

高等教育“十二五”规划教材

煤矿绿色开采技术

Meikuang Lüse Kaicai Jishu

张宏伟 主编

中国矿业大学出版社



高等教育“十二五”规划教材

煤矿绿色开采技术

主 编 张宏伟
副主编 霍丙杰
参 编 朱志洁 荣 海
付 兴 朱 峰

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书根据煤炭工业的特点,遵循煤炭开采与环境保护协调一致的原则,阐述了有关煤矿绿色开采的技术。内容主要包括:矿产资源的可持续发展、煤与瓦斯协调开采技术、洁净开采技术、无煤柱护巷技术、矸石充填开采技术、保水开采技术、建筑物与土地保护技术、煤炭地下气化技术和矿区废弃地生态修复技术及煤炭工业的发展前景等。

本书可作为采矿工程、煤及煤层气工程、安全工程等专业的本科生以及研究生的教学用书和教学参考书,也可以作为相关专业工程技术人员、管理人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

煤矿绿色开采技术/张宏伟主编. —徐州:中国
矿业大学出版社,2015.9
ISBN 978 - 7 - 5646 - 2777 - 5

I. ①煤… II. ①张… III. ①煤矿开采—无污染
技术—高等学校—教材 IV. ①TD82

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第180777号

书 名 煤矿绿色开采技术
主 编 张宏伟
责任编辑 王美柱
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线 (0516)83885307 83884995
出版服务 (0516)83885767 83884920
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
印 刷 江苏淮阴新华印刷厂
开 本 787×1092 1/16 印张 16.75 字数 418 千字
版次印次 2015年9月第1版 2015年9月第1次印刷
定 价 29.80 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

中国是世界上少有的以煤炭作为主要能源的国家之一,煤炭产量已经超过世界总产量的三分之一,煤炭产量的迅猛增长,凸显煤炭开采对于环境的影响。与煤炭生产相关的资源破坏、环境损害以及生产事故现象十分突出,因而我国学者率先提出了煤炭资源绿色开采的理念和科学采矿的学术观点。“绿色开采”是一种遵循循环经济绿色工业的原则,形成资源开采与环境保护协调发展,实现“低开采、高效率、低排放”的开采技术。发展煤炭绿色开采理论和技术,是对现有采煤理论、方法和技术的丰富与发展,具有更加丰富的技术内涵和经济原则。同时,煤矿绿色开采技术符合国家节能减排的发展方针,也顺应了“美丽中国”的建设总体布局,是煤炭工业健康发展的必由之路。

煤矿绿色开采以及相应的绿色开采技术,要求从广义资源的角度来认识 and 对待煤、瓦斯、水、伴生有益矿产等一切可以利用的各种资源,基本出发点是防止或尽可能减轻开采煤炭对环境和其他资源的不良影响,目标是取得最佳的经济效益和社会效益。煤矿绿色开采是一个开放的复杂大系统,需解决大量基础理论、技术工艺、系统优化及政策法规等方面的问题。这些问题分属自然科学、工程技术与社会科学等领域。主要研究内容包括:矿产资源的可持续发展、煤与瓦斯协调开采技术、洁净开采技术、无煤柱护巷技术、矸石充填开采技术、保水开采技术、建筑物与土地保护技术、煤炭地下气化技术、矿区废弃地生态修复技术等。本书阐述了解决这些问题的主要技术和方法。

本书由辽宁工程技术大学张宏伟教授负责全书结构、内容设计和组织编写工作。张宏伟主要负责第一章、第二章、第十章的编写工作,霍丙杰主要负责第三章、第四章和第五章的编写工作,朱志洁主要负责第六章的编写工作,荣海主要负责第七章的编写工作,付兴主要负责第八章的编写工作,朱峰主要负责第九章的编写工作。在本书编写过程中,参考了国内外同行公开发表的相关研究成果,在此一并对他们表示感谢,对那些书中提及但是参考文献未列入的文献作者亦表示感谢。

由于编者水平所限,不当之处在所难免,恳请有关专家、读者批评指正。

编 者

2015年8月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 煤炭在国民经济发展中的地位	1
第二节 煤矿开采对环境的影响	12
第三节 煤矿绿色开采理念的提出、发展与技术体系	15
第四节 煤炭绿色开采的意义	24
第五节 我国煤炭资源分布特点及绿色开采模式分析	24
第二章 绿色开采与资源可持续发展	28
第一节 可持续发展的提出	28
第二节 可持续发展战略的形成	30
第三节 可持续发展的内涵及目标	32
第四节 矿产资源可持续发展	34
第五节 绿色开采对煤炭可持续发展的意义	36
第六节 绿色开采与科学采矿	36
第三章 煤与瓦斯协调开采技术	45
第一节 我国煤层气开发利用现状	45
第二节 我国煤层气赋存的特征	49
第三节 煤层气开采技术	54
第四节 瓦斯综合利用	75
第五节 实例	78
第四章 洁净开采技术与无煤柱护巷技术	91
第一节 减少矸石排放的开拓巷道布置理念	91
第二节 减少矸石排放的准备巷道布置理念	94
第三节 减少矸石生产的采掘工艺	98
第四节 无煤柱护巷技术	101
第五节 无煤柱护巷的经济效益分析	106
第六节 洁净开采技术与无煤柱护巷开采实例	110
第五章 矸石充填开采技术与井下选煤厂	118
第一节 矸石的危害与矸石充填开采技术	118
第二节 综合机械化矸石充填开采技术	120

第三节	普采矸石充填开采技术·····	129
第四节	矸石条带充填开采技术·····	129
第五节	矸石自溜充填开采技术·····	132
第六节	井下选煤技术·····	136
第七节	矸石充填开采与井下选煤实例·····	143
第六章	保水开采技术 ·····	145
第一节	煤炭开采对地下水分布的影响·····	145
第二节	保水开采技术的主要影响因素·····	149
第三节	保水开采技术和矿井水循环使用技术·····	150
第四节	榆神府矿区保水开采实例·····	163
第七章	建筑物与土地保护技术 ·····	169
第一节	煤矿开采对土地与建筑物的破坏分析·····	169
第二节	保护土地及建筑物的开采技术·····	172
第三节	建筑物和土地的保护措施·····	177
第四节	开滦矿区建筑物下采煤实例·····	181
第八章	煤炭地下气化技术 ·····	184
第一节	概述·····	184
第二节	煤炭地下气化原理及工艺·····	185
第三节	提高燃气热值的措施·····	192
第四节	技术经济评价·····	195
第五节	煤炭地下气化适用条件及发展方向·····	198
第六节	煤炭地下气化工业性试验实例·····	202
第九章	矿区废弃地生态修复技术 ·····	209
第一节	矿区废弃地环境影响要素分析·····	209
第二节	矿区废弃地生态修复规划与结构设计·····	211
第三节	矿区废弃地生态修复的技术体系·····	215
第四节	实例·····	223
第十章	发展前景与工作展望 ·····	236
第一节	绿色开采发展前景·····	236
第二节	今后的工作·····	250
参考文献	·····	257

