

2010年国家社会科学基金青年项目资助 (编号10CJY010)

Woguo Zhongyao Nengyuan Ziyuan Xuqiu Fengzhi Yuce Yu Fenxi

我国重要能源资源需求峰值 预测与分析

彭武元 著



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

2010 年国家社会科学基金青年项目资助(编号 10CJY010)

我国重要能源资源 需求峰值预测与分析

Woguo Zhongyao Nengyuan Ziyuan Xuqiu Fengzhi Yuce Yu Fenxi

彭武元 著



中国地质大学出版社

ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

图书在版编目(CIP)数据

我国重要能源资源需求峰值预测与分析/彭武元著. —武汉:中国地质大学出版社,2015.12
ISBN 978-7-5625-3790-8

I. ①我…

II. ①彭…

III. ①能源需求-研究-中国

IV. ①F426.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 295414 号

我国重要能源资源需求峰值预测与分析

彭武元 著

责任编辑:姜 梅

责任校对:代 莹

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮政编码:430074

电 话:(027)67883511

传真:67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

<http://www.cugp.cug.edu.cn>

开本:787 毫米×1092 毫米 1/16

字数:200 千字 印张: 7.75

版次:2015 年 12 月第 1 版

印次:2015 年 12 月第 1 次印刷

印刷:武汉三新大洋数字出版技术有限公司

ISBN 978-7-5625-3790-8

定价:28.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

前言

能源是一国经济发展的重要物质基础。研究中国重要能源资源需求峰值问题,有利于中国做好能源的安全供应。虽然中国煤炭资源总量较为丰富,但石油和天然气资源总量较少,人均能源资源占有量远低于世界平均水平。随着中国经济的快速发展,能源约束“瓶颈”问题反复显现。第一,能源供应过度依赖煤炭,不仅加重了环境和运输的压力,而且导致安全事故频繁发生。第二,部分能源对外依存度逐年提高,加大了安全供应的脆弱性。我国总体能源对外依存度并不高,但是品种结构矛盾比较突出,石油和天然气的供应越来越依赖国际市场。

研究中国重要能源资源需求峰值问题,还有利于中国有效应对全球气候变化的挑战。近年来,国际社会控制温室气体排放的呼声日益高涨。尽管中国政府作出了到2020年单位GDP CO₂排放比2005年下降40%~45%的承诺,但是,中国的诚意不仅没有得到发达国家的积极回应,部分发达国家反而要求包括中国在内的发展中国家承诺2050年远期减排目标,即全球在2050年相对于当前排放水平削减50%。面对气候变化的新形势,中国需要将有效控制温室气体排放作为能源战略的重要目标之一。

本项目是在2010年国家社会科学基金青年项目“我国重要能源资源需求峰值预测与分析”(编号:10CJY010)资助下完成的。在从事本项研究之前,我有幸到中国社会科学院世界经济与政治研究所从事理论经济学的博士后研究,并参与了合作导师潘家华研究员的一些有关能源与气候变化方面的研究课题,此后又获得中美富布赖特(Fulbright)项目的资助,到美国斯坦福大学做访问研究学者。这些研究经历都对我从事本项研究发挥了积极的作用。

最后,感谢来自中国地质大学(武汉)经济管理学院课题组成员程胜教授、郭海湘教授、陈艳副教授、周远祺副教授和张良锋硕士的大力支持!

彭武元

2015年9月

目录

第一章 绪 言	(1)
第一节 问题的提出	(1)
一、我国一次能源消费量增长迅速	(1)
二、能源安全供应难度加大	(2)
三、我国在温室气体减排上面临着严峻的挑战	(9)
第二节 本研究的主要内容和研究意义	(10)
一、本研究的主要内容	(10)
二、本研究的意义	(11)
第三节 国内外研究现状述评	(11)
一、我国能源资源需求的驱动因素	(11)
二、我国能源资源需求的限制因素	(11)
三、我国能源资源需求的其他影响因素	(12)
四、能源需求预测方法研究	(12)
第二章 研究思路和方法	(13)
第一节 研究思路	(13)
第二节 模型	(14)
一、模型的建立	(14)
二、模型参数的设定	(15)
三、模型工具的选择	(16)
第三节 情景分析方法	(16)

第四节 重点难点	(17)
一、重点	(17)
二、难点	(17)
第五节 终端能源需求的部门划分	(17)
第六节 能源流量图	(21)
第三章 能源需求的影响因素分析与未来发展趋势	(22)
第一节 驱动因素	(22)
一、人口因素	(22)
二、经济增长	(24)
三、工业化	(27)
四、城市化	(30)
五、市场化	(32)
六、全球化	(35)
第二节 限制因素	(37)
一、国内环境问题	(37)
二、全球气候变化	(38)
第三节 其他因素	(40)
一、能源政策	(41)
二、能源技术	(42)
三、能源财税金融体制	(43)
四、消费模式	(47)
五、国际合作	(48)
第四章 模型参数的设定	(50)
第一节 终端部门能源服务的需求	(50)
一、工业部门未来能源服务需求发展趋势	(51)
二、交通、居民和商业用能未来发展趋势	(54)

