贸易总量的26.9%和17.4%。日本排在第二位, 2004年原油和成品油净进口量分别为2.1亿吨和0.5亿吨, 分别占全球的11.3%和8.6%。2004年中国原油和成品油净进口量分别为1.17亿吨和0.26亿吨(国家统计局, 2005a), 分别占全球的6.3%和6.2%。

由于世界石油资源分布不均以及各国地理位置和经济政治关系的不同, 各进口国的石油进口渠道也各不相同。BP(2005)的数据显示, 2004年世界45.5%的原油进口量来自中东地区; 美国的石油进口主要来自加拿大、中南美洲、中东和西非; 欧洲主要来自俄罗斯、中东和北非; 日本则绝大部分来自中东地区; 中国63%的石油进口来自中东, 27%来自西非, 18%来自俄罗斯。

2004~2005年世界能源市场的一个突出表现就是原油价格的大幅上涨, 纽约商品期货交易所(NYMEX)的原油期货价格曾一度突破70美元/桶。石油价格的大幅上涨推动了世界能源供需格局的调整。为了解决原油供应短缺问题, 国际能源署成员国纷纷动用了国家战略石油储备。2004~2005年, 中国部分地区也出现能源供给紧张的局面。

2) 世界天然气贸易

与石油贸易相比, 天然气的贸易量较小。BP(2005)的数据表明, 2004年世界天然气贸易量为6.80千亿立方米, 占世界产量的25.3%。俄罗斯是世界上最大的天然气出口国, 2004年出口量为1.48千亿立方米; 美国是最大的天然气进口国, 2004年进口量为1.26千亿立方米。

3) 世界煤炭贸易

《2004世界煤炭发展报告》(黄盛初, 2005)的数据显示, 2003年世界煤炭贸易量为7.18亿吨, 占世界产量的14.6%。澳大利亚是世界上最大的煤炭出口国, 2003年出口量为2.08亿吨; 中国出口0.93亿吨, 居世界第二位; 印度尼西亚出口0.90亿吨, 居世界第三位。日本是世界上最大的煤炭进口国, 2003年进口量为1.62亿吨。受国内市场需求增长的影响, 2005年中国煤炭出口7168千万吨, 进口2617千万吨, 净出口

降幅较大（海关总署，2006）。

1.1.4 国际能源与环境合作

1.1.4.1 国际能源竞争与合作

能源需求量的增长和能源价格的上涨，加剧了国际能源竞争，同时也进一步促进了国际能源合作。世界主要能源生产国和消费国在不断开展能源外交活动，世界大型跨国能源企业的重组和并购事件也频繁发生。

《2005 年全球上游企业兼并和收购评论》（Harrison Lovegrove & Co. 和 John S. Herold, Inc., 2005）报告显示，2004 年全球油气上游企业并购和资产并购总额超过 680 亿美元，比上年增加了 50% 以上，是自 1998 年以来的首次大幅反弹。2005 年全球能源企业并购活动仍在升温：美国第二大石油巨头雪佛龙德士古石油公司（Chevron-Texaco Corporation）收购了优尼科（Unocal Corporation）石油公司，美国第三大炼油企业瓦莱罗（Valero Energy Corporation）公司收购了斐姆科（Premcor Refining Group Inc.）石油公司，成为北美地区最大的炼油企业。

中国不仅积极参加各类国际组织框架下的多边能源合作，而且还与 30 多个国家签署了双边能源合作协议，取得了丰硕的成果。2005 年 6 月，中美双方能源主管部门在华盛顿进行了首次能源政策对话，双方深入讨论了包括在清洁能源、石油天然气、核电、节能和提高能源使用效率等方面的合作。中国的能源企业也积极参与了海外石油资产的并购活动。2005 年 11 月，中国石油天然气集团公司以 41.8 亿美元收购了哈萨克斯坦石油公司（PetroKazakhstan），开创了中国石油企业整体收购海外油气公司的先河。在复杂多变的国际能源竞争与合作的环境中，中国政府和企业在面临巨大挑战的同时也面临着前所未有的机遇。

