

全国煤炭高职高专（成人）“十一五”规划教材

采煤概论

陈官兴 陶 昆 主编



Caimei Gailun

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

全国煤炭高职高专(成人)“十一五”规划教材

采煤概论

主 编 陈官兴 陶 昆

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书为全国煤炭高职高专(成人)“十一五”规划教材之一,系统讲述了煤矿地质、井田开拓、井巷掘进与维护、采煤方法、矿井通风、煤矿安全技术、运输与提升、环境保护等方面的基础知识。本书适合高职高专(成人)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/陈官兴,陶昆主编. 徐州:中国矿业大学出版社,2007.11

全国煤炭高职高专(成人)“十一五”规划教材

ISBN 978-7-81107-711-7

I.采… II.①陈…②陶… 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155798号

书 名 采煤概论

主 编 陈官兴 陶 昆

责任编辑 耿东锋 章 毅

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 江苏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 18 字数 450千字

版次印次 2007年11月第1版 2007年11月第1次印刷

定 价 29.00元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

煤炭高职高专(成人)“十一五”规划教材 建设委员会成员名单

主 任:李增全

副 主 任:刘咸卫 胡卫民 刘发威 仵自连

委 员:(按姓氏笔画为序)

牛耀宏 王廷弼 王自学 王宪军

王春阁 石 兴 刘卫国 刘景山

张 军 张 浩 张贵金 李玉文

李兴业 李式范 李学忠 李维安

杜俊林 陈润叶 周智仁 荆双喜

贺丰年 郝巨才 唐又驰 高丽玲

彭志刚

秘 书 长:王廷弼 李式范

副 秘 书 长:耿东锋 孙建波

煤炭高职高专(成人)“十一五”规划教材 矿山机电专业编审委员会成员名单

主 任:刘卫国

副主任:黄小广 陈 标 孙茂林

委 员:(按姓氏笔画为序)

王任远 王昌田 王金国 李福固
李虎伟 张建国 陈官兴 郝虎在
陶 昆 梁南丁

前 言

煤炭是我国的主要能源,煤炭安全是能源安全的基石,对经济和社会可持续发展影响重大。职工队伍素质低下,专业技术人员缺乏,已成为制约煤炭工业发展的重要因素。因此,必须改革煤炭企业教育的现状,建成符合现代企业制度、创建学习型企业 and 构筑终身教育体系需要的现代企业教育制度,构建体系健全、机制灵活、手段先进、适应需求、服务企业、面向社会的企业教育培训体系,从而培养和造就规模适当、结构合理、专业齐全、素质较高的煤炭企业员工队伍。

为适应形势的发展,中国煤炭教育协会组织编写了全国煤炭高职高专(成人)“十一五”规划系列教材,主要适用于高职高专和煤炭成人教育(非采煤专业)。根据全国煤炭成人高校(专科)教材建设委员会的指示精神,我们承担了本册教材的编写任务。在编写过程中,本着培养高等职业技术应用性人才的宗旨,力求使教材符合高职高专教育的特点和教学大纲,在内容上力求体现新理论、新工艺、新技术、新设备,使全书具有先进性、科学性和系统性。

本书由陈官兴、陶昆任主编。具体编写分工如下:绪论、第五章、第六章由陈官兴(山西潞安职业技术学院)编写;第一章、第二章由郝长星(山西潞安职业技术学院)编写;第三章、第七章(第一节、第二节)、第九章由常志军(山西潞安职业技术学院)编写;第四章、第八章由陶昆(平顶山工业职业技术学院)编写;第七章(第三节、第四节、第五节)由张来有(山西潞安职业技术学院)编写。陈官兴对全书进行了统稿。

在此,我们谨向对本书出版给予大力支持的各级领导及参编院校表示衷心的感谢。特别感谢中国煤炭教育协会、中国煤炭教育协会职工教育分会、中国矿业大学出版社等单位的关怀与支持。