第二节 技术参数	(62)
一、总体技术参数	(62)
二、终端部门技术参数	(64)
三、加工转换技术	(76)
第三节 模型约束条件	(82)
第五章 中国 MARKAL 模型及情景分析	(85)
第一节 什么是 MARKAL?	(85)
一、MARKAL 简介	(85)
二、MARKAL 的建模框架	(86)
三、MARKAL 模型的不同形式	(87)
第二节 MARKAL 模型软件	(88)
一、ANSWER - MARKAL 软件	(88)
二、GAMS MARKAL 模型的限制条件	(89)
第三节 中国 MARKAL 模型	(90)
一、中国 MARKAL 模型中的主要技术	(90)
二、中国 MARKAL 模型中的参考能源系统(Reference Energy System)	(91)
三、中国 MARKAL 模型的参数设定	(91)
第四节 情景设定	(93)
第五节 情景计算	(94)
第六节 情景分析	(96)
一、不同碳减排情景下煤炭需求峰值	(96)
二、不同碳减排情景下石油需求峰值	(96)
三、不同碳减排情景下天然气(含煤层气等)需求峰值	(97)
四、不同碳减排政策下水电资源需求峰值	(98)
五、不同碳减排政策下核能资源需求峰值	(98)
六、不同碳减排情景下我国一次能源资源需求峰值	(99)

第六章 中国能源供应路线..... (100)

第一节 煤炭供应路线..... (100)

第二节 石油供应路线..... (102)

第三节 天然气供应路线..... (103)

第四节 核能资源供应路线..... (104)

参考文献..... (106)

后 记..... (109)

第一章 绪 言

第一节 问题的提出

能源是一国经济发展的重要物质基础。改革开放以来,特别是2001年加入世界贸易组织(WTO)以来,我国一次能源消费量增长迅速。这既引发了对能源安全供应的担忧,也带来了温室气体减排的压力。

一、我国一次能源消费量增长迅速

1980—2000年,我国一次能源消费量从不足6亿t标准煤增长到近14亿t标准煤,20年间消费量翻了一番多;2000—2010年,我国一次能源消费量从不足14亿t标准煤增长到超过30亿t标准煤,10年间消费量又翻了一番多(图1-1),且呈快速增长之势。据国际能源署统计数据显示,2009年中国能源总消耗首次超过美国,成为世界第一大能源消费国^①。

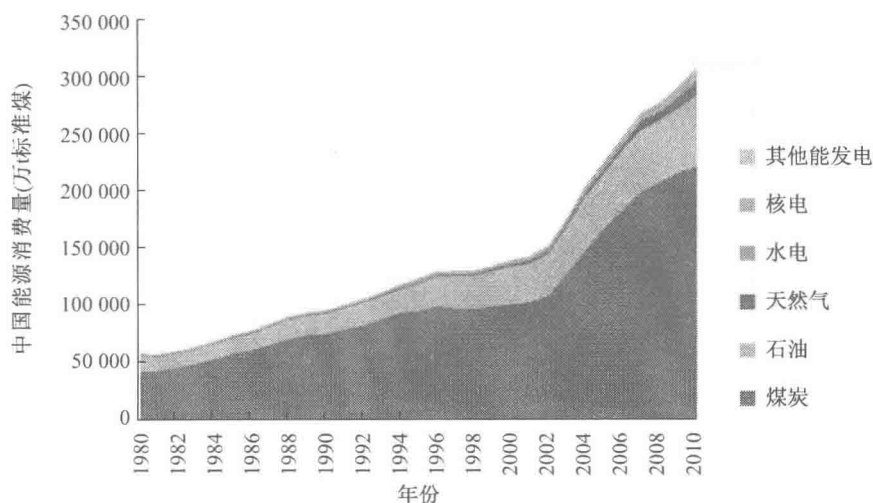


图 1-1 中国一次能源消费量图

(数据来源:《中国能源统计年鉴》,各年)

注:①按电热当量计算法计算;②2011年开始水电、核电和其他能发电不再单独统计。

①资料来源:中国气候变化信息网, <http://www.ccchina.gov.cn>。

二、能源安全供应难度加大

我国一次能源资源的快速消耗引发了对能源安全供应问题的担忧。中国人均能源资源拥有量在世界上处于较低水平,煤炭、石油和天然气的人均占有量仅为世界平均水平的 67%、5.4% 和 7.5%(中国能源供求状况及前景分析课题组,2007)。

1. 我国能源资源呈快速消耗趋势

我国能源资源拥有量占世界比重较低,而生产量占世界比重相对较高,呈现资源快速消耗之势。2010 年底,我国石油资源探明储量占世界的 1.06%,当年石油开采量占世界的 4.89%;天然气探明储量占世界的 1.50%,当年天然气开采量占世界的 3.13%;煤炭探明储量占世界的 13.30%,当年生产量占世界的 44.84%(表 1-1)。