第一章 绪 论

第一节 煤炭在国民经济发展中的地位

一、能源结构

1. 我国能源结构特征

煤炭是赋存于地下的非再生性化石能源资源,素有“工业粮食”之称。我国是能源生产和消费大国,生产和消费总量逐年增加(表 1-1)。我国能源资源特征是富煤、缺油、少气,决定了我国以煤为主的能源生产消费结构。长期以来,煤炭在我国一次性能源生产和消费中均占 70%左右(表 1-1)。

表 1-1 我国能源生产、消费总量及构成表

年份	能源生产 总量/万 t	占能源生产总量的比重/%			能源消费 总量/万 t	占能源消费总量的比重/%		
		原煤	原油	其他		原煤	原油	其他
1980	63 735	69.4	23.8	6.8	60 275	72.2	20.7	7.1
1985	85 546	72.8	20.9	6.3	76 682	75.8	17.1	7.1
1990	103 922	74.2	19.0	6.8	98 703	76.2	16.6	7.2
1995	129 034	75.3	16.6	8.1	131 176	74.6	17.5	7.9
2000	135 048	73.2	17.2	9.6	145 531	69.2	22.2	8.6
2001	143 875	73.0	16.3	10.7	150 406	68.3	21.8	9.9
2002	150 656	73.5	15.8	10.7	159 431	68.0	22.3	9.7
2003	171 906	76.2	14.1	9.7	183 792	69.8	21.2	9.0
2004	196 648	77.1	12.8	10.1	213 456	69.5	21.3	9.2
2005	216 219	77.6	12.0	10.4	235 997	70.8	19.8	9.4
2006	232 167	77.8	11.3	10.9	258 676	71.1	19.3	9.6
2007	247 279	77.7	10.8	11.5	280 508	71.1	18.8	10.1
2008	260 552	76.8	10.5	12.7	291 448	70.3	18.3	11.4
2009	274 619	77.3	9.9	12.8	306 647	70.4	17.9	11.7
2010	296 916	76.5	9.8	13.7	324 939	68.0	19.0	13.0
2011	317 987	77.8	9.1	13.1	348 002	68.4	18.6	13.0

注:① 电力折算标准的系数根据当年平均发电煤耗计算,其他项为天然气和水电;② 能源生产总量和能源消费总量的单位是万吨标准煤;③ 本表所列数据来自中国统计年鉴。

2004年6月30日,国务院常务会议讨论并原则通过了《能源中长期发展规划纲要(2004—2020年)》(草案),确定了“以煤炭为主体、电力为中心、油气和新能源全面发展的新战略”。2007年1月国家煤炭工业发展“十一五”规划提出:尽管煤炭在多元化的能源结构中比重逐年下降,但在相当长的时期内煤炭在一次能源生产和消费的主体地位不会改变。2012年3月国家煤炭工业发展“十二五”规划提出:国民经济继续保持平稳较快发展,工业化和城镇化进程加快,煤炭消费量还将持续增加。但考虑到调整能源结构、保护环境、控制PM_{2.5}污染等因素的影响,煤炭在一次能源结构中的比重将应该有所下降。从我国能源资源和能源安全战略考虑,在可以预见的几十年内,我国能源仍将以煤炭为主。

自2005年以来,我国能源消费年均增加约2亿t标准煤,这一数据相当于意大利或墨西哥一年的消费量,世界上也仅有13个国家的能源消费总量超过该数字。如不尽快采取有效措施,切实转变依靠透支资源、环境的粗放发展方式,预计到2020年我国能源消费总量可能超过50亿t标准煤。这将过快地消耗掉我国未来的资源,严重影响我国经济社会可持续发展。化石能源大规模开发利用已对生态环境造成严重影响,国内部分地区生态环境严重透支,应对气候变化的压力日益增大。

2013年我国石油对外依存度已从21世纪初的32%飙升至57%,进口量的80%经过马六甲海峡,38%经过霍尔木兹海峡,海上运输风险加大,能源安全形势严峻。目前,我国已成为世界第一大能源消费国。但是大量能源消费所带来的产值并不高,2011年,我国GDP约占世界的8.6%,但能源消耗占世界的19.3%。我国单位GDP能耗是世界平均水平的2.5倍,美国的3.3倍,日本的7倍,也高于巴西、墨西哥等发展中国家。原因是经济增长过多依靠固定资产投资和出口拉动,使高耗能产业过快增长,产业结构不合理。以第二产业为主的产业结构,吞噬着数量惊人的能源。国家能源局统计数据显示,我国三次产业结构比例为10:47:43,单位增加值能耗比约为1:6:1.5,三次产业和生活用能分别占能源消费总量的2%、73%、14%和11%。我国需要科学评估能源需求,改变以粗放的供给满足增长过快的需求的模式,实现以科学的供给满足合理的需求基础上的供需平衡。

我国能源战略调整应该走怎样的发展路径?“十二五”规划纲要提出,建立安全、稳定、经济、清洁的现代能源产业体系。这是下一个五年乃至未来十年能源产业发展的方向。实现此目标需要坚持统筹国内和国际两个大局,坚持推动能源生产和利用方式变革,坚持科技创新和体制创新并重,始终坚持保障和改善民生。具体而言,在保证能源供应和能源安全上,既要立足国内资源优势和发展基础,增强供给保障能力,同时积极利用境外能源资源,合理调控对外依存度,提高国家能源安全保障水平。我国能源发展方式要实现6个方面转变的目标:从偏保障供应的能源战略向科学引导消费转变,从资源依赖型向技术创新驱动型转变,从过度依赖煤炭向绿色多元发展转变,从偏重依靠国内资源向更加注重利用全球资源和市场转变,从生态环境保护滞后向生态环境保护与能源协调发展转变,从各能源行业分散发展向系统协调发展转变。