由于水平有限,加上时间仓促,书中若有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者
2007年10月

| | |
|-------------------------|-----------|
| 目 录 | |
| 绪 论 | 1 |
| 第一节 世界煤炭工业发展的现状和方向 | 1 |
| 第二节 国内外煤矿高产高效技术的发展和现状 | 6 |
| 第三节 国内外现代化矿井的发展趋势 | 8 |
| 第四节 国内外现代化矿井信息化建设 | 9 |
| 第一章 煤矿地质与矿图基础知识 | 13 |
| 第一节 地壳的组成与地质作用 | 13 |
| 第二节 煤的形成 | 16 |
| 第三节 煤层的赋存情况 | 18 |
| 第四节 矿图的基础知识 | 22 |
| 第二章 井田开拓 | 27 |
| 第一节 煤田的划分 | 27 |
| 第二节 矿井的储量、生产能力和服务年限 | 28 |
| 第三节 井田内的再划分 | 30 |
| 第四节 井田开拓方式简介 | 33 |
| 第五节 井下巷道的分类、用途 | 40 |
| 第三章 井巷掘进与维护 | 42 |
| 第一节 岩石的性质及分级 | 42 |
| 第二节 钻眼爆破 | 43 |
| 第三节 巷道支护 | 54 |
| 第四节 巷道掘进 | 63 |
| 第四章 采煤方法 | 71 |
| 第一节 采煤方法及分类 | 71 |
| 第二节 采煤工作面矿山压力 | 73 |
| 第三节 长壁工作面采煤工艺 | 76 |
| 第四节 采煤工作面生产组织管理 | 93 |
| 第五节 薄及中厚煤层长壁采煤法的采煤系统 | 97 |
| 第六节 缓倾斜、倾斜厚煤层长壁采煤法的采煤系统 | 106 |
| 第七节 急倾斜煤层采煤方法 | 111 |
| 第八节 其他类型采煤方法 | 117 |

| | |
|---------------------------|-----|
| 第五章 矿井通风 | 130 |
| 第一节 矿井通风的基本任务与矿内空气..... | 130 |
| 第二节 矿井通风阻力和通风动力..... | 138 |
| 第三节 矿井通风系统..... | 141 |
| 第四节 矿井通风管理..... | 146 |
| 第六章 煤矿安全技术 | 170 |
| 第一节 矿井瓦斯及其防治..... | 170 |
| 第二节 矿尘的危害及防治..... | 186 |
| 第三节 矿井火灾及防治..... | 191 |
| 第四节 矿井水灾及防治..... | 197 |
| 第五节 矿井顶板事故的防治..... | 201 |
| 第六节 矿山救护..... | 206 |
| 第七章 矿井其他生产系统 | 212 |
| 第一节 矿井地面生产系统..... | 212 |
| 第二节 煤的分选与利用..... | 214 |
| 第三节 矿井运输与提升..... | 219 |
| 第四节 矿井动力供应..... | 236 |
| 第五节 矿井排水系统..... | 248 |
| 第八章 露天开采 | 254 |
| 第一节 露天开采概述..... | 254 |
| 第二节 露天开采的主要工艺过程..... | 255 |
| 第三节 露天矿开采生产能力与境界..... | 260 |
| 第九章 煤矿环境保护 | 267 |
| 第一节 地表破坏及复田..... | 267 |
| 第二节 大气污染及其防治..... | 269 |
| 第三节 水污染及其治理..... | 272 |
| 第四节 煤矿噪声及其控制..... | 274 |
| 参考文献 | 279 |

绪 论

第一节 世界煤炭工业发展的现状和方向

一、世界煤炭储量

煤炭是世界上最丰富的化石能资源。它的种类有硬煤(烟煤和无烟煤)、褐煤和泥煤。世界上的煤炭总储量共有 107 539 亿 t,其中硬煤 81 300 亿 t、褐煤 26 229 亿 t。拥有煤炭资源的国家大约 70 个,其中储量较多的国家有美国、俄罗斯、中国、印度、澳大利亚、南非、乌克兰、哈萨克斯坦、波兰和巴西。它们的储量总和占世界煤炭储量的 88%。按目前的生产规模,全世界的煤炭储量还可以采 200 多年。世界现已探明的煤炭储量是石油储量的 6.3 倍。石油储量主要集中在中东,天然气储量主要集中在中亚和前苏联,这些资源的储量严重受地理位置的限制。显然,与石油和天然气等其他化石资源相比,煤炭具有较大的优势,许多国家把煤炭视为战略上最安全和可靠的资源。

