

采煤概论

郭金明 张登明 主编

CAIMEI GAILUN

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

采煤概论

主 编 郭金明 张登明

副主编 郑光相 王永祥

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书是根据新教学大纲编写的适合非煤矿开采专业使用的教材,系统讲述了煤矿地质、井田开拓、掘进与支护、采煤方法等方面的知识,更注重学生能力的培养。本书适合高职高专院校学生使用,也可供相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

采煤概论/郭金明,张登明主编. —徐州:中国矿业大学出版社,2007.8

ISBN 978 - 7- 81107 - 573 1

I. 采… II. ①郭…②张… III. 煤矿开采—高等学校:技术学校—教材 IV. TD82

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 124250 号

书 名 采煤概论

主 编 郭金明 张登明

责任编辑 耿东锋

责任校对 何晓惠

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮政编码 221008)

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail cumtpvip@cumtp.com

排 版 中国矿业大学出版社排版中心

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/16 印张 15 字数 354 千字

版次印次 2007 年 8 月第 1 版 2007 年 8 月第 1 次印刷

定 价 20.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

本书是根据煤炭高职高专院校制定的矿山机电、矿山测量等非煤矿开采技术专业采煤概论课程教学大纲要求编写的,本书突出高职高专教育特点,注重应用能力培养,结合煤炭开采技术发展状况,系统地讲述煤矿工业发展概况,矿井生产建设基本技术知识,煤炭开拓、开采过程以及煤矿通风、安全生产技术知识。

本书参考学时为 60 学时,各院校可结合各自专业特点,选择不同教学内容。

本书主要由郭金明、张登明任主编,郑光相、王永祥任副主编。具体编写的人员的分工如下:张登明第一章、第三章、第五章,郭金明第二章、第九章,禄建民第四章,郑光相第六章、第七章,王永祥第八章。张登明负责全书的通稿工作。

本书在编写过程参考和引用了许多文献和技术资料,以及矿井工程技术人员和有关学者的文章及资料等;平顶山工业职业技术学院庞元俊、高大中、李红晓、田华敏等教师和平顶山安全培训中心沈占生对教材编写提出许多宝贵意见;王永辉协助进行部分插图绘制任务。在此对文献的编著者和支持教材编写的教师表示衷心感谢。

由于编者知识水平有限和时间紧迫,书中不妥和错误之处难免,敬请提出宝贵意见。

编 者
2007 年 7 月

目 录

绪论	1
第一章 煤炭工业基本概况	4
第一节 世界煤炭工业概况	4
第二节 中国煤炭工业概况	9
第三节 煤炭工业发展面临主要问题及对策	10
第二章 煤矿地质	12
第一节 地壳运动及地质年代	12
第二节 煤的形成及赋存特征	17
第三节 煤田地质勘探及储量	23
第四节 煤层的埋藏特征与地质构造	26
第五节 矿图基本知识	32
复习思考题	40
第三章 井田开拓	41
第一节 煤田及井田划分	41
第二节 矿井储量及生产能力确定	48
第三节 矿井巷道及生产系统	52
第四节 井田开拓方式	55
第五节 开采水平的布量	62
第六节 矿井采掘关系	68
第七节 矿井延深与技术改造	70
复习思考题	73
第四章 井巷掘进与支护	74
第一节 围岩分类与井巷地压	74
第二节 巷道掘进	79
第三节 巷道支护	86
第四节 立井井筒施工概述	91
第五章 采煤方法	94
第一节 采煤方法及分类	94
第二节 采煤工作面矿山压力	96
第三节 采区巷道布置系统	100
第四节 长壁工作面采煤工艺	105
第五节 近水平煤层开采方法	126
第六节 采煤工作面生产组织管理	136

第七节 急倾斜煤层采煤方法·····	141
第八节 其他条件采煤方法·····	148
复习思考题·····	154
第六章 矿井通风 ·····	156
第一节 矿井通风概述·····	156
第二节 矿井通风阻力和通风动力·····	158
第三节 矿井通风系统·····	162
第四节 矿井通风管理·····	167
复习思考题·····	174
第七章 矿井安全与灾害预防 ·····	175
第一节 矿井瓦斯及其危害的防治·····	175
第二节 矿尘危害及其防治·····	189
第三节 矿井火灾的防治·····	191
第四节 矿井水灾的防治·····	193
第五节 顶板事故的预防·····	194
第六节 矿山救护·····	196
复习思考题·····	198
第八章 矿井生产系统 ·····	199
第一节 工业场地及地面生产系统·····	199
第二节 矿井运输与提升系统·····	202
第三节 矿井排水系统·····	210
第四节 矿井动力供应系统·····	213
第五节 煤的洗选·····	218
复习思考题·····	222
第九章 露天开采 ·····	223
第一节 概述·····	223
第二节 露天采煤的主要工艺过程·····	225
第三节 露天矿开拓开采及开采境界·····	229
复习思考题·····	233