表 1-1 2010 年底我国化石能源资源储采比及与全球比较

能源资源	全球			中国		
	探明储量	开采量	储采比(年)	探明储量	开采量	储采比(年)
石油(10 亿 t)	188.8	4.09	46.2	2.0	0.20	9.9
天然气(万亿 m ³)	187.1	3.19	58.6	2.8	0.10	29
煤炭(百万 t)	860 938	7 296.08	118	114 500	3 271.43	35

资料来源:BP,Statistical Review of World Energy, 2011。

2000 年,我国能源资源预测总量为 4 万亿 t 标准煤,占世界的 4%;探明能源资源总量为 8 231 亿 t 标准煤,相当于资源总量的 20%(中国能源供求状况及前景分析课题组,2007)。2010 年,我国能源资源开采量为 22.62 亿 t 标准煤,占世界能源资源开采量的 17.64%,且呈快速增长之势(图 1-2)。

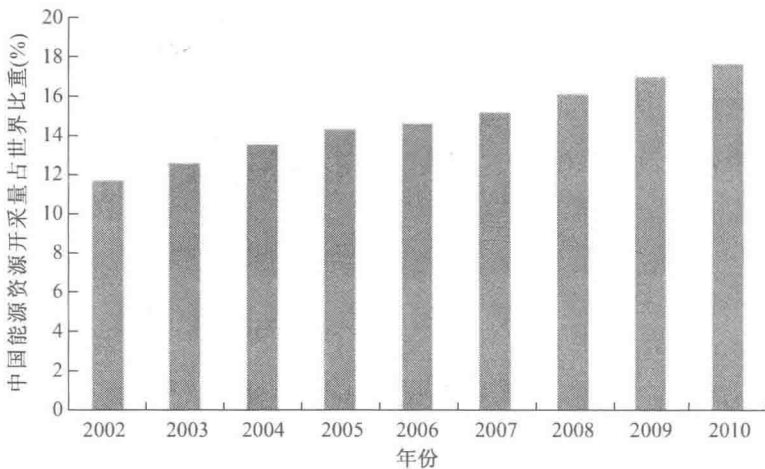


图 1-2 中国能源生产量占世界比重

(资料来源:中国能源统计年鉴,各年)

截至 2005 年底,全国探明石油地质储量 258 亿 t,占世界总储量的 2%,居世界第 12 位,资源探明率为 25.3%;探明可采储量 70 亿 t,占探明储量的 27.1%;剩余可采储量为 24.9 亿 t(中国能源供求状况及前景分析课题组,2007)。2010 年,我国石油和天然气凝析液的生产量为 2.03 亿 t,占世界总生产量的 4.89%(图 1-3)。如果没有新发现大型油田或没有重大技术突破,按照目前原油生产能力计算,只可继续开采 9.9 年,远低于世界 46.2 年的储采比水平。

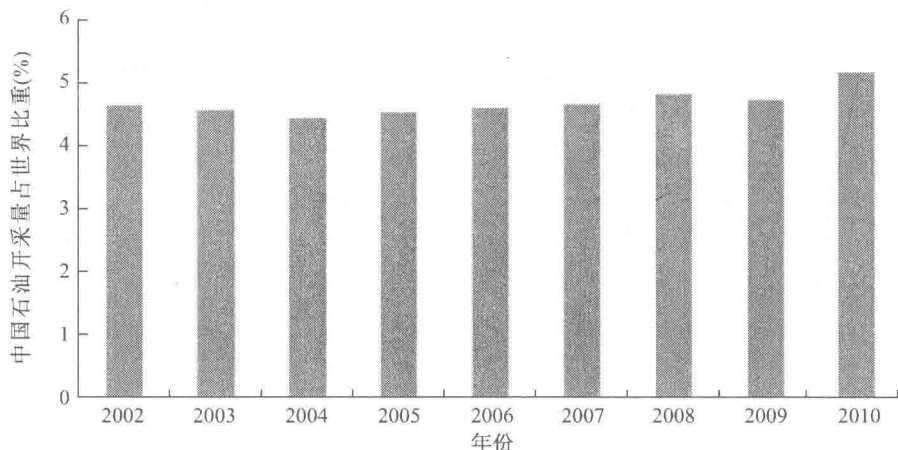


图 1-3 中国原油和天然气凝析液生产量占世界比重

(资料来源:BP, Statistical Review of World Energy, 2011)

中国的天然气资源同样匮乏。截至 2005 年底,已探明地质储量为 6.2 万亿 m^3 ,占世界总量的 0.5%,居世界第 22 位,资源探明率为 16.3%;探明可采储量约为 3.5 万亿 m^3 ,剩余可采储量为 2.8 万亿 m^3 (中国能源供求状况及前景分析课题组,2007)。2010 年,我国天然气开采量为 1 000 亿 m^3 ,占世界开采量的 3.13%,呈快速增长之势(图 1-4)。按照目前开采能力计算,储采比为 29 年,仍低于世界 58.6 年的储采比水平。