2005 年初世界煤炭储量见表 0-1。

表 0-1 2005 年初世界煤炭储量 单位: Mt

| 国家或地区 | 无烟煤和烟煤 | 次烟煤和褐煤 | 合 计 | 占世界煤炭储量比重/% |
|-------|---------|---------|---------|-------------|
| 美国 | 111 338 | 135 305 | 246 643 | 27.1 |
| 巴西 | N/A | 10 113 | 10 113 | 1.1 |
| 哈萨克斯坦 | 28 151 | 3 128 | 31 279 | 3.4 |
| 波兰 | 14 000 | N/A | 14 000 | 1.5 |
| 俄罗斯 | 49 088 | 107 922 | 157 010 | 17.3 |
| 乌克兰 | 16 274 | 17 879 | 34 153 | 3.8 |
| 南非 | 48 750 | N/A | 48 750 | 5.4 |
| 澳大利亚 | 38 600 | 39 900 | 78 500 | 8.6 |
| 中国 | 62 200 | 52 300 | 11 450 | 12.6 |
| 印度 | 90 085 | 2 360 | 92 445 | 10.2 |

二、世界煤炭产量

1. 世界煤炭产量的变化

影响世界煤炭生产的主要因素有:经济和人口的增长,煤炭在能源市场上的竞争力,煤炭生产和利用技术,环境政策和法规以及国际煤炭贸易。

从下面世界煤炭产量变化图(图 0-1)可以看出,过去 50 年,世界煤炭生产的发展呈现大幅度波动。20 世纪 50 年代是煤炭生产的黄金时代,世界煤产量从 1950 年的 1 818.2 Mt 增

至1960年的2 571.6 Mt,增长41.4%。1960年煤炭占世界一次能源总产量的49.0%,石油和天然气分别占36.0%和13.0%。60年代,世界原油产量增长1.2倍,1966年超过煤炭成为世界第一能源。在廉价的中东石油的竞争下,煤炭市场萎缩,产量增长速度大大下降。1970年世界煤炭产量为2 929.9 Mt,仅比1960年增长13.9%。进入70年代,石油危机使煤炭工业重现生机,煤炭产量加速增加,1980年达3 789 Mt,比1970年增长29.3%。

20世纪80年代,由于煤炭生产和利用技术的进步,提高了它在能源市场上的竞争力。发电用煤需求急剧增长,能源以煤为主的中国和印度的工业化促使煤产量剧增,煤炭生产的国际化和海运成本下降推动了煤炭国际贸易的发展。这是煤炭工业发展的最快时期,1990年世界煤炭产量达4 716.7 Mt,为历史最高水平,比1980年增长24.5%。

进入20世纪90年代,由于煤炭工业面临世界能源市场的激烈竞争和环境要求的双重压力,再加上前苏联的经济严重滑坡,世界煤炭生产发生戏剧性的变化。由80年代的高速增长变为负增长,1996年产量为4 630.0 Mt,比1990年下降1.8%,1996年后世界煤炭生产恢复好转,但增长幅度不大。