绪 论

煤炭是现代世界五大能源(石油、煤炭、天然气、水电、核能)之一。在我国能源结构中,煤炭占据着主要地位,2004年我国生产能源的75.4%是煤炭,在消耗能源中所占比例达到66.7%以上。由于我国石油储量有限,在我国以煤炭为主要能源的状况将会长期持续下去。煤炭是电力、钢铁的主要能源,而且是重要的工业原料。我国电力70%以上来自煤炭,煤炭经过深加工提炼,可以生产出用于国防、工业、医药、农业等行业的产品达500多种。发展我国煤炭工业,对我国的现代化建设,增强国家经济实力,满足人民现代生活的需要,早日达到中等发达国家水平是根本的保障。

我国是世界煤炭储量最丰富的国家之一,煤种齐全,分布面积广。已探明的保有资源(储量)约为1 000 Gt,为我国煤炭工业发展提供可靠的资源(储量)保障。按目前的开采能力和开采规模,我国的煤炭储量还可供开采400年以上。煤炭资源是宝贵的一次性能源,如果不进行有效控制,无序开采,浪费、破坏煤炭资源,将严重影响后人的生存与发展。

我国是世界上开发、应用煤炭最早的国家之一,远在东周末年就有人们开采、应用煤炭的记载。到唐、宋时代,我国的手工采煤有了进一步的发展,元、明两代采煤技术已逐渐完善。在明末宋应星编著的《天工开物》一书中,对地质勘察找矿、矿井开采、井巷的支护材料与方法、矿井通风、矿井提升以及瓦斯与瓦斯排放都有相当详细的记载。开凿立井,在井筒四周用木材进行支撑,安设木制绞车提升煤炭,把打通竹节的竹竿插入井内引导出地下有害气体,在煤层中开掘巷道并进行支护。这些方法在我国一直沿用到19世纪后期。我国古代劳动人民用煤炭冶炼铜、铁等金属,推动社会文明和生产力的发展,为世界上最早进入文明时代的中华民族增添了光辉的篇章。但由于长期的封建制度桎梏,我国煤炭开采技术长期停留在手工生产水平上。19世纪末期,中国封建制度日趋解体,我国出现了近代工业,一些工商业者引进国外机械设备,在我国开办用机器生产的矿井,主要是用机器进行通风、运输、提升和排水,但绝大部分矿井还是以手工生产为主。解放前中国在帝国主义、封建主义和官僚资本主义统治下,煤矿成为资本家攫取煤炭资源、获取高额利润的场所。煤矿开采技术极为落后,矿工的安全没有保障,灾害事故经常发生,在辽宁抚顺煤矿发生的一次瓦斯、煤尘爆炸事故就造成1 594人死亡,成为世界采矿史上伤亡最惨重的煤矿灾害事故。中国煤矿工人受尽最残酷的压迫与剥削,被称为“煤黑子”,是生活在社会最底层的人。旧中国煤矿开采技术落后,生产能力低下,到1949年我国煤炭产量仅有3 249万t,是当时世界煤炭产量的五十分之一,不到我国目前一个大型矿区的产量。

新中国成立后,我国煤炭工业得到国家大力支持,开采技术有了根本性的转变,煤炭产量快速增长。我国煤炭工业迅猛发展主要表现在以下几个方面:

(1) 开发建设了一批大型矿区,改造、扩建了一大批矿井,使我国煤炭生产能力大幅度提高。2005年我国原煤产量达到21.94亿t,超过世界煤炭总产量的三分之一,是世界煤炭产量第二大国美国产量的两倍以上。

(2) 创建、完善了煤矿设计、理论研究与生产管理经验。解放前中国没有煤矿设计和煤矿开采理论研究机构,不能自行进行煤矿全面系统的设计,所有具有规模的煤矿都由外国进行设计。目前,我国拥有世界最高水平的煤矿设计院和研究院,掌握世界最先进的设计理论和设计指导思想,能设计世界上最先进的现代化矿区和超大型的现代化矿井,还到国外为发展中国家进行矿区开发和矿井设计。

(3) 积极改善煤矿安全生产条件,安全状况得到有效保障。我国煤炭工业 95% 采用的是地下开采,有的煤矿煤层赋存条件极差,矿井的五大自然灾害——水、火、瓦斯、煤尘和顶板事故时刻威胁着煤矿职工的生命安危。严格煤矿“一通三防”管理工作,是煤矿安全生产的保障。它直接关系着煤矿职工的身体健康和生命安危,关系着煤炭工业进一步发展。“安全第一,预防为主,综合治理,整体推进”是我国煤矿安全生产的方针。国家制定了《煤炭法》、《矿山安全法》、《矿产资源法》等法规规范煤矿开采行为和安全管理规定。截至 2004 年,煤炭行业管理机构八次修改颁布《煤矿安全规程》,强化煤矿安全生产管理制度。《矿山安全监察条例》与《矿山安全条例》的颁布,也为煤矿安全生产,促进煤炭工业健康发展发挥重要保障作用。研制的矿井安全自动监测系统装配煤矿,有效改善煤矿安全生产环境。安全监测系统有的已实现省内联网,矿井的重大灾害事故将得到有效的控制。我国煤矿不安全的状况一定会彻底改变。