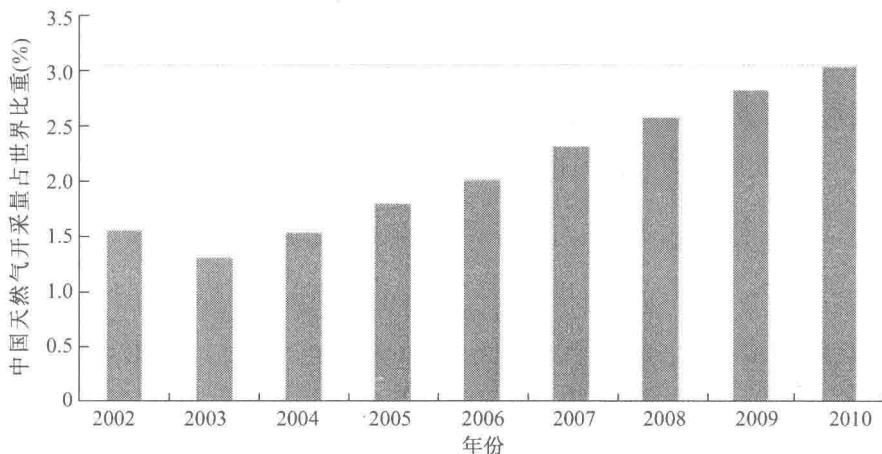


图 1-4 中国天然气开采量占世界比重

(资料来源:BP, Statistical Review of World Energy, 2011)

与石油、天然气相比,中国的煤炭资源状况相对要好些。截至 2005 年底,探明可采储量为 10 430 亿 t,占世界的 3.9%,居世界第 3 位,剩余可采储量为 3 326 亿 t(中国能源供求状况及前景分析课题组,2007)。2010 年,我国煤炭开采量 18.00 亿 t 标准煤,占世界的 44.84%,呈上升趋势(图 1-5)。若保持目前原煤开采强度,大约可继续开采 35 年。但是,探明可采储量的开采条件差,大部分分布在中西部地区,远离沿海煤炭主要消费中心。

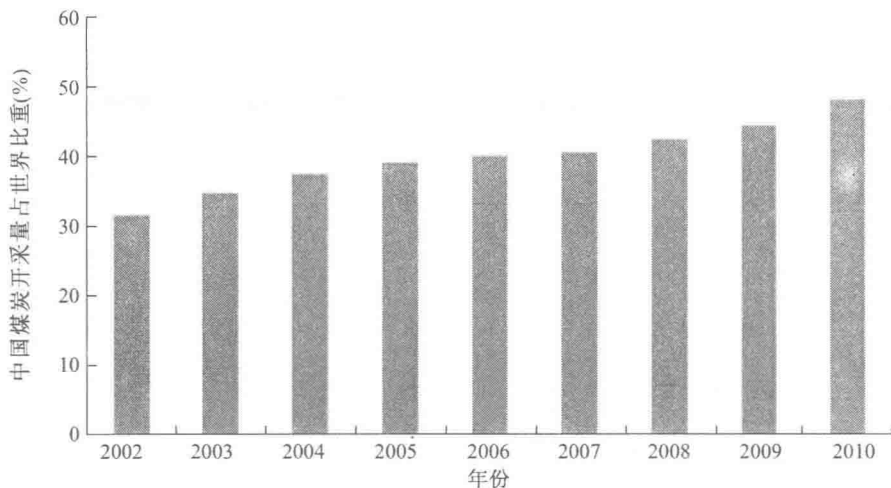


图 1-5 中国煤炭开采量占世界比重

(资料来源:BP,Statistical Review of World Energy, 2011)

虽然近年来中国能源消费增长较快,但目前人均能源消费水平还比较低,仅为发达国家平均水平的 1/3 左右。随着经济社会发展和人民生活水平的提高,未来能源消费还将大幅增长,资源约束不断加剧。

2. 我国能源净进口量及对外依存度不断上升

我国能源资源消费的迅速增长导致能源净进口量增加,对外依存度提高。2002 年,我国能源自给率达到 99%;2009 年,我国能源自给率为 92%,下降了 7%(图 1-6)。

在我国能源资源进口中,石油和天然气越来越依赖国际市场。我国传统上是石油出口国。自 1993 年我国成为石油净进口国以来,石油净进口量逐年上升(图 1-7),对外依存度不断提高(图 1-8)。2010 年,我国石油净进口量达到 2.44 亿 t,占我国石油消费量的 57.20%。

自 2004 年起,我国开始出口天然气。2006 年,我国在出口天然气的同时,开始进口天然气,并且在 2007 年成为天然气的净进口国(图 1-9)。2010 年,我国天然气进口量达到 129 亿 m^3 ,并停止了天然气的出口。该年的天然气对外依存度达到 11.99%。