2. 世界能源结构特征

十年前非经合组织经济体的发展中国家开始进入经济快速增长期,自2001年以来,这种增长体现出“能源缺口”——非经合组织主导着全球能源需求的增长;2008年,非经合组织的需求增长超过经合组织。中国成为上述需求增长的标志,能源需求在2007年超过欧盟,2010年超过美国,2013年则超过整个北美。

能源没有改变的一个趋势是探明储量的增长。储量以过去十年而论,石油和天然气的探明储量分别增加 27% 和 19%,产量增幅为 11% 和 29%。经济的发展离不开能源,世界各国能源产量呈逐年增长趋势。

(1) 石油消费与生产结构

世界发达国家能源主要以石油为主,2013 年,全球石油消费增长 140 万桶/d,即 1.4%,高于 2012 年的增长率及之前十年的平均水平。增长的驱动因素是非经合组织的新兴经济体,它们在全球消费中的比重首次居多,经合组织的需求仍然停滞不前(图 1-1)。

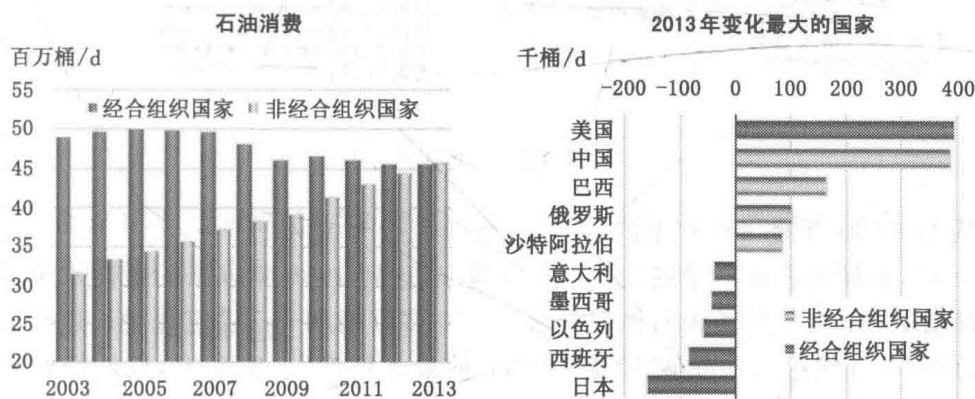


图 1-1 各国石油消费

就经合组织国家而言,美国消费增长 40 万桶/d,为 2013 年增速最快的国家——(按量计算)自 1999 年以来首度超过中国。与此对照,其他经合组织经济体的消费降幅超过平均水平,为 8 万桶/d,日本首当其冲地减少 16 万桶/d,其原因包括可再生能源和煤炭在发电行业中挤占了石油的份额,以及能效有所提高。欧洲的消费下降 6 万桶/d,受经济衰退影响最大的国家跌幅最大,如西班牙、意大利和希腊。

非经合组织国家的消费增长 140 万桶/d,即 3.1%,远低于之前十年平均水平(3.9%)。中国的消费疲态最为明显,需求仅增加 39 万桶/d——为 2009 年发生经济衰退以来的最低水平。印度在削减补贴后,增幅(4 万桶/d)降至 2001 年以来的最低水平,而中东地区的增长受到内部动乱及沙特发电部门增加天然气使用等因素的制约。

2014 年至今,由于美国需求的增长幅度减小及中国需求的进一步放缓,全球石油需求增长减速。

在石油生产方面,2013 年的特点是严重的供应减产及美国的创纪录增长(图 1-2)。

由于非石油输出国组织实现 2002 年以来的最大增产(120 万桶/d),2013 年的全球产量略有增加(56 万桶/d)。上述增长的主要贡献者是美国,加拿大和俄罗斯的供应也有所增加。俄罗斯(15 万桶/d)实现了后苏联时代的产量新高。加拿大的产量(21 万桶/d)在油砂持续增长的推动下达到历史最高水平。这些增量超过了北欧(英国和挪威,各减产 8 万桶/d)等成熟产油区域产量的持续减量。

与此同时,石油输出国组织的产量减少 60 万桶/d。除了意外供应减产外,沙特继 2012 年创下产量纪录后减产 11 万桶/d。阿联酋的产量则实现新高,增长 25 万桶/d,但仅部分抵消了石油输出国组织的产量下滑。石油输出国组织的平均原油产量接近该组织自 2011 年

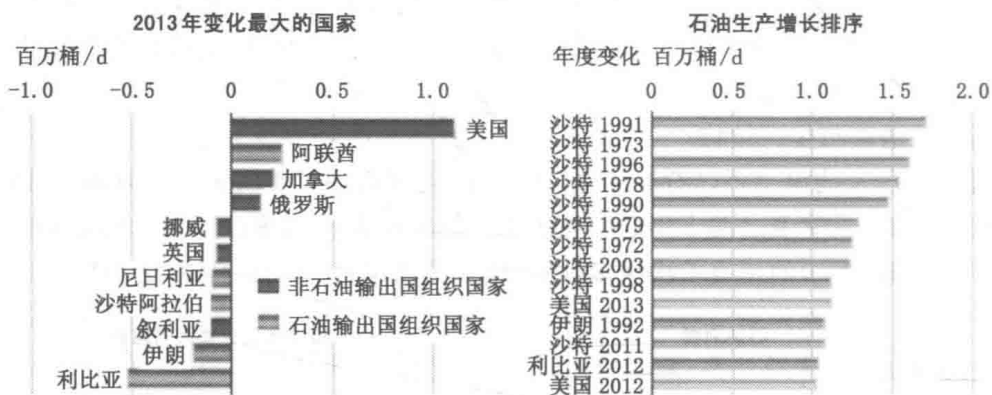


图 1-2 石油生产

12月设定的3000万桶/d生产上限。

2013年,美国的石油产量突破1000万桶/d,达到1986年以来的最高水平。在致密油藏的推动下,2013年的美国石油产量增加110多万桶/d——供应量增长连续第二年超过100万桶/d,连续第二次实现“美国历史上的最大增产”。实际上,仅沙特曾超过美国2013年的生产增量——准确而言,共有9次超过上述增量;但9次中的6次是依靠挖掘现有闲置产能。就基于产能扩建的“内生”增长而言,美国2013年的增长在历史上排名第四。