1.1.4.2 《京都议定书》的生效

能源与环境问题是密切关联的全球问题，处理这些问题需要世界各国的共同努力和协作。全球能源消费的高速增长对温室气体的排放产生了严重影响。2005 年 2 月 16 日，旨在遏制全球气候变暖的《京都议定书》的生效，标志着国际环境合作取得了重大进展，国际社会进入了一个实质性减排温室气体的阶段。截至 2005 年 8 月 13 日，全球已有 142 个国家和地区签署该议定书，这些参与缔约的工业化国家都被分配了一定数量的温室气体排放量限制配额。但是，二氧化碳排放量超过全球 1/4 的美国拒绝批准《京都议定书》。

在《京都议定书》的推动下，减少碳排放已成为各缔约国社会经济发展和生产经营活动的重要目标之一。为了促进各国完成减排目标，降低减排成本，《京都议定书》规定了清洁发展（CDM）、联合履约（JI）和国际排放贸易（IET）三种灵活机制：CDM 旨在促进发达国家和发展中国家之间的合作；JI 着重推动发达国家内部的合作；IET 则允许发达国家相互转让它们的部分“允许的排放量”。

缔约的发达国家正寻求更多的国际合作，力求以尽可能低的减排成本，实现既定的

减排目标；发展中国家也积极地通过 CDM 项目的国际合作，期望通过出售经核证的减排量（certified emissions reductions, CERs）来改善环境，优化能源结构，增加就业和收入，促进技术进步，实现可持续发展。

1.2 中国能源生产回顾

1.2.1 中国能源的储量与分布

1.2.1.1 煤炭资源北多南少

中国煤炭资源相当丰富，根据中国 1981 年完成的第二次煤田预测资料（王家诚，2003），埋深在 1000 米以浅的煤炭总资源量达 2.6 万亿吨；距地表以下 2000 米深以内的地壳表层范围内，预测煤炭资源远景总量达 5.06 万亿吨。截至 2001 年年底，煤炭探明保有储量 10 033 亿吨，资源探明率 19.83%。研究报告显示，截至 2002 年年底，中国探明可直接利用的煤炭储量为 1886 亿吨（中国社会科学院工业经济研究所，2005）。中国现有煤炭经济可开发剩余可采储量为 1145 亿吨，约占世界同类储量的 12.6%（BP，2005）。中国的煤炭资源分布比较集中，北多南少，表 1-4 反映了中国煤炭储量分布情况。

表 1-4 中国各地区煤炭资源探明储量

地 区	煤炭资源储量地区分布		资源探明率/%	资源保证年限/年
	资源总储量/%	探明保有储量/%		
华北地区	39.90	48.95	24.44	1486
西北地区	45.90	29.98	13.01	3734
东北地区	1.34	3.30	48.92	300
华东地区	4.44	5.90	26.47	341
中南地区	2.61	3.27	24.91	319
西南地区	5.80	8.61	29.56	1101

引自《中国能源发展报告》（中国能源发展报告编辑委员会，2001）。

1.2.1.2 石油资源以陆相为主

中国是石油资源总量较为丰富的国家之一，但是人均石油资源储量匮乏。研究表明（国家发展和改革委员会物资储备局，2005），截至 2004 年年底，中国累计探明石油地质储量为 248.44 亿吨（包括原油和凝析油在内）；累计探明石油可采储量 67.91 亿吨；累计采出量 43 亿吨；剩余可采储量 24.91 亿吨。

中国石油资源分布比较广泛，以陆相油藏为主，含油气盆地分为 3 种基本类型（国家电力信息网，2005）：东部拉张型盆地、中部过渡型盆地、西部挤压型盆地。全国分为 6 个含油气区：东部，主要包括东北和华北地区；中部，主要包括陕西、甘肃、宁夏和四川地区；西部，主要包括新疆、青海和甘肃西部地区；南部，包括江苏、浙江、安徽、福建、广东、湖南、江西、云南、贵州、广西 10 省区；西藏区，包括昆仑山脉以南，横断山脉以西的地区；海上含油气区，包括东南沿海大陆架及南海海域。