我国曾是煤炭出口大国。2001 年起至 2004 年,煤炭出口量每年达到 1 亿 t,净出口量达到 8 000 万 t(图 1-10)。但是,此后煤炭出口量逐年下降,而进口量逐年上升。2009 年起,煤炭净进口量超过 1 亿 t,成为世界上主要煤炭进口国家。由于我国是世界上主要

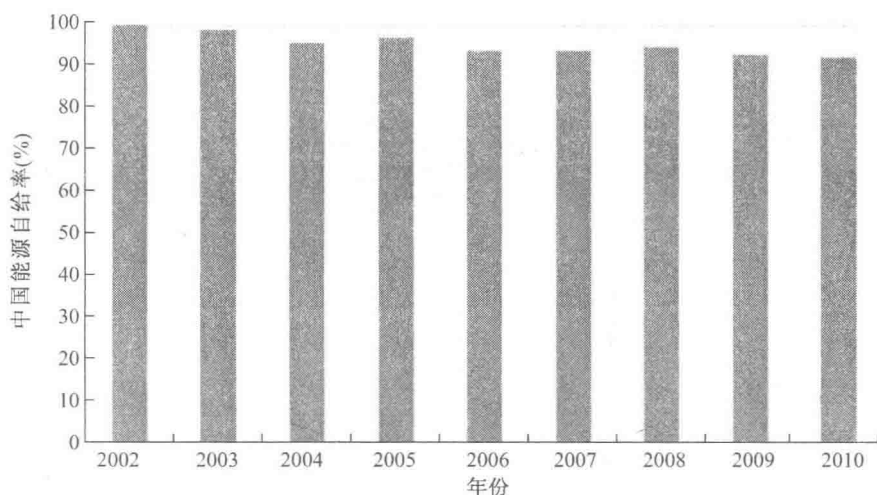


图 1-6 中国能源自给率(能源生产量/一次能源供应量)
(资料来源:中国能源统计年鉴,各年)

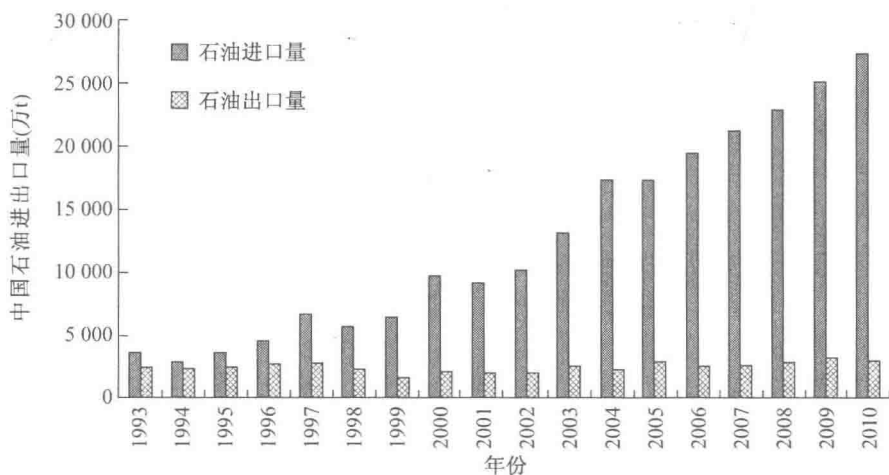


图 1-7 中国石油进出口量
(资料来源:国家统计局,中国统计年鉴,各年)

煤炭生产大国,近年来产量达到 30 亿 t 以上,因而我国煤炭的对外依存度还比较低,约占 5%。

3. 国际能源市场价格飙升

近些年来,国际石油价格飙升,引起了国际社会的高度关注。1993 年我国首次成为石油净进口国,但是此后因为受亚洲金融危机的影响,国际原油价格一直处在每桶 20 美

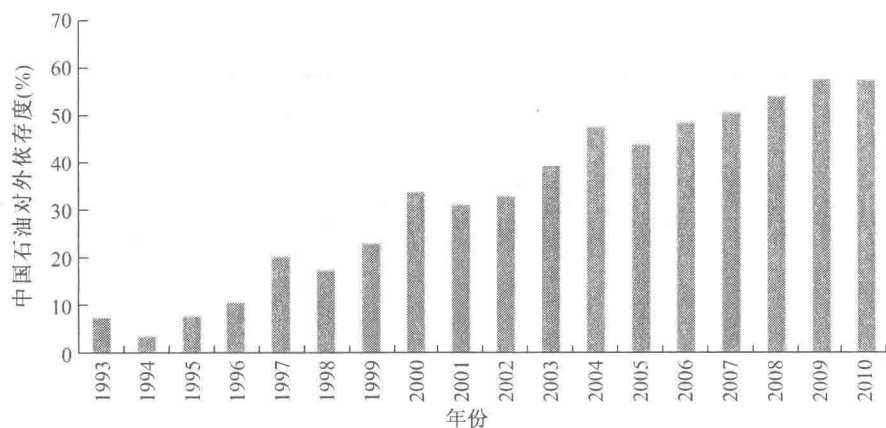


图 1-8 中国石油对外依存度

(资料来源:国家统计局,中国统计年鉴,各年)