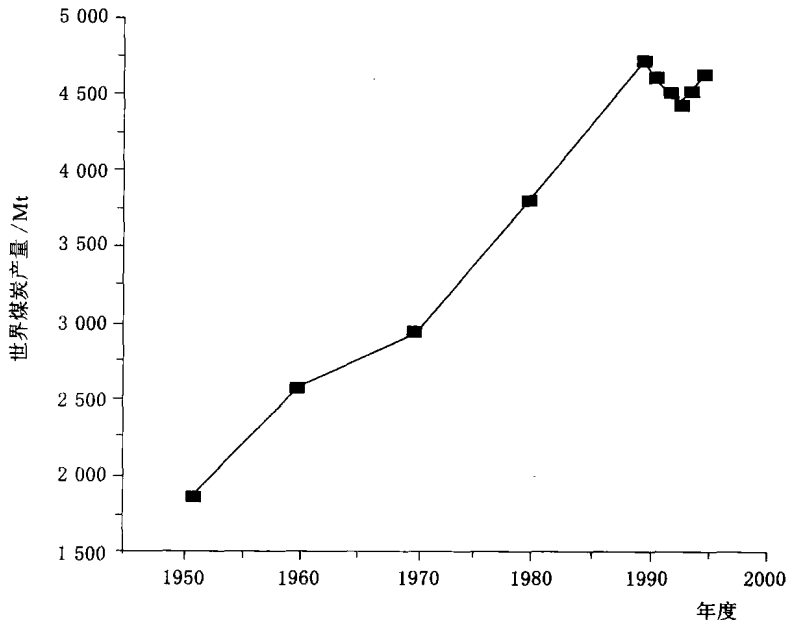


图 0-1 1950~2000 年世界煤炭产量

2. 主要产煤国家位次变化

各国煤炭生产受地区经济发展和政局变化以及能源形势和市场条件的影响较大。20世纪70年代以来,主要产煤国家位次发生重大变化。1970年,前苏联煤产量居世界第1位,1990年降到第3位,目前俄罗斯已降到第4位。美国1980年超过前苏联居世界第1位。中国1970年居第3位,1991年按统一口径计算的煤产量超过美国居第1位。印度煤产量1970居第9位,现已成为世界第3大产煤国。在同时期内,澳大利亚从第10位上升到第5位,南非从世界第11位上升到第7位,英国则从第7位下降到第14位。1970~1996年主要产煤国家位次变化见表0-2。

表 0-2

1970~1996 年主要产煤国家位次变化

单位: Mt

| 排序 | 1970 年 | | 1980 年 | | 1990 年 | | 1996 年 | |
|----|--------|-------|--------|-------|--------|---------|--------|---------|
| | 国家 | 产量 | 国家 | 产量 | 国家 | 产量 | 国家 | 产量 |
| 1 | 前苏联 | 624.1 | 美国 | 763.0 | 中国 | 1 079.9 | 中国 | 1 397.0 |
| 2 | 美国 | 555.8 | 前苏联 | 716.4 | 美国 | 933.3 | 美国 | 958.5 |
| 3 | 中国 | 354.0 | 中国 | 620.1 | 前苏联 | 703.0 | 印度 | 308.0 |
| 4 | 原民主德国 | 262.5 | 原民主德国 | 258.0 | 德国 | 433.2 | 俄罗斯 | 255.0 |
| 5 | 原联邦德国 | 219.2 | 波兰 | 230.0 | 印度 | 220.0 | 澳大利亚 | 250.0 |
| 6 | 波兰 | 172.9 | 原联邦德国 | 217.0 | 波兰 | 215.6 | 德国 | 235.1 |
| 7 | 英国 | 144.6 | 英国 | 128.6 | 澳大利亚 | 210.2 | 南非 | 207.0 |
| 8 | 捷克斯洛伐克 | 109.5 | 捷克斯洛伐克 | 123.1 | 南非 | 184.5 | 波兰 | 199.0 |
| 9 | 印度 | 77.2 | 澳大利亚 | 117.1 | 捷克斯洛伐克 | 107.1 | 捷克斯洛伐克 | 81.5 |
| 10 | 澳大利亚 | 68.8 | 南非 | 113.0 | 英国 | 94.4 | 哈萨克斯坦 | 76.6 |

1996 年以后世界煤炭格局基本形成, 主要产煤国家煤炭产量增长比较缓慢, 各国产量变化见表 0-3。

表 0-3

1997~2001 年世界煤炭产量

单位: Mt

| 国家 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2003 | 2004 |
|--------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|-------|
| 中国 | 1 325.3 | 1 232.5 | 1 043.6 | 9 998.0 | 1 089.7 | 1 727 | 1 956 |
| 美国 | 965.2 | 1 013.9 | 998.4 | 974.0 | 1 017.3 | 900 | 932 |
| 印度 | 311.0 | 320.9 | 314.4 | 334.8 | 343.5 | 320 | 362 |
| 澳大利亚 | 256.1 | 290.2 | 294.2 | 291.0 | 315.0 | 257 | 264 |
| 俄罗斯 | 256.7 | 231.9 | 249.4 | 257.9 | 269.0 | 279 | 283 |
| 南非 | 206.3 | 224.8 | 222.3 | 224.1 | 224.7 | 238 | 243 |
| 德国 | 235.1 | 207.7 | 200.8 | 201.0 | 202.5 | 29 | 29 |
| 波兰 | 201.7 | 178.6 | 172.7 | 162.8 | 163.4 | 100 | — |
| 印度尼西亚 | 50.4 | 66.2 | 73.7 | 77.0 | 92.6 | 119 | 135 |
| 乌克兰 | 75.7 | 77.2 | 82.8 | 81.3 | 83.9 | — | — |
| 哈萨克斯坦 | 76.8 | 69.8 | 58.4 | 74.9 | 79.0 | — | — |
| 加拿大 | 75.8 | 75.4 | 72.5 | 69.2 | 70.5 | — | — |
| 土耳其 | 59.0 | 67.4 | 67.0 | 66.6 | 67.7 | — | — |
| 希腊 | 58.8 | 60.9 | 61.5 | 63.3 | 67.3 | — | — |
| 捷克斯洛伐克 | 73.5 | 67.5 | 59.1 | 65.2 | 66.1 | — | — |