(4) 采用先进的生产技术,提高矿井开采、掘进生产能力。我国煤矿开采工艺方面,解放后经历了三次大的改革。20 世纪 50 年代主要大力推广长壁式开采,取代落后的残柱式、高落式开采方式;60 年代到 70 年代是以单体的金属支护代替木支护,采煤工作面采用机械落煤为主要特征;70 年代后期开始在煤矿采用综合机械化开采技术,使煤矿工人从繁重的劳动中解脱出来,安全状况有了根本性的好转;目前利用计算机技术控制自动化的综合机械化开采方式,已经在我国煤矿使用,采煤工作面仅几个人进行生产,生产效率和效益得到很大的提高,使煤矿开采技术进入一个新的阶段。在矿井建设施工方面,研制和使用新型井巷掘凿设备,提高掘进机械化程度,井筒施工技术水平迅速提高,立井施工最大深度已超过千米,月成井速度达到 200 m 以上;用冻结法凿井技术施工井筒,井筒最大冻结深度达 435 m;利用钻井法施工的井筒,钻井直径超过 9 m,单井最大深度达到 582 m 以上。目前我国已研制成功钻井直径超过 10 m,深度可以达到近千米的大型钻井设备。斜井与巷道施工采用配套先进技术,形成光面爆破、锚喷支护、激光指向、耙斗装岩等先进施工工艺,创出斜井月进 700 m 以上的快速施工纪录。巷道掘进采用机械化作业线,研制使用全断面巷道掘进机,煤巷掘进使用连续采煤机或巷道掘进机,提高掘进机械化程度。掘进速度的提高,有效地保证矿井正常接续,保障矿井生产能力充分发挥。

(5) 改革矿井开拓和采区巷道布置,集中生产建高产高效矿井。采煤机械化水平的提高有效促进了矿井开拓布置方式改革,“装备重型化,工作面大型化”的一井一面开拓布置方式代表采煤工艺发展的趋势。工作面长度超过 300 m,推进长度达到 3 000 m 以上的大型工作面在我国一些大型矿井中普遍采用,取得很好的效果。神东矿区综采工作面单产超过 1 000 万 t,八个矿井七个超过千万吨生产水平。神东矿区创出多项世界第一,使我国煤矿开采技术达到世界最先进水平。神东煤电集团和大同煤业集团 2005 年产量突破亿吨,跻身世界大型煤炭公司前列。我国在矿山压力与控制理论研究方面处于世界领先地位,无煤柱开采技术应用,厚煤层大采高综采工作面推广使用,放顶煤开采技术,“三下一上”开采技术理论研究与实践,在坚

硬顶板的煤层、有冲击地压危险的煤层、有煤与瓦斯突出危险的煤层开采研究都取得成功。大批矿井进行技术改造,提高矿井机械化开采水平,矿井生产能力与经济效益得到较大提高,建成一批现代化的矿区和高产高效矿井。为我国煤炭工业发展做出了很大贡献。

(6) 研制生产先进的矿山机械设备,保障煤矿生产技术发展需求。目前,我国已能大批量设计和制造矿井成套提升、运输、通风、排水等大型设备和各种采掘机械设备。研制、使用大功率、高效能矿井提升设备,适应深井开采需要;大容量矿车、底卸与侧卸矿车应用为大型矿井运输提供保障;大功率、高强度胶带运输机为矿井实现连续运输创造条件,矿井生产能力得到有效提高;研制的单轨吊车、齿轨车及无轨胶轮车等新型设备可较好地解决矿井辅助运输难题。批量制造生产日产量超过万吨的综采开采设备,无链电牵引采煤机的最大功率已超过 1 000 kW。大采高液压支架最大采高可达 5.5 m 以上。我国生产的矿山机械设备不仅可满足我国煤炭工业生产技术发展需求,还向世界其他国家出口。

(7) 建设大型露天开采基地,改变我国煤矿面貌。露天开采具有生产能力大,安全性能好,生产效率高,经济效益好的特点。在适宜条件下大力发展露天开采是我国煤炭发展基本策略。国家规划到 2015 年露天开采所占比例从目前 5% 左右提高到 15%。现已建设的平朔、准格尔、霍林河、阜新和伊敏矿区,为我国露天开采积累了经验。我国研制的大型露天采矿设备应用于现场实际,边坡稳定的研究及滑坡治理取得成效,为我国煤矿露天开采方法大力推广奠定良好的基础。

采煤概论是一门系统介绍煤炭工业概况、煤矿生产建设专业技术知识的课程。课程内容包括煤矿地质基础知识,井田开拓、井巷工程和采煤方法专业基本知识,矿井通风与煤矿安全等方面知识。本课程有较强的专业性,融知识性、工艺性、综合性与实践性于一体,是与煤炭相关的专业学习煤矿基本知识的专业基础课程。通过采煤概论课程的学习,可使学生对煤炭的生成及赋存特征、煤矿生产建设、矿井生产系统以及煤炭开采工艺过程和煤矿主要自然灾害与安全生产管理状况有系统的综合性认识,为以后学习与煤炭相关的专业课程奠定基础。

采煤概论涉及煤矿开采技术多个学科的理论知识和实用技术,课程名词和概念较多,课程相互连贯性较差,煤矿地下开采的空间概念不易建立,学习难度较大。在教学过程中应通过实物模型、教学录像和多媒体技术等现代化教学手段,提高学生学习的兴趣和积极性,使学生能够理解和较好掌握煤矿生产基本过程和相关知识,提高对我国煤矿生产、安全现状的认识和关心程度,为以后从事煤炭相关的行业,更好地服务煤炭工业创造条件。