1.2.1.3 天然气资源潜力巨大

中国沉积岩分布面积广，陆相盆地多，形成优越的多种天然气储藏的地质条件。有关研究表明（李干生等，2004），中国天然气远景资源储量约 47 万~54 万亿立方米。截止到 2003 年，中国天然气累计探明可采储量为 2.5 万亿立方米，可采资源探明程度仅为 18%，正处于勘探早期阶段，待探明的可采天然气资源达 11.5 万亿立方米，资源潜力巨大。

有关研究（周总瑛等，2004）按照中国的天然气地质和经济发展程度，把中国分为东部区、中部区、西部区和陆架区四大含气区。从区域分布看，天然气资源集中分布在远离东部经济发达区的中、西部区，其天然气可采资源量分别为 4.1 万亿立方米和 3.52 万亿立方米，两者合计约占全国天然气资源量的 66.15%；其次是海域，中国近海大陆架天然气可采资源量约为 2.98 万亿立方米，占全国的 25.71%；东部区天然气资源相对较少，仅占全国的 8.14%。

1.2.1.4 水能资源集中在西南地区

中国河流和湖泊众多，是世界上水资源最丰富的国家之一。根据 2001~2004 年中国水力资源最新普查结果，中国水能资源理论蕴藏量为 6.89 亿千瓦，居世界第一位，其中可开发水电装机容量为 4.02 亿千瓦（贺恭，2005）。但是，中国水能资源的地区分布很不平衡，70% 分布在西南地区（新华通讯社，2005）。

有研究表明，中国水电资源主要集中在长江、黄河的中上游，雅鲁藏布江的中下游，珠江、澜沧江、怒江和黑龙江上游，这七条江河可开发的大、中型水电资源都在 1000 万千瓦以上，总量约占全国大、中型水电资源量的 90%。表 1-5 显示了中国各水系水能资源蕴藏量及可开发的水能资源（何璟，2002）。

表 1-5 中国（分水系）水能资源蕴藏量及可开发的水能资源

水 系	水能资源蕴藏量		可开发的水能资源	
	/万千瓦	/(亿千瓦时/年)	装机容量/万千瓦	年发电量/亿千瓦时
全 国	67 604.71	59 221.8	37 853.24	19 233.04
长 江	26 801.77	23 478.4	19 724.33	10 274.98
黄 河	4054.80	3552.0	2800.39	1169.91
珠 江	3348.37	2933.2	2485.02	1124.78
海滦河	294.40	257.9	213.48	51.68
淮 河	144.60	127.0	66.01	18.94
东北诸河	1530.60	1340.8	1370.75	439.42
东南沿海诸河	2066.78	1810.5	1389.68	547.41
西南国际诸河	9690.15	8488.6	3768.41	2098.68
雅鲁藏布江及西藏其他河流	15 974.33	13 993.5	5038.23	2968.58
北方内陆及新疆诸河	3698.55	3239.9	996.94	538.66

引自国家水利部网站（国家水利部，2005）。

1.2.1.5 风能资源十分丰富

中国位于亚洲大陆东部，濒临太平洋，季风强盛，内陆还有许多山系，地形复杂，

加之青藏高原耸于中国西部,改变了海陆影响所引起的气压分布和大气环流,增加了中国季风的复杂性。因此,中国的风能资源十分丰富。表 1-6 显示了中国风能资源情况。

表 1-6 中国风能资源分类

指 标	丰富区	较丰富区	可利用区	贫乏区
年有效风能密度/(W/m ²)	>200	150~200	<50~150	<50
年≥3m/s 累计小时数/h	>5000	4000~5000	<2000~4000	<2000
年≥6m/s 累计小时数/h	>2200	1500~2200	<350~1500	<350
占全国面积的百分比/%	8	18	50	24

引自原国家发展计划委员会基础产业司(2000)。

资料显示,中国现有风电场场址的年平均风速均达到 6 米/秒以上。长江到南澳岛之间的东南沿海及其岛屿是中国最大风能资源区以及风能资源丰富区,年平均风速在 6 米/秒以上。山东、辽东半岛、黄海之滨,南澳岛以西的南海沿海、海南岛和南海诸岛,内蒙古从阴山山脉以北到大兴安岭以北,新疆达坂城、阿拉山口,河西走廊,松花江下游,张家口北部等地区,以及分布各地的高山山口和山顶,风能资源也比较丰富(原国家发展计划委员会基础产业司,2000)。