2014年,美国的产量增长更为强劲(同比增加近130万桶/d)。石油输出国组织的原油产量进一步下滑,平均来看远低于3000万桶/d的水平,这主要是由于利比亚产量持续出现急剧下滑。

近年来,供应减产的规模较大且集中发生在北非和中东地区。利比亚是一个焦点地区:继2011年由于内战而初步停产120万桶/d后,2012年几乎完全恢复了生产水平(100万桶/d)。但2013年下半年再度出现的动乱使2013年的产量年均减少52万桶/d。伊朗的产量在持续的国际制裁下减少19万桶/d。叙利亚、南北苏丹和也门均出现严重减产。这些国家自“阿拉伯之春”爆发以来的累计供应减产高达惊人的300万桶/d。

美国与页岩相关的产量增长几乎完全弥补了非洲和中东地区的供应中断。如果仅有美国的页岩“革命”,当前的石油市场也绝非如此,重要的是,两者的此消彼长纯属巧合。高价格可能刺激更多的页岩生产。

(2) 天然气消费与生产结构

天然气市场正在发生缓慢变化,呈现两个发展动态:美国的页岩气“革命”以及目前分割性区域市场在液化天然气迅速发展的推动下实现不断整合。2013年,这些因素的势头减缓——美国的页岩气产量增长放缓,而液化天然气发展幅度仍然很小(图1-3)。

从全球来看,消费(1.4%)、生产(1.1%)和贸易(1.8%)增长均有所放缓。区域价差缩小。与其他的所有化石燃料一样,发展中国家的需求放缓更为明显:天然气是经合组织的消费增长超过非经合组织的唯一燃料。与石油的情况相同,经合组织消费增长的动力是美国;与石油不同的是,中国并不是导致非经合组织消费增长疲软的原因。

美国天然气从2011年的7.3%降至2012年的5%,进而减至2013年的1.3%。与某些

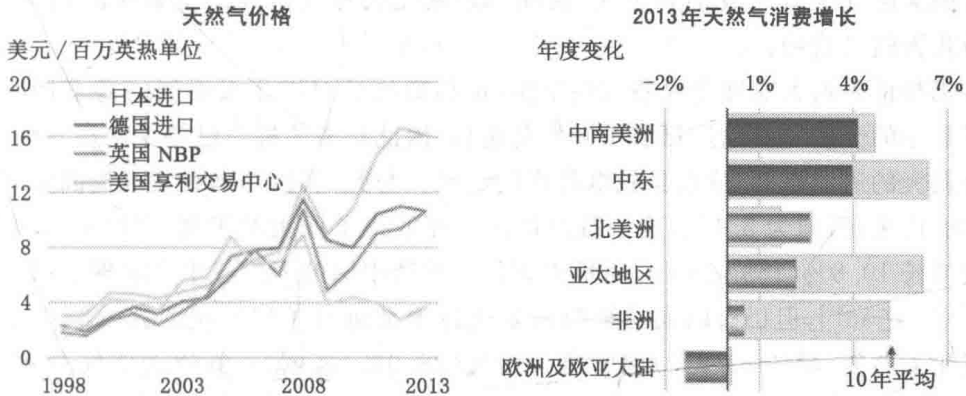


图 1-3 全球天然气市场

权威人士的说法不同,这种情况与“页岩气枯竭”并没有关系,而是与钻探设备流动性及价格信号的威力密切相关(图 1-4)。

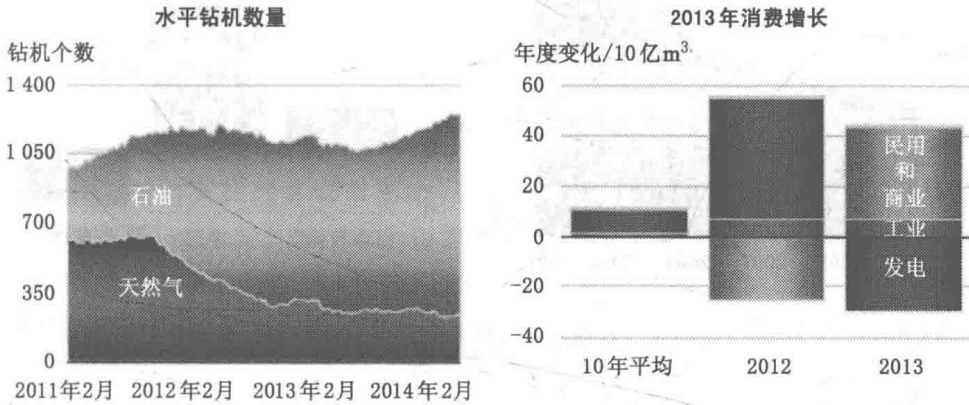


图 1-4 美国天然气市场

2012年,美国的天然气价格跌至13年以来的最低点,随后在2013年年初的寒冬后开始反弹。美国的气价在2013年平均上涨34.5%,几乎抵消了2012年的跌幅。然而,由于石油—天然气的价差持续居高不下,这种价格反弹不足以推动产量加速增长。“追寻液体燃料”仍然更具有吸引力,导致生产页岩气的钻探设备继续被用于致密油的生产。2013年,几乎全部的天然气增产量来自伴生气和湿气;干气产量下降。高价格、低库存及17%的民用和商业需求增长所表现出的旺盛取暖需求确实使发电部门的天然气份额急剧下降——天然气在发电部门直面来自其他燃料的竞争。美国的天然气消费总量增加2.4%,但天然气发电量减少8.9%(被煤炭取代);燃煤发电量增长5%。自2008年以来,天然气在美国发电部门的市场份额首次出现下降,减少近3个百分点(从30.3%降至27.4%)——是1973年以来的最大降幅。

液化天然气项目规模庞大,而且需要巨额投资。目前,液化天然气的供应增长正处于多年以来的低潮,产能扩建非常有限。2013年,供应仅增加0.6%。这使市场供应呈现紧张状况,并将灵活的货物调配给愿意且能够支付高价的用户。因此,很自然地见证了重大调整。