第一章 煤炭工业基本概况

第一节 世界煤炭工业概况

一、世界煤炭资源及开采状况

世界煤炭资源非常丰富。目前,世界探明的煤炭可采储量估计为 1.083 万亿 t,按目前的煤炭开采、消费水平计算,可供开采 200 年以上。世界各地的煤炭资源分布并不平衡,煤炭主要集中在北半球,世界煤炭资源的 70% 分布在北半球北纬 30°~70°之间。其中,以亚洲和北美洲最为丰富,分别占全球煤炭地质储量的 58% 和 30%,欧洲仅占 8%;南美洲、非洲数量较少。

世界煤炭可采储量的 60% 集中在美国(25%)、俄罗斯(23%)和中国(12%),澳大利亚、印度、德国和南非 4 个国家共占 29%。目前上述七国的煤炭产量占世界总产量的 80% 以上。现在世界上共计有 84 个国家探明有煤炭储量并进行开采。世界主要产煤国家见表 1-1。澳大利亚、美国和加拿大可供炼焦的优质烟煤储量最为丰富,三个国家的炼焦煤总产量占世界贸易总量的近 80%。随科技发展,煤炭开采安全状况也得到有效保障,世界主要产煤国家 2000 年煤炭工业安全状况见表 1-2。

表 1-1 世界主要煤炭生产国家及产量 单位:百万吨

国家	1996 年	1997 年	1998 年	1999 年	2000 年	2001 年
中国	1 374.1	1 325.3	1 232.5	1 043.6	998.0	1 089.7
美国	965.2	988.7	1 013.9	998.4	974.0	1 017.3
印度	311.0	319.4	320.9	314.4	334.8	343.5
澳大利亚	256.1	277.5	290.2	294.2	291.0	315.0
俄罗斯	256.7	245.0	231.9	219.4	257.9	269.0
南非	206.3	219.9	224.8	222.3	224.1	224.7
德国	235.1	223.3	207.0	200.8	201.0	202.5
波兰	201.7	200.9	178.6	172.7	162.8	163.4
印尼	50.4	54.8	62.2	73.7	77.0	92.6
乌克兰	75.7	77.0	77.2	82.8	81.3	83.9
哈萨克斯坦	76.8	72.6	69.8	58.4	74.9	79.0
世界总计	4 718.8	4 715.5	4 595.8	4 357.6	4 339.1	4 563.7

表 1-2

2000 年部分国家煤炭工业安全情况

国 家	煤炭产量(百万吨)	死亡人数(人)	百万吨死亡率(人/百万吨)
美 国	985.8	27	0.03
俄罗斯	246.0	113	0.46
印 度	334.4	99	0.296
南非	130.0	11	0.085
波兰	102.2	28	0.27
印度尼西亚	62.02	6	0.097
日本	2.97	2	0.67

二、世界能源消费组成

煤炭是人类的主要能源,在 20 世纪 60 年代中期以前一直是世界第一大能源,为人类物质文明和社会生产力发展提供了有效保障。随着石油的发现、开采和利用,到 60 年代中期,煤炭在能源消费比重中降至第二位。但石油储量有限,目前开采强度又比较大,很难保持长时间的可靠供给。专家预测到 2030~2050 年时,储量丰富、开采可靠的煤炭资源将重新占据世界能源消耗的第一位。目前世界能源消耗组成情况见表 1-3。表中是以标准石油当量为统计单位的。

国际上采用两种标准燃料统计单位:

标准煤:发热值为 7 000 大卡(29.27 MJ)的任何能源均可折算 1 kg 标准煤。

标准油:发热值为 10 000 大卡(41.8 MJ)的任何能源均可折算 1 kg 标准油。

表 1-3

世界主要能源消费情况表

单位: Mtoe

年	煤 炭		石 油		天 然 气		核 能		水 电		能源总计
	总量	%	总量	%	总量	%	总量	%	总量	%	
1980	1 814.3	28.3	2 972.1	46.3	1 303.9	20.3	183.4	2.9	148.2	2.3	6 420.9
1985	2 107.2	30.3	2 800.9	40.3	1 492.5	21.5	382.2	5.5	173.3	2.5	6 956.2
1990	2 270.3	28.8	3 135.5	39.8	1 773.8	22.5	516.7	6.6	189.2	2.4	7 885.7
1995	2 258.3	28.0	3 235.4	40.2	1 913.2	23.8	600.0	7.4	216.6	2.7	8 053.7
2000	2 186.0	25.0	3 503.6	40.0	2 164.0	24.7	668.6	7.6	230.4	2.6	8 752.4
2004	2 778.2	27.2	3 767.1	36.8	2 420.4	23.7	624.3	6.1	634.4	6.2	10 224.4

三、美国煤炭工业基本概况

美国是世界上主要的煤炭生产国和出口国,煤炭资源非常丰富,开采条件优越。20 世纪 70 年代以来,特别是 20 世纪 80 年代,煤矿采用高新技术,促使劳动生产率成倍提高,产量大幅度增长,安全状况大为改善,生产成本明显下降。20 世纪 90 年代,美国煤炭产量继续保持稳步增长的态势。2001 年美国煤炭产量曾达到 10.17 亿 t。