1.2.1.6 太阳能和地热资源丰沛

中国地处北半球欧亚大陆的东部,主要处于温带和亚热带,具有比较丰富的太阳能资源。根据全国 700 多个气象台站长期观测资料(原国家发展计划委员会基础产业司,2000),中国各地的太阳辐射年总量约为 3.3~8.4 百万千焦/平方米,平均值约为 5.86 百万千焦/平方米,其中西藏西部、新疆东南部、青海西部、甘肃西部等地区的日照时间长,太阳能资源丰富,年辐射总量为 6.7~8.4 百万千焦/平方米。

地热资源是指能够为人类开发利用的地球内部的热资源,是一种清洁能源。中国地热资源分布较广,资源丰富,在距地表 2000 米以浅范围内,约有相当于 13 711 亿吨标准煤的地热资源量,以可采率为 1% 计算,则有相当于 137 亿吨标准煤的地热可采资源量(朱训,1999)。中国的地热资源按属性可分为三种类型:高于 150℃ 的高温对流型地热资源,主要分布在台湾省,西藏南部和云南、四川西部;90~150℃ 的中温、低于 90℃ 的低温对流型地热资源,主要分布在福建、广东、湖南、湖北、山东、辽宁等省;中低温传导型地热资源,主要分布在华北、松辽、四川、鄂尔多斯等地区(于德福,2005)。

1.2.2 中国能源生产量及生产结构

改革开放以后,中国能源工业的发展无论数量上还是质量上均取得了空前的进步,进入了世界能源大国的行列。

图 1-3 显示了 1949~2004 年中国能源生产的总体趋势。从图中可以看出,中国能源生产整体上是稳步增加,初期平缓起步,中期稳步增加,2001 年起,随着经济的迅速发展,以及高能耗产业的极速扩张,中国能源生产进入了一个加速发展阶段。2005 年中国一次能源生产量达到 20.6 亿吨标准煤,是世界上第二大能源生产国(国家统计

局, 2006a)。但是由于中国人口基数大, 因此人均能源生产总量仍相对较低。

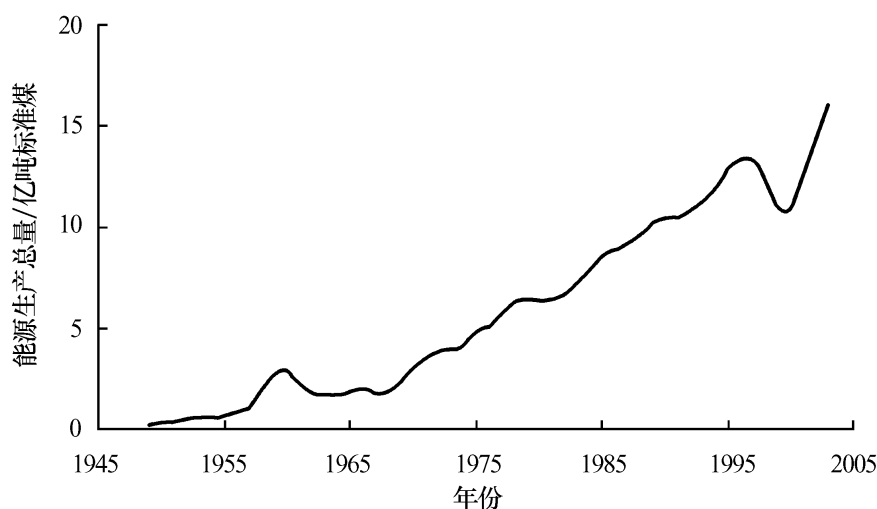


图 1-3 1949~2004 年中国能源生产趋势图

[引自 China Energy Databook V6.0 (LBNL, 2004), 《中国统计年鉴 2005》(国家统计局, 2005a)]

表 1-7 列出了 1978 年以来, 特别是近 20 年来中国能源生产总量和构成。表 1-8 列出了 1949、1980、1990 及 1998~2005 年中国能源产量及居世界位次。综合两表可以看出, 经过 50 多年的发展, 目前中国能源工业已经形成了以煤炭为主、多能互补的能源生产体系, 支撑中国经济保持了稳定的增长速度。但是由于近几年高耗能产业的迅速扩张, 中国能源消费加速增长, 一次能源生产也出现了高速增长。