81%的亚洲天然气进口是液化天然气,亚洲仍是液化天然气贸易的主要目的地,吸纳了近75%的液化天然气货物。

日本仍是世界最大的液化天然气进口国,福岛事故后对液化天然气的需求持续创下新高——但日本的天然气发电厂目前正满负荷运行,因此日本的进口已停止增长。相反,韩国创下世界最大的进口增量,这也是核电停产的结果。与此同时,中国在实现提高天然气在能源结构中的比重(目前为5.1%)这一既定目标方面取得了巨大的进展。2013年,中国的天然气消费增长10.8%(153亿 m^3),居世界首位。虽然中国的天然气生产实现全球第二大增量[9.5%,99亿 m^3],但仍有巨大的缺口需要通过增加进口予以解决。这一缺口主要是通过进口液化天然气(增长22.9%)和管道天然气(28.0%)来填补;管道天然气多来自中亚,来自该区域的土库曼斯坦采取的国内价格改革等临时举措拉低了国内消费量,而减额大致与其管道天然气出口量旗鼓相当(图1-5)。

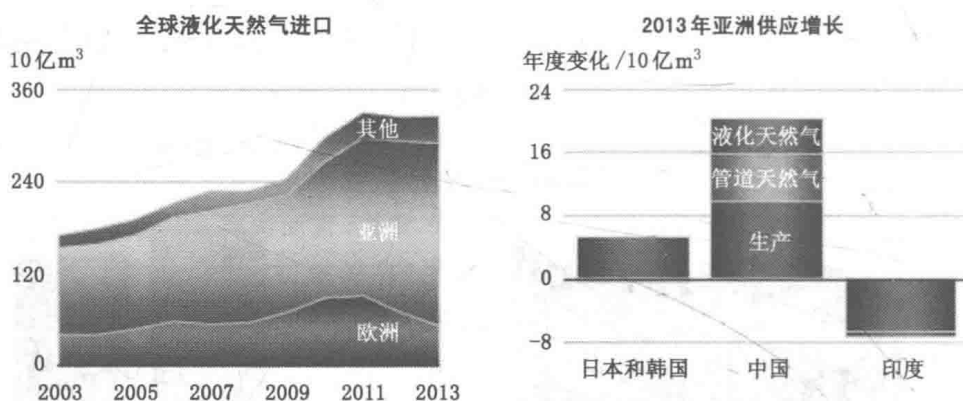


图 1-5 全球液化天然气市场和亚洲供应

液化天然气的需求增高而供应有限在另一方面则突出体现了国内生产问题。印度是一个典型实例:印度对生产商设定的价格上限阻碍了投资,导致印度在2013年出现天然气产量方面的世界最大降幅(67亿 m^3 /16.3%)。缺乏低价的国内天然气供应及煤炭与进口液化天然气相比具有巨大价格优势,这促使煤炭大规模地取代天然气,使印度的天然气消费也出现世界最大的降幅(73亿 m^3 /12.2%)。具有讽刺意味的是,印度三分之一的煤炭来自进口。

由于俄罗斯的供应,欧洲暂缓对液化天然气的争夺。欧盟的液化天然气产量似乎每况愈下,而消费量则降至1999年以来的最低水平。2013年,其消费减少1.1%,产量下降0.5%,而进口略有下滑。与美国的情况相同,欧洲在2013年初也面临寒冷的冬季及很低的库存水平。旺盛的取暖需求把当年的现货价格推高12.3%,而与油价挂钩的合同价格跟随石油价格的步伐略有下降(-2.6%)。在发电部门,天然气难以与价格更低的煤炭和非化石燃料竞争:在发电部门,天然气市场份额的降幅超过煤炭;而非化石燃料的市场份额有所增加。但总体来看,由于取暖需求增加,欧盟的天然气消费降幅仍低于煤炭。

与全球石油市场的情况相同,欧盟的进口受到困扰非洲的社会动荡影响。北非(-18.7%)、尼日利亚(-43.9%)和挪威(-5.2%)的出口供应量减少意味着欧盟需要寻找替代性供应来源。在此情况下,俄罗斯填补了空缺,使欧盟不需要参加对昂贵的液化天然气

的竞争。这种情况产生净结果是欧洲的进口结构发生重大变化,来自俄罗斯的进口量增长 19.5%——明显逆转了 2012 年的状况,俄罗斯在当年被挪威夺走了 12% 的欧盟天然气市场份额,其原因是俄罗斯天然气工业股份公司坚持将气价与石油价格挂钩的做法,而挪威则将供气价格调整至接近现货价格的水平。2013 年,欧盟的现货价格迅猛攀升,在很大程度上缩小了此前的价差,但就俄罗斯天然气工业股份公司自身而言,它也通过提供折扣和返利以更优惠条款出售天然气(图 1-6)。

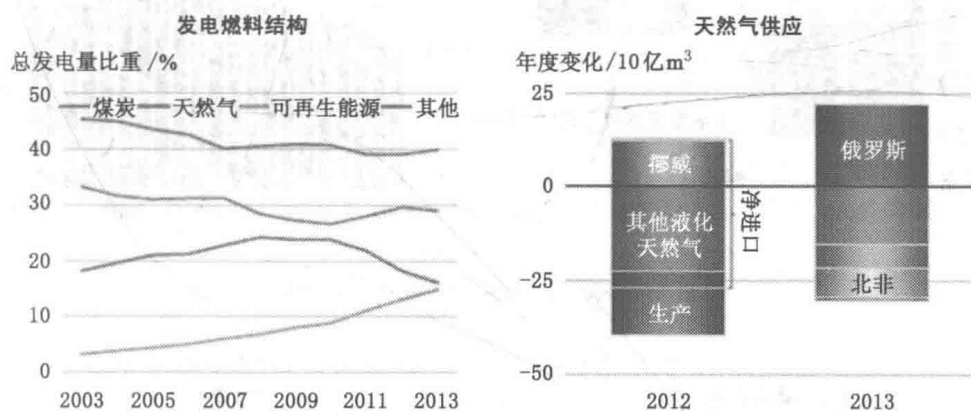


图 1-6 欧盟国家天然气市场

俄罗斯的情况与全球趋势背道而驰:天然气产量增加 2.4%,即 124 亿 m^3 ——实现了世界最大的增产量,这是源自开工率的提高和独立天然气生产商产量的增加——即除拥有出口垄断权的俄罗斯天然气工业股份公司之外的所有生产商。2013 年,独立生产商贡献了俄罗斯产量的 28%,由于这些企业的天然气价格较低,它们提供了俄罗斯国内天然气消费量的 39%。而鉴于其国内市场份额走低,俄罗斯天然气工业股份公司得以将更多的资源出口到海外。