(一) 20 世纪 90 年代后美国煤炭工业的变化特点

(1) 矿井规模不断扩大。美国煤矿生产集中化和大型化的发展趋势明显,矿井的平均年产量已由 1986 年的 18.2 万 t 增加到 1997 年的 54 万 t。在大型煤矿产量不断增加的同

时,中小煤矿的产量和个数逐渐减少。仅 1991~1997 年间,年产量 30 万 t 以下的小煤矿个数就减少了 74%。到 1997 年底,占矿井总数 11% 的大型矿井控制着全国 3/4 的煤炭产量。

(2) 淘汰高、中硫煤储量以及不适应大规模开采的煤矿。1990 年大气修正案的颁布和污染控制措施的实施,对美国煤炭工业的生产和销售产生了非常大的影响。大部分发电厂不愿再燃用硫分高的煤炭,高、中硫煤炭市场萎缩,高、中硫煤和高灰分煤储量失去了开采价值。随着矿井规模的扩大、煤炭生产效率的提高和煤炭供应量的增加,煤炭价格在 20 世纪 90 年代持续下滑,致使一些不适合大规模开采的小块煤储量被淘汰。

(3) 煤炭企业大型化与集团化经营。自 20 世纪 80 年代以来,美国大型煤炭公司兼并联合,企业趋于大型化、集团化,大型煤炭公司的产量在全国总产量中的比重日益增加。1999 年与 1991 年相比,美国最大的 20 个煤炭公司的产煤量占总产量的比重由 56.7% 增加到了 79.6%。1999 年,前 8 位大型煤炭公司的产量就占总产量的 61.3%。公司兼并,矿井规模加大,以及非适宜开采矿地储量的放弃,是 20 世纪 90 年代至今美国煤炭工业的显著特征。

(二) 煤炭资源状况及分布

美国煤炭资源十分丰富,1 800 m 深度以浅的地质资源(储量)总量约为 3.6 万亿 t,1997 年探明储量 4 300 亿 t。在探明储量中,烟煤占 51.0%,次烟煤占 38%,褐煤占 9.4%,无烟煤占 1.6%,适于露天开采的储量占 32.7%。据有关统计报告,2001 年美国的经济可采储量为 2 466.4 亿 t,占世界煤炭总储量的 25.1%,居世界第一位。

美国煤炭资源赋存广泛,地区分布比较均衡。在全美 50 个州中,有 38 个州赋存煤炭,占国土面积的 13%。虽然美国在 50 个州中有 38 个州发现有煤炭,但煤炭储量主要集中在以下 8 个州:科罗拉多、伊利诺伊、蒙大拿、宾夕法尼亚、俄亥俄、西弗吉尼亚、怀俄明和肯塔基。这 8 个州的煤炭储量占全美的 84%,其中蒙大拿州拥有全国 25.4% 的探明储量,怀俄明州列第二,占 14.8%,伊利诺伊居第三,占 14.3%。美国三分之一以上的煤炭储量适于露天开采。适于炼焦的煤炭资源相当丰富,约占探明储量的 35%,但低挥发分烟煤储量较少,只占储量的 1.1%。炼焦煤的主要产地是阿巴拉契亚煤田,西部也有一些重要的烟煤产区。美国的主要煤田有阿巴拉契亚煤田、伊利诺伊煤田、中西部煤田、尤宁堡煤田、波德河煤田、尤塔固煤田、格林河煤田、圣胡安煤田和科尔维尔高煤田。

(三) 煤炭生产基本情况

美国井工开采在煤炭生产中长期占主导地位,但到 20 世纪 70 年代初露天采煤产量已与井工产量持平。20 世纪 80 年代以来,美国露天矿产量比例始终保持在 60% 上下。2000 年美国共生产煤炭 9.75 亿 t,其中井工矿产量 3.41 亿 t,露天矿产量 6.34 亿 t,露天开采比重为 64%。

1. 井工开采

美国 2000 年共有井工矿 600 个。目前这些矿井主要采用长壁式综采、连续采煤机房柱式和传统房柱式三种开采方法。1998 年长壁式采煤法占 47.84%,连续采煤机房柱式采煤法占 47.06%,传统房柱式采煤法占 4.46%。

(1) 房柱式采煤:目前美国已研制出一套适应房柱式采煤的生产设备,其特点是机械生产能力大,配套程度和机械化程度高。现在即使是炮采工作面,每道工序都使用机械设备。美国井工矿井之所以普遍采用这种采煤法,首先是因为美国煤层埋藏较浅,现有矿井平均开

采深度约 300 m,多数矿井为平硐和斜井开拓。煤层赋存平缓,倾角一般不大于 $7^{\circ}\sim 8^{\circ}$,硬度中等,夹矸少。顶板坚硬稳定,煤层直接顶一般为厚 1.2 m 以上的页岩,基本顶为坚硬的厚层砂岩,工作面 and 巷道支护大量采用锚杆支护。因此,从地质条件看很适合采用房柱式采煤工艺。其次是房柱式采煤法还具有建矿投资少,建井工期短,出煤快,机械化程度高,用人少,效率高,安全好等优点。房柱式采煤是掘采合一,在煤层中开掘巷道,开井就出煤,减少了大量的基本建设岩石工程量。