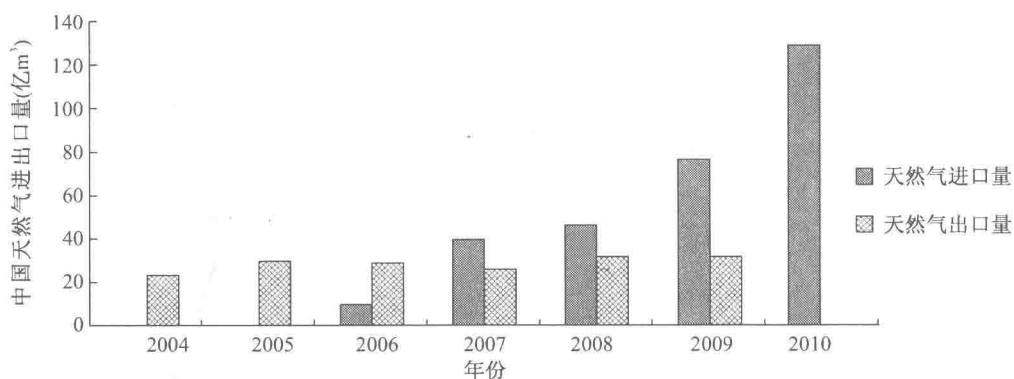


图 1-9 中国天然气进出口量

(资料来源:国家统计局,中国统计年鉴,各年)

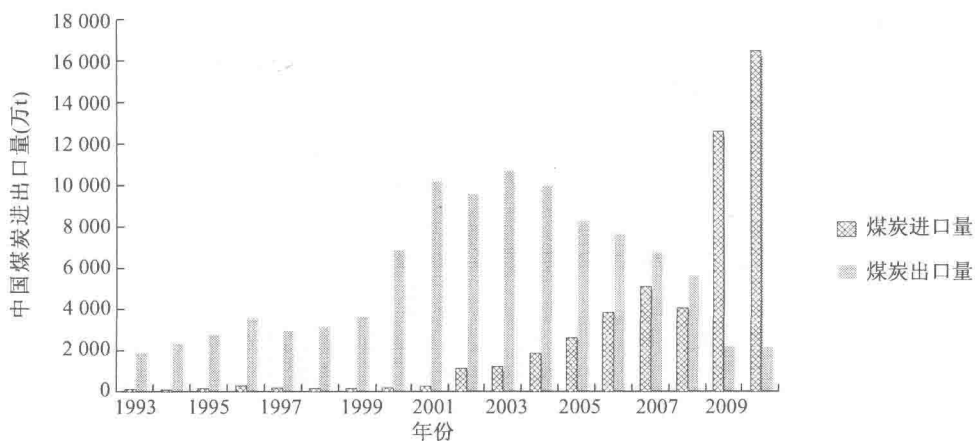


图 1-10 中国煤炭进出口量

(资料来源:国家统计局,中国统计年鉴,各年)

元左右的低位。进入 21 世纪以来,亚洲经济开始复苏,特别是 2001 年中国加入世界贸易组织以后,国际石油价格迅速飙升。2008 年国际轻质原油价格突破每桶 100 美元(图 1-11)。关于国际市场石油价格飙升的原因,国际社会通常将它归因于中国因素,认为是中国石油进口量的迅速增加导致了国际石油价格上涨。国际能源署(IEA)2008 年《世界能源展望》(*World Energy Outlook*, 简称 WEO)认为,在全球石油消费量的增长中,中国占到了 40% 以上,而且这一趋势还会继续下去。

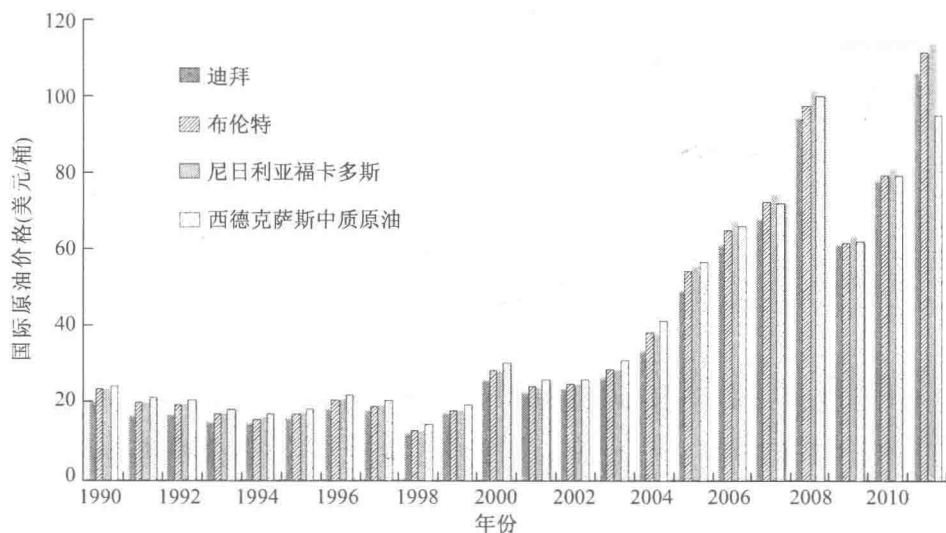


图 1-11 国际原油价格

(资料来源:BP, Statistical Review of World Energy, June, 2013)