表 1-7 中国能源生产总量与构成

年 份	能源生产总量/百万吨标准煤	占能源生产总量的比重/%			
		原 煤	原 油	天 然 气	水 电
1978	627.70	70.3	23.7	2.9	3.1
1980	637.35	69.4	23.8	3.0	3.8
1985	855.46	72.8	20.9	2.0	4.3
1989	1016.39	74.1	19.3	2.0	4.6
1990	1039.22	74.2	19.0	2.0	4.8
1991	1048.44	74.1	19.2	2.0	4.7
1992	1072.56	74.3	18.9	2.0	4.8
1993	1110.59	74.0	18.7	2.0	5.3
1994	1187.29	74.6	17.6	1.9	5.9
1995	1290.34	75.3	16.6	1.9	6.2
1996	1326.16	75.2	17.0	2.0	5.8
1997	1324.10	74.1	17.3	2.1	6.5
1998	1242.50	71.9	18.5	2.5	7.1
1999	1091.26	68.3	21.0	3.1	7.6
2000	1069.88	66.6	21.8	3.4	8.2
2001	1209.00	68.6	19.4	3.3	8.7
2002	1383.69	71.2	17.3	3.1	8.4
2003	1599.12	74.5	15.1	2.9	7.5
2004	1880.00	75.6	13.5	3.0	7.9
2005	2060.00	—	—	—	—

引自《中国统计年鉴 2005》(国家统计局, 2005a), 《统计公报 2005》(国家统计局, 2006a)。

表 1-8 中国能源产量及居世界位次

能源类型	年 份	1949	1980	1990	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
一次能源	产量/百万吨标准煤	23.7	637.4	1039.2	1242.5	1091.3	1069.9	1209.0	1383.6	1599.1	1880.0	2060.0
	位次	13	3	3	3	3	3	3	2	2	2	—
煤炭	产量/百万吨	32	620	1080.0	1250.0	1045.0	998.0	1110.0	1380.0	1667.0	1992.3	2190
	位次	10	3	1	1	2	1	2	1	1	1	—
原油	产量/百万吨	0.12	106.0	138.3	161	160	163	165	166.9	169.6	175.9	181.0
	位次		6	5	5	5	5	5	5	5	6	—
天然气	产量/亿立方米	0.07	142.7	153.0	232.8	252	272	303.4	326.6	350.2	414.6	500
	位次		12	20	18	17	19	19	17	17	16	—
电力	产量/亿千瓦时	43	3006	6212	11670	12393	13556	14780	16540	19052	22033	24747
	位次	25	6	4	2	2	2	2	2	2	2	—

引自《中国统计年鉴 2004》(国家统计局, 2004d), 《中国统计年鉴 2005》(国家统计局, 2005a), BP (2005), China Energy Databook V6.0 (LBNL, 2004), 《第一次全国经济普查主要数据公报(第二号)》(国家统计局, 2005b), 《统计公报 2005》(国家统计局, 2006a)。

近年来, 中国能源生产中的主要矛盾表现为:

1) 煤炭产量增幅大, 安全问题突出

中国是世界的产煤大国, 煤炭在中国能源生产中一直保持在 70% 左右的比重。随着一次能源生产总量的增加, 煤炭的产量保持着稳步增长, 2005 年原煤产量为 21.9 亿吨(国家统计局, 2006a)。由于国内能源需求的高速增长以及国际油价迅速攀升, 煤炭对石油的部分替代作用推动了煤炭产量大幅增加; 但与此同时, 煤矿安全事故发生频繁, 煤矿生产的安全形势日趋严峻, 对煤炭产量的稳定增长形成了威胁。

2) 石油生产比重下降, 需进一步加强

石油生产近几年保持着相对稳定的小幅增量, 由于一次能源生产总量的增加, 石油的比重在最近几年有所下降。2005 年中国原油产量为 1.81 亿吨(国家统计局, 2006a), 原油对外依存度已经超过 40%, 因此, 由于石油在现代工业中的特殊作用和地位, 以及从国家能源安全的角度出发, 在采取“走出去”战略的同时, 中国仍需保持和加强国内石油生产。