(2) 综合机械化长壁式开采:美国 20 世纪 70 年代开始逐步推广应用综采技术,20 世纪 80 年代得到迅速发展。长壁综采工作面的数量及其产量在井工矿中所占比重不断上升。1983 年综采工作面数量达到 118 个,产煤 63.70 Mt,占井工总产量的 23%。20 世纪 80 年代中期以后,综采技术的发展重点从增加工作面数量转变为提高工作面单产和效率。美国从 1984 年开始逐步减少综机工作面数量,推行一矿一面的集中生产模式,采取了加大采区走向长度,改进运输系统增加运输能力,改进巷道布置及衔接准备,加快工作面搬家,提高综采的性能和利用率,使综采工作面平均日产和工效迅速上升,一矿一面模式比重逐年增加。1994 年有 72 个生产矿井装备综采工作面 81 个,其中 63 个矿为一矿一面,占 88%,工作面平均工效为 266 t,长壁工作面总产量达到 164.4 Mt,首次超过连续采煤机房柱式的产量(163.9 Mt)。到 2000 年美国共有长壁工作面 59 个。近年来,长壁综采技术已成为美国井工矿最重要的采煤方法之一,也是井工开采安全状况最好、产量最高、效率最好的采煤方法。

2. 露天开采

美国是世界上露天煤矿产量最多的国家之一。美国适宜露天开采的煤炭资源十分丰富,1993 年适合露天开采的探明储量为 1 407 亿 t,遍布 30 个州,75% 以上分布在密西西比河以西。美国适宜露天开采的煤田地质条件较为简单,煤层埋藏较浅。其中东部地区煤层埋深一般为 10~40 m,少数达 60~100 m,煤层较薄,一般为 1~2 m,少数为 4~5 m;多为近水平单一煤层;剥采比一般为 $7\text{ m}^3/\text{t}$;西部地区煤层较厚,可达 10~15 m,埋深较大,但剥采比较小,一般为 $0.5\sim 4.0\text{ m}^3/\text{t}$,适于建设大型露天矿。

由于地质条件优越,美国自 20 世纪 40 年代开始,大力发展露天开采,露天产量迅速增长,开采比重大幅度提高,1965 年约为 35%,到 1979 年已达 59%,其后的产量比例基本稳定在 60% 左右。1998 年全美共有露天矿 890 个,平均每矿年产量为 71.3 万 t,其中 135 万 t 以上的露天矿有 55 个,超过 1 000 万 t 以上的特大型露天矿有 12 个。美国最大的露天矿是波德河煤炭公司的北安太路普/罗切利矿,1998 年产煤 66.8 Mt,全矿共有职工 560 人,人均年产煤 0.119 Mt。随着露天矿规模的不断扩大,职工人数不断减少,露天矿职工由 1989 年的 47 509 人减少到 1998 年的 29 000 人,近 10 年减少了 18 509 人,生产效率由 1989 年的 44.95 t/工增大到 1998 年的 71.48 t/工,每工增加了 26.53 t。

美国 2000 年煤炭工业主要指标见表 1-4。

表 1-4 2000 年美国煤炭工业指标

指 标	单 位	数 据
煤炭产量	Mt	975.69
其中:东部煤炭产量	Mt	513.15
西部煤炭产量	Mt	462.54

续表 1-4

指 标	单 位	数 据
产值	百万美元	17 208
井工矿煤炭产量	Mt	341.5
井工矿开采比重	%	35
露天矿煤炭产量	Mt	634.5
露天矿开采比重	%	64
煤炭出口	Mt	59.25
其中:动力煤	Mt	21.93
炼焦煤	Mt	37.36
煤炭进口	Mt	11.35
煤炭消费总量	Mt	979.95
其中:电厂	Mt	889.87
冶金	Mt	26.58
工业	Mt	59.07
商业和民用	Mt	4.43
煤矿数	个	1 350
其中:井工矿	个	600
露天矿	个	750
煤炭职工人数	人	70 000
长壁工作面个数	个	59
全员生产效率	t/小时工	6.91
其中:井工矿	t/小时工	4.09
露天矿	t/小时工	10.49
煤矿死亡人数	人	27
百万吨死亡率	人/ Mt	0.03

(四) 美国能源消费情况

美国是世界煤炭生产大国,也是能源生产大国,更是世界能源消费大国——以不到世界二十分之一的人口,消耗的能源超过世界能源消耗量的 1/4,是中国人均能源消耗量的近十倍。美国能源消耗组成情况见表 1-5。

表 1-5

美国主要能源消费情况表

单位: Mtoe

年	煤 炭		石 油		天 然 气		核 能		水 电		主要能源总计
	总量	%	总量	%	总量	%	总量	%	总量	%	
1980	385.6	21.6	794.1	44.6	509.9	28.6	68.2	3.8	24.3	1.4	1 782.0
1985	440.5	25.3	720.2	41.4	449.4	25.8	104.2	6.0	24.7	1.4	1 739.0
1990	482.3	25.0	781.8	40.5	486.3	25.2	156.7	8.1	25.2	1.3	1 932.2
1995	504.6	24.3	807.7	38.8	558.5	26.8	182.9	8.8	26.8	1.3	2 080.6
2000	564.1	24.8	897.4	39.4	588.9	25.8	204.7	9.0	23.4	1.0	2 278.6
2004	564.3	24.2	937.6	40.1	582.0	25	187.9	8.1	59.8	2.6	2 331.6