三、煤炭加工利用

为了高效、充分地利用煤炭资源以及满足世界日益严格的环境保护要求, 各国都在不断地探求煤炭加工利用技术, 以提高煤炭的市场竞争力。洁净煤技术是当前世界各国解决环境问题的主导技术之一, 也是高技术国际竞争的一个重要领域。美国、欧盟和日本正式投入巨额资金研究开发和应用洁净煤的技术。1986 年, 美国率先实施洁净煤技术计划, 到 1995

年底,已实施 40 个示范项目,投资 71 亿美元。中国的洁净煤技术包括:选煤、型煤加工、水煤浆、先进的燃烧器、流化床燃烧、煤气化联合循环发电、烟气道净化、煤炭气化、煤炭液化。

1. 选煤

选煤就是除去或减少原煤中所含的灰分、矸石、硫分等杂质,并按不同的煤种、灰分、热值和粒度分成若干品种等级,以满足不同用户的需要。其工艺可分为 4 类:筛分、物理选煤、化学选煤、细菌脱硫。筛分是把煤分成不同的粒度。目前广泛采用的物理分选方法有跳汰、重介质和浮选。跳汰选煤是在上下波动的变速脉动水流中,使相对密度不同的煤和矸石分开。重介质选煤是利用磁铁矿粉等配制的重介质悬浮液将煤与矸石等介质分开。浮选是利用煤和矸石表面湿润性的差异,选出粒度小于 0.5 mm 的煤泥。化学选煤是把煤与熔融的烧碱或烧碱与氢氧化钾的混合物混合,化学液被煤分子吸收,与煤中的硫反应,经水和酸洗脱除杂质,分离出精煤,如此可脱去 90% 的硫和 95% 的灰分。

2. 型煤加工

型煤加工是用粉煤或低品位煤制成具有一定强度和形状的煤制品。可分为民用型煤和工业型煤两类。前者有煤球和蜂窝煤;后者包括用于工业锅炉、窑炉、蒸汽机车的型煤以及用于气化、炼铁和铸造的型焦。型煤加工已有成熟的技术,德国、俄罗斯等国大量生产褐煤砖;英国、日本、德国、韩国、印度等国生产民用无烟煤。中国的民用型煤技术已达国际水平,1995 年销售量达 50 Mt。

3. 水煤浆(CWM)

水煤浆是 20 世纪 70 年代发展起来的一种以煤代油的新型燃料。它是把灰分很低而挥发分高的煤,研磨成 250~300 μm 的微细粉煤,按煤约 70%、水约 30% 的比例,加入 0.5%~1.0% 的分散剂和 0.02%~0.1% 的稳定剂配制而成。它可以像燃料油一样运输、存储和燃烧。燃烧时水煤浆从喷嘴高速喷出,雾化成 50~70 μm 的雾滴,在预热道 600 $^{\circ}\text{C}$ ~700 $^{\circ}\text{C}$ 的炉膛内迅速蒸发,并伴随微爆,煤中挥发分析出而着火,其着火温度比干粉煤还低 100 $^{\circ}\text{C}$ 。

4. 先进的燃烧器

先进的燃烧器是通过改进电站锅炉以及工业锅炉和炉窑的设计和燃烧技术,减少污染物的排放并提高效率。现在商业应用的燃烧器主要是循环流化床锅炉、层燃工业锅炉和低 NO_x 燃烧器。正在试验的有:炉内喷钙(喷石灰石多段燃烧器)、加天然气再燃燃烧器。其根本目的都是调节燃料与空气混合比,提供足够燃料燃烧的氧,而不足以使氧和氮结合生成 NO_x ,从而抑制 NO_x 生成以减少空气污染。近年来,中国开发成功旋流式粉煤预燃室燃烧器、船体燃烧器、钝体稳燃器等多种低污染新型粉煤燃烧器,对稳燃和降低 NO_x 排放都有很好的效果。