3) 天然气生产与区域经济不对称, 开采潜力大

天然气在中国一次能源生产中所占比重一直较低, 但 1999 年后基本保持在 3% 以上, 并保持了稳定的增长。天然气的生产自 1998 年突破 200 亿立方米以来, 一直保持较高的增长率, 2005 年达到 500 亿立方米(国家统计局, 2006a)。中国天然气的开采只占探明储量的 10%, 仍具有相当大的开采潜力。由于中国天然气主要分布在中、西部地区, 而东部经济发达地区的天然气供求存在着极大的缺口, 因此, “西气东输”等工程将有力地促进天然气生产的发展。

4) 电力生产增长迅速, 需加强可再生能源发电

中国电力生产增长迅速, 2005 年年底全国发电装机容量突破 5.0 亿千瓦(国家发展和改革委员会, 2005), 发电量 2.47 万亿千瓦时, 比上年增加 12.3%, 其中水电 0.40 万亿千瓦时(国家统计局, 2006a)。中国目前电力生产仍然主要依靠常规能源, 其中火力发电占到总发电量的 81.5%。但由于煤炭燃烧造成的二氧化碳和二氧化硫等气体的排放, 也带来了很大的环境压力。

1.2.3 可再生能源的生产与发展

值得一提的是，中国的可再生能源资源丰富。尽管目前可再生能源在一次能源生产总量的比重仍然很小，但政府在政策和法律上已经开始给予支持。可以预见，可再生能源会在中国能源生产结构中占有重要的地位，可再生能源的开发利用，特别是可再生能源发电，会得到进一步发展。

2006年1月1日，《中华人民共和国可再生能源法》正式施行。国家将可再生能源的开发利用列为能源发展的优先领域，通过制定可再生能源开发利用总量目标和采取相应措施来推动可再生能源市场的建立和发展。

《中国新能源和可再生能源发展纲要（1996~2010）》（原国家计划委员会等，1995）提出，在“十五”至2010年期间，新能源主要技术项目都要求达到规模生产水平。表1-9列出了到2010年要实现的主要目标。

表 1-9 《中国新能源和可再生能源发展纲要（1996~2010）》主要目标

	风能	太阳能	生物质能	地热能	小水电
目标 (2010年)	开发能力将达到 100万~110万 千瓦	利用总量达到 467百万吨标 准煤	发电装机容量 超过30万千瓦	利用总量达到 151百万吨标 准煤	机容量和发电量分别达到 2788万千瓦和1170亿千瓦 时

引自《中国新能源与可再生能源发展纲要（1996~2010）》（原国家计划委员会等，1995）。

根据国家发展和改革委员会的规划，到2020年，中国可再生能源在一次能源消费结构中的比重将由目前的7%左右提高到15%左右。届时，水电装机总容量将达3亿千瓦，风电3000万千瓦，太阳能光伏电池100万千瓦，生物质成型燃料5000万吨。

近两年，中国的可再生能源利用正以年均超过25%的速度发展。目前，全国水电装机总容量达到1.1亿千瓦，并网风电装机总容量76万千瓦，太阳能光伏电池6万千瓦，太阳能热水器使用量占全球40%以上，在农村建成户用沼气池1100多万口（刘铮，2005）。为了加速发展以风力发电为首的新能源与可再生能源，1996年以来，国家发展和改革委员会（原国家计划委员会、原国家发展计划委员会）相继实施了“乘风计划”、“光明工程”和秸秆气化国家示范工程等新能源与可再生能源国家计划。

中国具有丰富的可再生能源资源，目前由于技术和经济等原因，利用率不高。中国经济的发展需要大量能源作为动力支持，必须充分利用储量丰富的可再生能源资源，而国际原油价格一升再升，为可再生能源的利用创造了发展空间，使利用可再生能源在经济上更为可行。国家和民众环境保护意识的提高，政府对内、对外的环境承诺，应当担负的环境保护义务和责任，也成为常规能源向可再生能源转化的催化剂。因此，可再生能源具有巨大的发展潜力和美好的未来。