第二节 中国煤炭工业概况

一、煤炭资源

我国煤炭储量主要分布在华北、西北地区,集中在昆仑山—秦岭—大别山以北的北方地区,以山西、陕西、内蒙古等省区的储量最为丰富。晋陕蒙(西)地区(简称“三西”地区)集中了中国煤炭资源的 60%,另外还有近 9%集中于川、云、贵、渝地区。山西省是我国煤炭资源储量最多的省份,占全国总储量的 30%。与资源分布相对应的是,我国煤炭生产也集中于这些地区。

在漫长的地质演变过程中,煤田受到多种地质因素的作用;由于成煤年代、成煤原始物质、还原程度及成因类型上的差异,再加上各种变质作用并存,致使中国煤炭品种多样化,从低变质程度的褐煤到高变质程度的无烟煤都有储存。按中国的煤种分类,其中炼焦煤类占 27.65%,非炼焦煤类占 72.35%。中国虽然煤炭资源丰富,但适于露天开采的煤炭储量少,仅占总储量的 7%左右,其中 70%是褐煤,主要分布在内蒙古、新疆和云南。

二、煤炭产量组成及主要矿区

1. 煤矿的生产状况

我国的煤炭生产主要有包括 3 种经济类型的煤矿,即国有重点煤矿、地方煤矿和乡镇煤矿。国有煤矿和地方煤矿的产能相对稳定,乡镇煤矿的弹性则相对非常大,在煤炭产量中所占比例在不断增大。2004 年全国原煤产量 19.56 亿 t。国有重点煤矿生产 9.22 亿 t 占 47%,国有地方煤矿的产量 3.15 亿 t 占 16%,乡镇煤矿生产 7.19 亿 t 占 37%。今后,乡镇煤矿随着资源的逐步枯竭,及其地处偏远运力不便的影响,乡镇煤矿的产量下降,其发展空间有限。国家出于安全生产和保护资源的角度,实施建立煤炭大集团、大公司战略,国家“十一五规划”中,要建立 4~5 个年产 1 亿 t、十几个年产 5 000 万 t 以上的煤矿企业。

2. 我国主要的大型矿区

国家为了调控煤炭生产力布局,推进大型煤炭基地建设,从 2005 年起,中国将用 3~5 年时间,形成若干个亿吨级生产能力的大型煤炭企业和企业集团。2006 年,国家将以 45 个煤炭规划矿区为重点推进建设以神东、晋北、晋东、蒙东(东部)、云贵、河南、鲁西、晋中、两淮、黄陇(华亭)、冀中、宁东、陕北等 13 个大型煤炭生产基地。规划矿区主要集中在山西、内蒙古、陕西、黑龙江、山东、河南、安徽等煤炭资源储量大、资源条件好、对于中国煤炭开发具有举足轻重作用的大型煤田和矿区。其中较大的矿区包括:内蒙古东胜矿区、陕西神府新民矿区、山西大同矿区、山东兖州矿区、河南平顶山矿区、安徽淮南矿区、黑龙江鸡西矿区、河北开滦矿区等。规划矿区,目的在于控制矿权的设置。国家根据建设规划和矿产资源规划,为建设大、中型矿区划定的矿产资源分布区域。要顺利推进煤炭工业培育大基地、大企业集团的的工作,还必须做好以下四方面工作:一是搞好煤矿安全生产;二是合理开发煤炭资源;三是加强矿区生态环境保护;四是促进矿区经济社会协调发展。

三、煤炭消费需求

1. 能源消费结构

从整个世界的能源消费结构中,石油占主导地位,2003 年在一次能源消费中,石油占 36.8%;煤炭占 27.2%;天然气占 23.7%;核能占 6.1%;水电占 6.2%。但在我国的能源消

费结构中,煤炭占据主导地位,煤炭在我国一次能源消费总量中所占比例为 66.7%。虽然随着经济发展,其他一次能源(石油、天然气)消费将逐渐增多,中国煤炭消费占一次能源消费的比重呈缓慢下降的趋势,但是中国富煤贫油少气的能源储备特点和经济发展阶段特点,决定了煤炭仍是中国最主要的一次能源。在较长的阶段内,煤炭在我国一次能源消费结构中占主导地位的格局将长期保持不变。

2. 目前我国的经济特点决定煤炭行业发展

经济发展不同阶段的能源消费特征不同。经济发达国家的产业发展历程表明,产业结构升级基本上是沿着“农业→轻纺工业→基础工业→重化工业→高新技术产业和服务业”的过程来实现的。根据目前中国经济增长的特点,可以认为中国经济已经进入了重化工业阶段。国际经验表明,经济发展所处不同阶段,能源消费的特点不同。中国煤炭行业在周期变化中表现出成长性特征。中国经济从 2003 年起进入了重化工业阶段,固定资产投资相对增长较快。重化工业阶段特别是前期和中期,经济发展对能源的需求快速增长。我国经济发展的阶段性特点和煤炭在我国一次能源消费中占据主导地位的特点,决定了中国煤炭行业的发展不同于发达国家,仍具有明显的成长性特征。