俄罗斯的国内天然气消费下滑也是原因之一(-0.4%/28 亿 m^3),这在一定程度上是由于俄罗斯远东地区在 2013 年年初遭遇严重洪水;在那场灾难后,俄罗斯的水电因祸得福,实现了有史以来的第二大增长。再加上电力需求下降,发电部门减少了对包括天然气在内的所有其他发电燃料的需求,这为增加天然气出口创造了空间。总而言之,俄罗斯的天然气出口增加 18.6%,即 107 亿 m^3 (图 1-7)。

(3) 煤炭消费与生产结构

对于发展中经济体而言,煤炭这种工业化燃料通常是经济健康的合理指标;对于经合组织,煤炭市场的特点更多表现为在发电部门与其他燃料进行竞争,并受到政治和价格因素的影响,煤炭市场发展放缓。2013 年,煤炭消费增长 3.0%,仍然低于其长期的平均水平;产量增长是 2002 年以来最疲软的一年(0.8%)。在去库存化和低需求的综合作用下,各区域的煤炭价格均出现下跌,而供应商之间竞争加剧则缩小了区域价差。

煤炭市场的主力军是中国,中国的煤炭在国家能源结构中的比重达到 67%。2013 年,中国的煤炭消费增长 4%,不足其之前十年平均水平(8.3%)的一半,如图 1-8 所示。关停煤炭密集型工厂及鼓励发展煤炭替代燃料等力求减轻当地污染的新政策可能发挥了一定作用,但这些措施的规模受到有限的天然气供应的制约。在中国,服务业在国内生产总值中的

比重在 2013 年首次超过工业,因此,工业生产增长放缓是一个驱动因素。然而,如何在抑制煤炭增长的同时保持国内生产总值的稳定仍然是个难题。

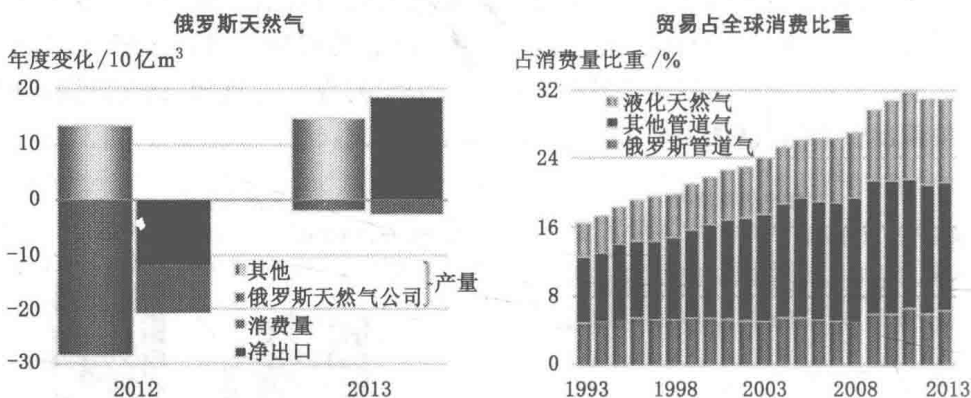


图 1-7 俄罗斯天然气市场和全球贸易

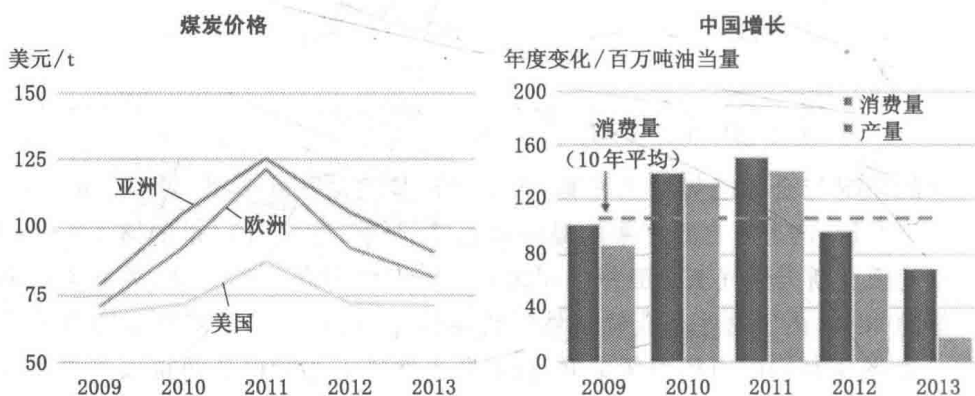


图 1-8 煤炭市场

在印度,国内天然气产量迅速下降而且煤炭相对于进口液化天然气具备价格优势,这使煤炭消费增长 7.6%,为有史以来的第二大增量。在经合组织,美国的煤炭消费由于天然气价格走高而出现反弹(4.6%),而在日益萎缩的欧盟能源市场,煤炭的降幅超过天然气(-2.5%),而且还被可再生能源夺走了市场份额。

煤炭的生产和贸易状况也体现出上述模式。2013 年,中国的煤炭生产增长放缓至 1.2%,为 2000 年以来的最小增幅。过去 15 年以来,中国首次没有实现世界煤炭生产的最大增长,被印尼取而代之。中国在 2012 年成为世界最大的煤炭净进口国,价格较低的外国煤炭在 2013 年进一步进入中国市场。海上运输贸易增长放缓(动力煤从 2012 年的 14.5% 降至 2013 年的 4.3%),但是,在价格下跌和运输成本上涨的环境下,生产商迅速进行调整。容易进入太平洋市场的供应商产量增长最大,如印尼(9.4%)和澳大利亚(7.3%),而美国(-3.1%)和哥伦比亚(-3.7%)的产量由于欧洲需求下滑及全球价差而出现下降。

(4) 非化石燃料

20 世纪 90 年代和 21 世纪初,非化石燃料在发电总量中的比重呈现下降趋势,其原因是可

再生能源的规模太小,无法产生真正的影响,而且水电和核电的增长未能与发电总量的增长同步。在过去十年里,水电的加速增长和可再生能源的迅猛发展中止了上述颓势(图 1-9)。