1.3 中国能源消费

1.3.1 中国能源消费量及消费结构

1.3.1.1 增长迅速的能源消费量

中国是世界上最大的发展中国家，建国以来，中国的经济总量和能源消费都出现了

较大幅度的增长。如表 1-10 所示, GDP 由 1953 年的 1615 亿元增长到 1978 年的 6584 亿元, 再增长到 2005 年的 78 678 亿元, 1953~1978 年, 1979~2005 年两个阶段的平均增长率分别为 5.8% 和 9.7%; 能源消费量由 1953 年的 0.54 亿吨标准煤增长到 1978 年的 5.71 亿吨标准煤, 再增长到 2005 年的 22.25 亿吨标准煤, 年均分别增长了 9.9% 和 5.3%。

表 1-10 1953~2005 年中国经济总量和能源消费量

[单位: 能源消费量: 百万吨标准煤; GDP: 亿元 (1990 年人民币不变价);
能源强度: 吨标准煤/万元 GDP]

年份	能源消费量	GDP	能源强度	年份	能源消费量	GDP	能源强度	年份	能源消费量	GDP	能源强度
1953	54	1615	3.34	1971	345	4475	7.71	1989	969	17862	5.42
1954	62	1683	3.68	1972	373	4643	8.03	1990	987	18548	5.32
1955	70	1798	3.89	1973	391	5007	7.81	1991	1038	20251	5.13
1956	88	2069	4.25	1974	401	5123	7.83	1992	1092	23135	4.72
1957	96	2173	4.42	1975	454	5569	8.15	1993	1160	26361	4.40
1958	176	2634	6.68	1976	478	5478	8.73	1994	1227	29811	4.12
1959	239	2868	8.33	1977	524	5896	8.89	1995	1312	33070	3.97
1960	302	2858	10.57	1978	571	6584	8.67	1996	1389	36381	3.82
1961	204	2077	9.82	1979	586	7083	8.27	1997	1378	39759	3.47
1962	165	1961	8.41	1980	603	7638	7.89	1998	1322	42873	3.08
1963	156	2161	7.22	1981	594	8038	7.39	1999	1301	46145	2.82
1964	166	2555	6.50	1982	621	8766	7.08	2000	1303	50029	2.60
1965	189	2991	6.32	1983	660	9719	6.79	2001	1432	54183	2.64
1966	203	3312	6.13	1984	709	11192	6.33	2002	1581	59108	2.67
1967	183	3123	5.86	1985	767	12700	6.04	2003	1750	65033	2.69
1968	184	2995	6.14	1986	809	13824	5.85	2004	2032	71591	2.84
1969	227	3500	6.49	1987	866	15425	5.61	2005	2225	78678	2.83
1970	293	4181	7.01	1988	930	17165	5.42				

根据能源经济数据库(国家发展和改革委员会宏观经济研究院, 2005)、《新中国五十年统计资料汇编》(国家统计局, 1999a)、《统计公报 2005》(国家统计局, 2006a)、《GDP 修正数据》(国家统计局, 2006b)的数据整理得出。

中国的人均能源消费量也在迅速增长, 从 1953 年的 0.09 吨标准煤增长到 1978 年的 0.59 吨标准煤, 再增长到 2005 年的 1.70 吨标准煤。2003 全国城乡居民生活人均年用电量为 173.7 千瓦时, 而在 1980 年只有 10.7 千瓦时(国家统计局, 1999a; 2005a)。但是, 与发达国家相比, 中国人均能源消费量仍然比较低。

由于中国是从 1993 年起成为成品油净进口国, 1996 年起成为原油净进口国, 因此三次世界石油危机均未对中国经济产生较大冲击。1958~1960 年期间, 中国能源消费量增长迅速, 这主要是由于“大跃进”等经济发展战略所造成的。1997~1999 年, 中国经济在保持持续增长的同时, 能源消费总量出现了下降, 在国际上引起了诸多争议, 国内主要认为是由于市场需求疲软, 能源产品需求减少; 一批耗能高、污染大的“五小”企业相继被关闭; 产业结构的变化; 技术进步; 统计数字可能存在低估等多种因素共同作用的结果(施发启, 2005)。

2002 年以来, 中国经济进入了新一轮的增长周期, 固定资产投资迅速增长, 重工