3. 煤炭主要消费的行业

电力、钢铁、建材和化工四个行业是中国煤炭消费最集中的行业,2003 年这四个行业煤炭消费量占煤炭总消费量的 88.8%,其中电力行业占煤炭消费总量的 49%,钢铁行业占 13%,建材行业占 17%,化工行业占 6%。电力是煤炭消费的主力。2005 年电力行业对煤炭的需求继续增加,2006 年新增将超过 60 MkW。煤炭消费量增加约 1.07 亿 t。仅电煤需求的增加,使 2006 年煤炭总需求超过 22 亿 t。

第三节 煤炭工业发展面临主要问题及对策

我国是世界最大的煤炭生产国和消费国。由于煤炭赋存条件较差,开采体制混乱,大部分开采技术落后和安全标准执行不力,安全问题是煤炭行业面临的首要问题。中国煤矿矿难事故最多,2005 年中国有 5 986 名矿工死于矿难,百万吨死亡率首次降至 3 人以下。2005 年,全国共有 12 990 个煤矿被关停,几乎占中国注册煤矿的一半。被关停的小煤矿违章生产,是造成灾害事故频发的主要原因。我国煤矿事故总量居高不下,煤矿安全成为全国人民关注的重大问题。2003 年世界煤炭产量约 50 亿 t,煤矿事故死亡总数约 8 000 人。当年国内煤炭产量约占全球的 35%,事故死亡人数则占近 80%。2003 年国内煤矿工人平均每人全年产煤 321 t,效率仅为美国的 2.2%、南非的 8.1%,而百万吨死亡率是美国的 100 倍、南非的 30 倍。

一、煤炭行业可持续发展面临的主要问题

煤炭行业要实现可持续发展目前至少有六大障碍正横陈于煤炭行业之前。一是产业集中度低,结构性矛盾突出,缺乏一批对全国煤炭供需平衡和市场稳定具有主导调节能力的大型和特大型煤炭企业。二是煤矿长期投入不足,生产能力增长严重滞后,煤炭产能与需求矛盾突出。三是煤矿技术装备落后,安全生产投入不足,事故多发,形势依然严峻。四是专业技术人才匮乏,流失严重。煤矿特种工种人员配备不足,职工队伍素质差,无证上岗问题突出。五是煤矿职工生产生活条件艰苦,与其所从事的高危行业和繁重体力劳动极不相称。

六是煤炭企业普遍历史负担沉重,在市场竞争中步履艰难。

另外,煤炭工业能否进一步发展还取决于三方面因素:一是可替代煤炭的可再生能源或新能源开发与应用程度;二是煤炭与其他矿物资源优劣对比态势;三是煤炭开发利用与环境保护是否协调发展。我国煤炭资源人均占有量低,赋存条件差,开采难度大。资源管理混乱,耗竭速度快,采出率低;煤炭开发与环境保护失调;技术发展缓慢、经济效益差,都将直接影响煤炭工业可持续发展战略的实现。

二、实现煤炭工业可持续发展的主要措施

1. 深化改革,努力实现体制、观念转变

要以市场为导向,以经济为中心,改变目前用人体制和管理机制。由粗放型经营向集约型经营转变,经济增长方式要由生产要素数量扩张向生产要素质量和效率提高发展。发展要从速度型转向效益型。

2. 综合开发,优化产品结构,进行规模经营

改变煤矿单一生产煤炭模式,综合开发和煤炭相关联的下游产品,对煤炭进行深加工,提高行业经济效益,分流煤炭从业人员。

3. 实施煤炭资源资产化管理

煤炭是宝贵的不可再生资源,目前以产量来确定税赋造成煤炭资源严重浪费。特别是小煤矿采厚丢薄、采优丢劣采出率很低。应该用经济杠杆作用,调控资源合理利用,提高煤炭采出率。

4. 积极推广煤炭清洁开采与应用技术

清洁开采主要包括减少煤矿开采造成的危害;节约生产过程中材料消耗和能耗,降低开采成本;减少生产过程废弃物的排放量。清洁利用主要是研究开发洁净煤技术,减少煤炭使用过程中有害物质排放对人类和环境造成的影响。

5. 加强矿区环境保护与治理

煤矿生产对环境造成较大影响,废弃物堆积和排放严重影响人类生存环境。只有矿山开发与环境保护和治理同步进行,才能保证煤炭工业健康发展。

6. 加强安全管理,保障安全生产环境

煤炭开采是在复杂地质条件下进行的生产,五大自然灾害时刻威胁着职工的安全。必须加大煤矿安全投入,提高职工技术素质,严格工程质量管理,创造安全生产环境,彻底改变我国煤矿生产不安全的状况。

7. 政府加大对煤炭工业可持续发展宏观调控力度

煤炭工业可持续发展是社会、资源、经济和环境四个方面的相互制约与促进。有很多问题是企业本身所无法克服的,必须由政府进行协调,进行宏观调控,才可保证煤炭工业可持续发展有效实施。