5. 流化床燃烧(FBC)

FBC 是把煤和吸附剂(石灰石)加入燃烧室的床层中,从锅炉底鼓风使床层悬浮,进行流化燃烧。流化形成湍流混合条件,从而提高燃烧效率,石灰石固硫减少 SO_2 排放,较低的燃烧温度使得 NO_x 生成量大量减少。FBC 有鼓泡床和循环床两类,鼓泡床使煤保持在燃烧器中心,流化燃烧主要在床内进行。循环床通过高速空气夹带固体颗粒进入并返回燃烧器,进行辅助燃烧,促使煤粒沸腾燃尽。FBC 又可分为常压和加压两种。前者在常压或接近常压的空气中流化燃烧,后者在炉内增压(0.8~1.6 MPa)条件下燃烧。

6. 煤气化联合循环发电(IGCC)

煤气化联合循环发电是煤气化生产燃料气驱动燃气轮机发电,余气加热锅炉生产蒸汽驱动汽轮机发电,粗煤气经净化处理,可在燃烧前脱除硫和灰;联合循环可提高系统热效率。IGCC 可望在不久商业化,并有可能成为燃烧发电的主导技术。

7. 烟气道净化

烟气道净化包括 SO_2 、 NO_x 和颗粒物的控制。烟气脱硫有干式和湿式两种方法。干式是用浆状石灰石喷雾,与 SO_2 反应生成硫酸钙,水分被蒸发,干燥颗粒用集尘器收集;湿式是用石灰水淋洗烟气, SO_2 变成亚硫酸钙或硫酸钙的浆状物。烟气脱氮有多种方法,日本等国目前已采用干式氨选择性催化剂还原法。烟气除尘已广泛采用静电除尘,除尘效率可达 99% 以上。

8. 煤炭气化

发展煤炭气化技术是减少环境污染、节能、发展工业的重要措施,通过煤炭气化可有效地提高热能利用率。煤炭气化技术是把经过适当处理的煤送入反应器,在一定的温度和压力下,通过气化剂(空气或氧和蒸汽)以一定的流动方式(移动床、流化床、携带床)转化成气体。煤气化主要产品是 CO 和 H_2 ,灰分形成废渣排出,硫组分在燃烧前脱除。

9. 煤炭液化

煤炭液化是把固体煤炭通过化学加工过程,使其转化成为液体燃料、化工原料和产品的先进洁净煤技术。根据不同的加工路线,煤炭液化可分为直接液化和间接液化两大类。煤炭的直接液化技术是指在高温高压条件下,通过加氢使煤中复杂的有机化学结构直接转化成为液体燃料的技术,又称加氢液化。其典型的工艺过程主要包括煤的破碎与干燥、煤浆制备、加氢液化、固液分离、气体净化、液体产品分馏和精制以及液化残渣气化制取氢气等部分,特点是对煤种要求较为严格,但热效率高,液体产品收率高。一般情况下,1 t 无水无灰煤能转化成 0.5 t 以上的液化油,加上制氢用煤约 3~4 t 原料产 1 t 成品油,液化油在进行提质加工后可生产洁净优质的汽油、柴油和航空燃料等。煤炭的间接液化技术是先将煤全部气化合成气,然后以煤基合成气(CO 和 H_2)为原料,在一定温度和压力下,将其催化合成为烃类燃料油及化工原料和产品的工艺,包括煤炭气化制取合成气、气体净化与交换、催化合成烃类产品以及产品分离和改制加工等过程。

四、煤炭工业的发展方向和前景

煤炭在能源系统中占重要地位,是我国乃至世界的主要能源。在今后的 50 年内,煤炭工业依然有光明的发展前景,原因主要表现在以下几个方面:

1. 煤炭是最可靠的能源

世界煤炭储量丰富,占世界能源总储量的 60% 以上。按目前的生产规模还可以采 200 多年,而且煤炭地域分布很广,不受地理位置的限制,而其他能源则很受地理位置的限制,因此世界上许多国家都把煤炭作为最可靠的能源进行发展。