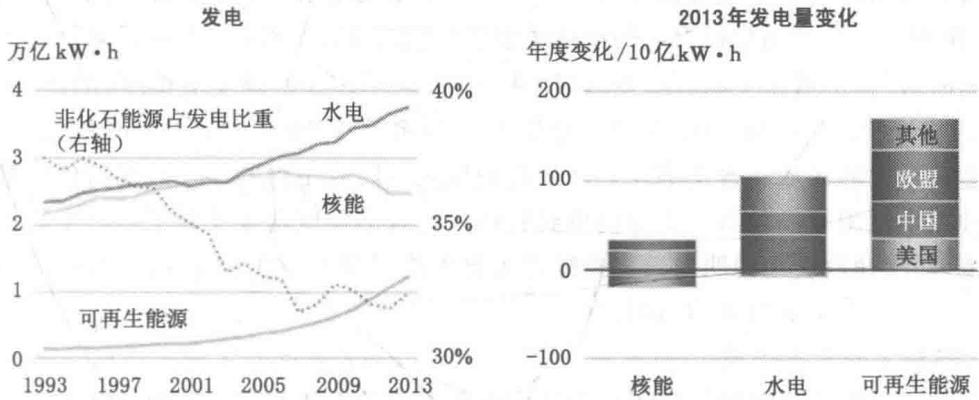


图 1-9 水电、可再生能源和核能

2013 年对非化石燃料而言是重要的一年:其增长超出平均水平,在全球发电量中的比重几乎达到三分之一(32.5%),在欧盟和美国则抢夺了化石燃料在发电部门的份额。核能的贡献最小(0.9%/15 万亿 W·h),仅仅中止了两年以来的颓势。后福岛事故时期的安全审查规模开始缩小,停止运行的反应堆数目减少。在日本,核能发电量继续下滑(-3.4 万亿 W·h/-18.6%),而且核电量已经处于低点。在其他国家,韩国、乌克兰、西班牙和俄罗斯核电降幅被美国(21 万亿 W·h/2.8%)和中国(13 万亿 W·h/13.9%)的增幅所抵消。

全球水电的增长率从 2012 年的 4.5% 降至 2013 年的 2.9%,其主要原因是中国的产能扩张放缓以及非常直观的原因——全球降水格局:巴西连续第二年经历严重旱灾(-7.0%),而欧洲和欧亚大陆的水力发电量连续第二年增加(5.5%)。虽然增长可能比较缓慢,但足以使水电在全球一次能源中的比重增至创纪录的 6.7%。

可再生能源是 2013 年非化石燃料增长的最大动力,这是 2013 年非化石燃料增长的最大推力。2013 年,可再生能源发电量增长 16.3%,这是 2009 年以来的最低增长率,但按量计算的增长达到历史最高水平(图 1-10)。可再生能源对一次能源增长的贡献超过天然气。

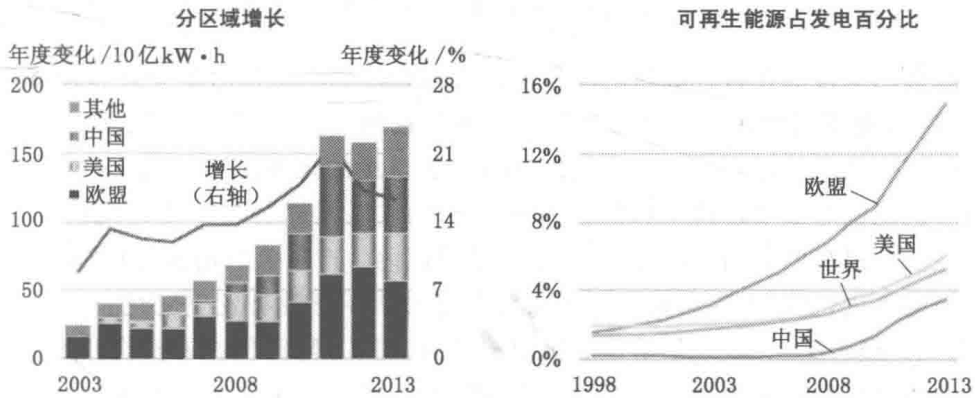


图 1-10 可再生能源在发电行业的利用

2013年,可再生能源在全球发电中的比重从五年前的2.7%增至5.3%。2013年,可再生能源在全球一次能源中的比重为2.2%;如果加上生物燃料,该比重总计为2.7%。所有地区和几乎所有国家的可再生能源都有所发展。在年增量及可再生能源在发电部门中的比重方面,欧盟作为一个整体仍超过美国和中国。欧盟目前有15.0%的电力来自可再生能源。然而与此同时,欧盟的可再生能源增速放缓,从2011年的20.6%降至2012年的18.0%,进而降至2013年的13.5%,使2013年的增量低于2011年和2012年。并非巧合的是,受上述增长放缓影响最大的区域是普及率及补贴最高的地区。同时出现的增速放缓与供应量增加体现出一种根本性困境。可再生能源仍得到补贴。可观的年度增量反映了可再生能源已经达到的规模,而增速放缓则说明财政支持随着可再生能源规模的扩大有所减少,同时不断攀升的补贴给社会带来了更沉重的负担。

(5) 燃料结构和碳排放

以协调一致的模式来分析各种燃料年度变化的简单方法是探讨其对全球燃料结构的影响。2013年,除天然气的市场份额降至23.7%外,其他各种燃料的市场份额都进入了不常见的区间。石油的市场份额降至32.9%,是建立数据集以来的新低,并延续了1973年首次石油危机以来连续40年的下降趋势。随着非经合组织工业化开始火力全开,煤炭的市场份额延续了2002年开始的稳步攀升趋势,并再创新高。煤炭的市场份额增至30.1%,达到1970年以来的最高水平(图1-11)。