进入 21 世纪以来,国际天然气的价格也有大幅飙升,从 2000 年的 4 美元每百万 BTU(British Thermal Unit 的简写,1BTU=1 055.056J)上涨到 2008 年的 10 美元,其中液化天然气(LNG)更是上涨到 12 美元(图 1-12)。与国际石油市场不同,我国在国际天然气市场上进口量有限,不存在国际天然气市场上的中国因素。国际天然气市场并不像国际石油市场那样实现了高度的全球化贸易,而是形成了北美、欧洲和亚太三大地区性市场。北美地区天然气自给能力较强,市场发达,天然气价格由市场竞争所决定;亚太地区日本和韩国以进口 LNG 为主,价格多与原油挂钩;欧洲既有管输进口天然气,也有 LNG,管输气价格由谈判确定,LNG 主要挂靠原油。我国天然气进口既有 LNG(主要从澳大利亚进口),也有管输气(主要从俄罗斯和中亚进口)。LNG 的价格受国际石油价格的直接影响,而管输气价格的谈判也受到其他国家竞争的影响(例如日本)。这导致我国进口天然气的价格也呈快速上涨的趋势。

近年来国际煤炭价格也迅速上涨(图 1-13)。2009 年,我国成为煤炭的净进口国,净进口量达到 1 亿 t。由于中国是世界第一煤炭生产和消费大国,中国煤炭进出口的微小变

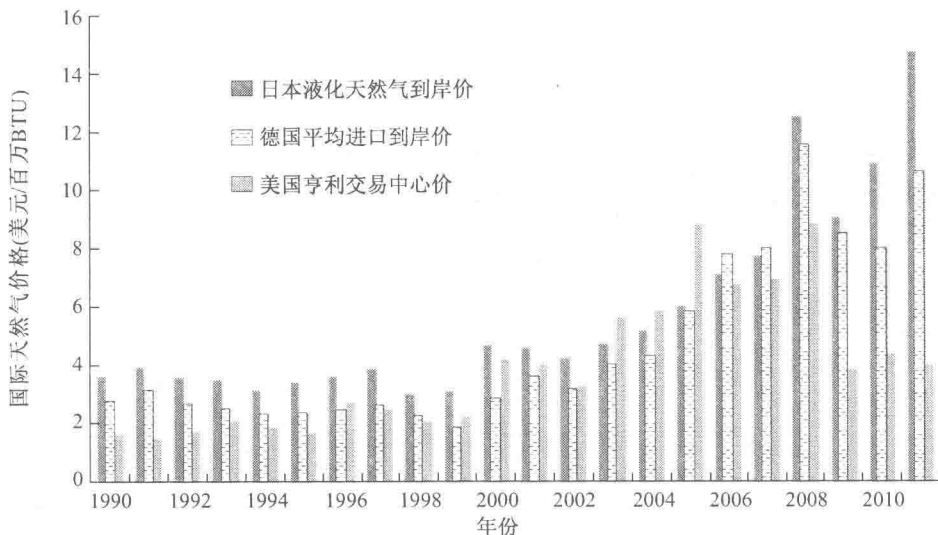


图 1-12 国际天然气价格

(资料来源:BP, Statistical Review of World Energy, June, 2013)

化都会对国际煤炭市场产生重大的影响。2009 年全球煤炭产量约 70 亿 t, 其中中国有 30 多亿 t; 全球煤炭贸易量约 6 亿~7 亿 t, 其中欧洲市场 2 亿多 t, 亚太市场 3 亿多 t。当年中国煤炭 1 亿 t 的进口量不到中国消费量的 5%, 却占到亚太地区贸易量的 30%。可以说, 当国际市场预期中国将进口煤炭时, 煤炭价格将趋于上涨; 反之, 当预期中国将出口煤炭时, 煤炭价格将趋于下降。