2. 煤炭需求稳定增长

据国际能源机构(IEA)预测,未来 20 年,煤炭需求仍将保持强劲增长势头,预测亚洲地区大部分国家煤炭需求年均增长在 3.8% 左右,而中亚和东亚地区则高达 5%。今后 50 年内,煤炭在我国能源构成中的主导地位难以改变。煤炭生产和消费的绝对量仍将有 3.5% 左右的增长率,但在我国能源构成中所占的比例将可能下降到 50% 左右。

3. 煤炭是廉价的能源

尽管煤炭在燃烧效率和下游利用价值方面不如石油和天然气,但煤炭在价格上相对石油和天然气有很强的优势,这就是目前煤炭在许多国家消费构成中依然占很大比例的原因。

4. 技术进步提高了煤炭工业的竞争能力

20世纪90年代以来,高新技术的应用改变了煤炭工业的面貌。以微电子技术和信息技术为先导的世界新技术革命的成果,迅速渗透到煤炭领域。发达国家在实现煤炭生产工艺、综合机械化的基础上,向遥控和自动化发展,发生了革命性的变革,煤炭工业由劳动密集向资本密集和技术密集转化。

5. 煤炭将成为洁净、高效的能源

目前,燃煤污染造成区域和全球环境问题,一度限制了煤炭工业的发展,促使各国加速发展洁净煤技术。各种洁净煤技术渐已成熟,并投入实际生产之中,产生了很大的经济效益。随着这些技术的开发研究和应用,煤炭必将成为洁净、高效的能源。据美国能源部煤炭项目战略评审委员会和国家研究委员会研究分析,美国开发的先进燃烧发电系统的效率由目前的33%提高到2015年的60%; SO_2 、 NO_x 和TSP排放量降低到新排放标准的1/10; CO_2 排放量比现在减少45%。预计到21世纪中叶时,煤炭将主要用于发电以及合成液体和气体燃料。

6. 煤炭工业趋向集中化、多元化和国际化

第一次世界石油危机以来,经营环境的变化促成煤炭工业进行结构调整。在市场经济国家,煤炭工业趋向集中化、多元化和国际化。以美国为例,1976~1993年煤炭产量由621.2 Mt增至856.0 Mt,增长37.8%;煤矿数由6 533个减少到2 475个,减少62.1%;年产18 Mt以上的大公司从3个增加到12个,产量比例从22%上升到41%;外资煤矿产量比例从1.4%上升到14.3%。在煤炭工业集中化的同时,煤矿企业经营趋向多元化;电力需求的增长,洁净煤技术的发展,促使煤炭—电力—化工—建材联合企业的发展。

第二节 国内外煤矿高产高效技术的发展和现状

自1954年第一个综合机械化采煤工作面在英国诞生以来,经过20世纪60年代的完善提高,综采技术装备日益成熟,70年代后期各先进产煤国家不断创出高产高效新纪录。1988年4月,在澳大利亚瓦隆岗召开了21世纪高产高效采煤系统国际讨论会,与会专家提出90年代将出现日产30~40 kt的高产综采面,并预言一矿一面是今后矿井发展的主要方向。

进入90年代高产高效的世界纪录不断刷新,且多向一矿一面发展。德国萨尔公司的恩斯多尔夫矿在长335 m,采高3.0 m的工作面,用德国艾柯夫公司生产的SL500型电牵引采煤机,日产商品煤11 560 t。法国洛林矿区拉乌弗矿用英国AS公司生产的EI—2000型采煤机,最高日产达22 249 t。澳大利亚新南威尔士犹蓝矿工作面长250 m,平均采高2.9 m,用艾柯夫公司生产的EDW(450 m/1 000 L)型电牵引采煤机,创综采日产34 130 t的高产纪录。英国塞尔比矿1995年年产煤10 Mt,用AM500型电牵引采煤机创采面周产109 191 t欧洲纪录。

国外高产高效矿井现阶段的特点是:①矿井高度集中生产,井型为3~4 Mt/a,一矿一面,年工作日250 d,两班生产一班检修。工作面平均月产300 kt以上,日产10 kt以上。工