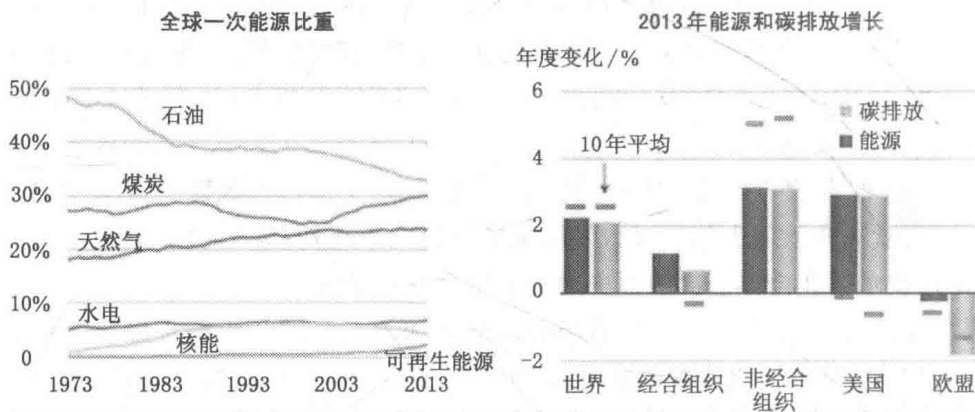


图 1-11 燃料结构和碳排放

单位能源的碳排放在各种燃料之间差异巨大,因此,燃料结构的演变会对碳排放产生影响。2013年,发电部门使用的非化石燃料实现较为强劲的增长,其在一次能源中的总体比重有所提高(从13.1%至13.3%)。尽管如此,由于煤炭的比重不断提高,全球碳排放的增速几乎与一次能源总量增速持平(2.1%对比2.3%)。这是过去多年里出现的非常重要的趋势——在能效提高的推动下,碳排放的增速低于国内生产总值的增速,但与能源消费的增速同步。换言之,全球燃料结构中的碳强度在过去十年里没有发生变化。由于非化石燃料的比重提高,经合组织2013年单位能源的碳排放有所下降。但在非经合组织,非化石燃料比重的提高被煤炭比重的提高和天然气比重的下降抵消——排放增速与一次能源增速持平(3.1%)。

上述情况的最终结果是碳排放仍然增长过快而且令人不安——能效提高发挥了一定作

用,但全球燃料结构的变化未能对碳排放产生积极影响。例如在美国,随着发电部门再次青睐煤炭而摒弃天然气,2012年实现的大幅减排在2013年被逆转。从系统的各个方面来看,很容易发现,即使小规模煤改气也能极大地影响到全球排放增长。从燃料结构变化中受益的一个区域是欧盟,其可再生能源和水电的强劲增长促使发电部门的煤炭和天然气使用量双双下降。2013年,欧盟的排放量比1990年的水平低13%以上,而且与石油的情况类似,碳排放几乎恢复至1969年的水平。然而,就全世界整体而言,排放仍比1990年的水平高出55%。

二、煤炭资源是国民经济发展的重要支撑

近年来,受国民经济快速发展的推动,我国煤炭产量和消费量呈现快速增长的势头(图1-12),煤炭的生产和消费是国内生产总值(GDP)增长的重要保障(图1-13)。煤炭行业为发电行业、运输行业提供强大的能源保障。长期以来,煤炭运输占整个铁路运输的40%以上。煤炭发电机组的增加和火电小时数的增加,直接对煤炭的供应提出了更高的要求。2005年全国发电机组消耗煤炭10.54亿t,占煤炭生产总量的67%;2010年,全国发电机组消耗煤炭17.85亿t,电力行业消耗了全国55.1%的煤炭资源。

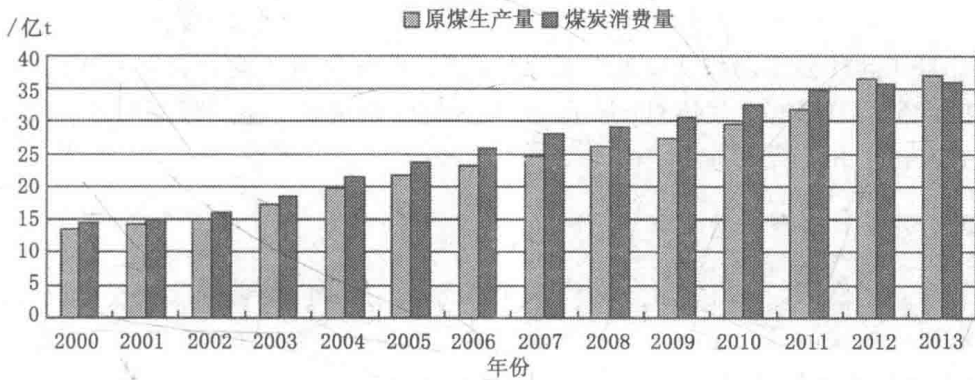


图 1-12 我国煤炭产量和消费量变化

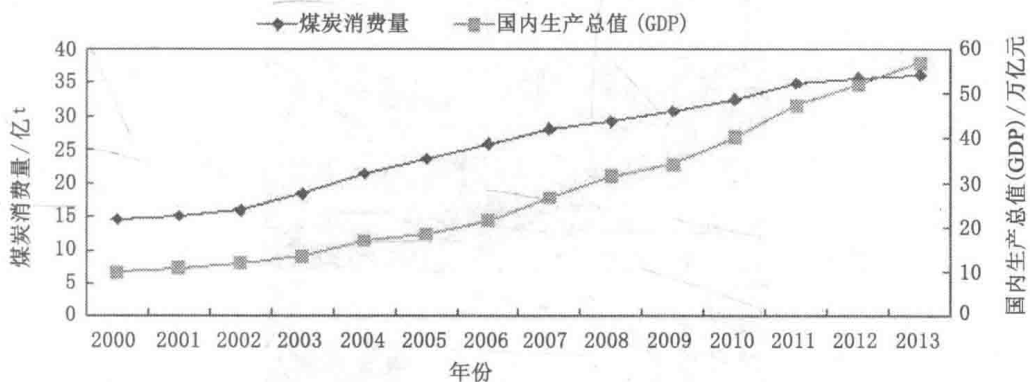


图 1-13 煤炭消费量与国内生产总值(GDP)的变化趋势

相对煤炭丰富的储量,我国石油储量严重不足,必须利用国际石油资源弥补国内石油供应的短缺。从我国的能源供应和安全考虑,既要积极开发利用国外的能源资源,又要注重开发利用国内的能源资源。国内石油和天然气资源有限,水能和核能的发展还存在许多制约