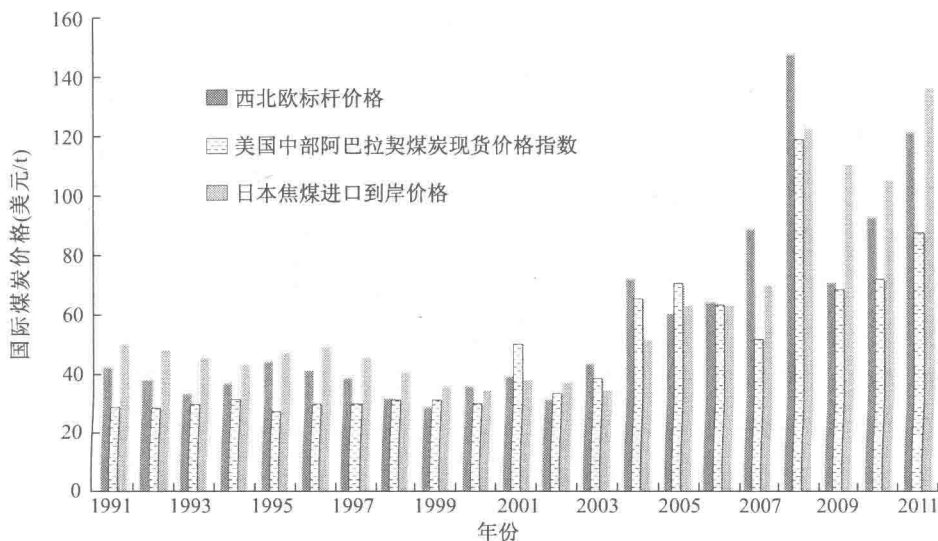


图 1-13 国际煤炭价格

(资料来源:BP, Statistical Review of World Energy, June, 2013)

三、我国在温室气体减排上面临着严峻的挑战

我国能源资源消费量的迅速增长导致 CO₂ 排放量也迅速上升^①。2002 年,我国 CO₂ 排放量是 36.9 亿 t;到 2010 年,我国 CO₂ 排放量达到 83.1 亿 t,9 年间翻了一番多(图 1-14)。在此期间,中国 CO₂ 排放量占世界比重也由 14.4% 提高到 24.7%,上升幅度超过了 50%,平均每年上升 1%(图 1-15)。

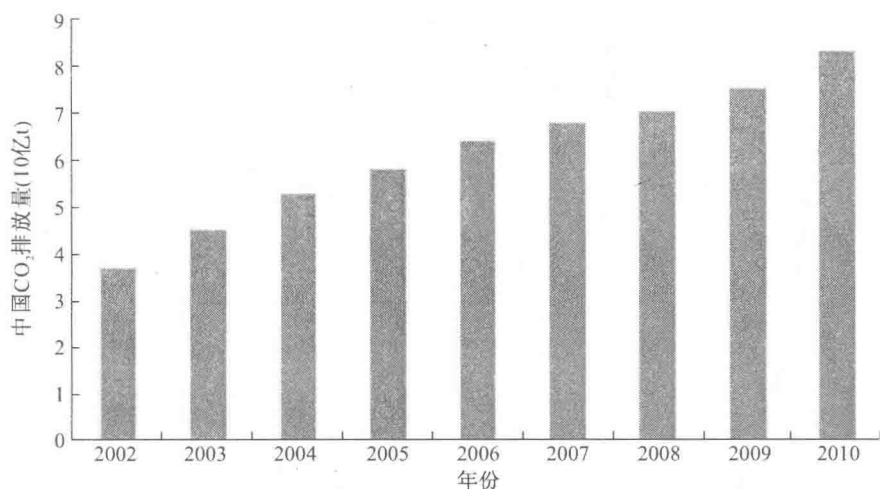


图 1-14 中国 CO₂ 排放量
(数据来源:世界银行网站)

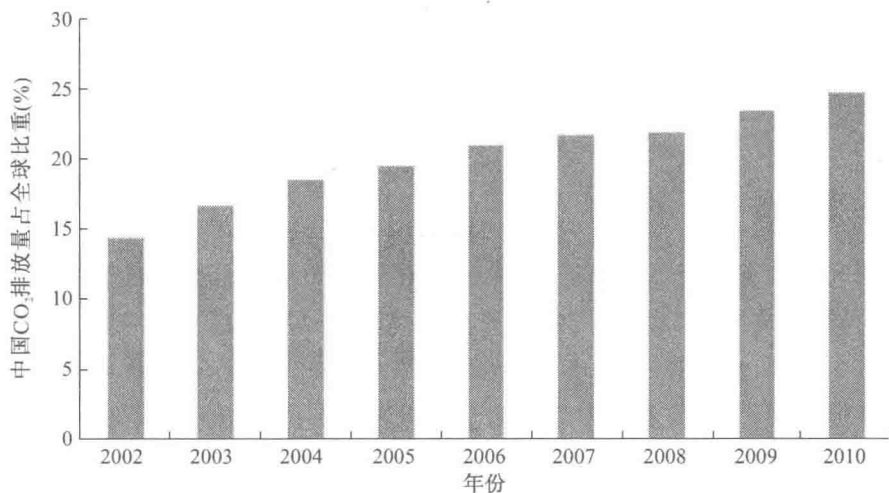


图 1-15 中国 CO₂ 排放量占全球比重
(数据来源:世界银行网站)

^①1994—2004 年,中国 CO₂ 排放量在温室气体排放总量中所占的比重由 76% 上升到 83%,上升了 7%。