工作面生产班 7~9 人,采煤队在籍 30~40 人,工作面效率 300~400 t/工,全矿 300~400 人,矿井全员工效 30 t/工以上。②广泛采用大功率高效能重型成套机电设备,采煤机总功率在 1 000 kW 以上,采高已达 5 m,大修周期 2~3 a,可采煤量 4~6 Mt。工作面刮板输送机装机功率已达 2 250 kW,槽宽达 1 200 mm,最大输送能力 4 kt/h,整机过煤量 6 Mt 以上。平巷带式输送机装机功率 $(2\sim 4)\times(250\sim 300\text{ kW})$,最大输送能力达 3.5 kt/h,铺设长度 2 000 m 以上。液压支架普遍采用电液控制和高压大流量供液系统,架型向两柱掩护式方向发展,最大工作阻力已达 9.8 MN,移架速度已达 6~8 s/架。③工作面推进长度一般 2 000~3 000 m,最长已达 5 280 m,美国西部某矿设计工作面推进长度已达 6 700 m。④工作面可靠性高。采、装和支护设备综合开机率达 90% 以上。美国高产高效设备可用率已达 97%。⑤工作面设备配套合理。美国综采面刮板输送机、转载机、平巷带式输送机的生产能力一般大于采煤机最大生产能力的 20~40 倍,以便形成由工作面往外生产能力越来越大的煤流,为保持工作面稳定高产创造条件。⑥工作面设备监测监控设施齐全,自动化程度高,工作面安全设施齐全,安全状况良好,百万吨死亡率接近于零。⑦矿井生产系统,包括煤炭运输、辅助运输、通风、排水、供电、供水、供热、安全生产监测监控及通信等系统先进可靠,能满足高产高效工作面要求。⑧工作面直接生产成本和矿井吨煤生产成本低,经济效益好。

美国《煤时代》杂志刊文预测,1995~2005 年综采面产量将逐年增加,普遍达到日产商品煤万吨以上。到 2005 年,综采矿井年产商品煤 6 Mt,只配备一个长壁综采面和一套连续采煤机掘进系统。1995~2005 年采煤机最大装机功率将增至 1 500~2 000 kW,牵引速度达 30~400 m/min,将实现自适应水平控制煤岩分界的滚筒自动调高。工作面输送机最大装机功率将达 $3\times 1\,000\text{ kW}$ 以上,输送能力达 4 kt/h 以上,液压支架绝大多数用两柱式,架宽将达 2 m。每架工作阻力达 10 MN 以上,移架时间不超过 5 s/架。

工作面自动调直系统、机电设备遥控遥测系统和工矿数据信息图像传输系统的成功应用,将实现由地面调度室直接遥控指挥的少人工作面。人们梦寐以求的全自动化采煤工作面有可能在本世纪初出现。而平均日产 30~40 kt 的综采面和一矿一面,年产 10 Mt 的高产高效矿井在 20 世纪末已经问世。

我国于 20 世纪 80 年代末开始发展高产高效矿井,在这个历程中,取得了一些成熟的经验,主要表现在以下几个方面:①提高了认识,转变了观念。彻底转变“只要完成了产量指标而销售靠国家、亏损靠补贴、增产靠增人增面”的思想观念。提高对建设高产高效煤矿重要性的认识,大胆吸收和借鉴国外主要产煤国家现代化煤矿生产的发展规律,积极采用先进技术发展机械化,实行煤矿科学管理和现代化经营方法。②采用新技术,提高技术装备水平。建设高产高效煤矿以来,全国矿务局、矿逐步加强了对发展机械化和提高技术装备水平的认识,努力增加对发展机械化和提高装备水平的投入,并把改革开采工艺与改造更新技术装备结合起来,取得了显著的经济效益。③高度集中生产,进一步简化生产系统和生产环节。④强化科学管理,改革经营机制,推进高产高效煤矿管理现代化。⑤多层次分类指导建设高产高效现代化矿井。我国煤层地质赋存条件的多种多样决定了我国煤矿的采煤工艺、技术装备、开采方式和巷道布置也是多种多样的,建设高产高效矿井也是分层次的。

第三节 国内外现代化矿井的发展趋势

一、大型化联合矿井是新建或扩建矿井现代化的基本趋势

据国外有关资料分析,建井的井型越大,吨煤投资越省。所以随着煤矿开采技术的不断发展以及采掘机械化程度的进一步提高,国内外现代化矿井都朝着大型化联合矿井方向发展。

英国的塞尔比联合矿井井型为 10 Mt/a。由五对分区立井和一对集中提煤斜井组成立一斜井开拓的联合大型矿井。每个分区有一对直径 7.135 m 立井,可保证每个分区都能单独进行采掘。两个净径为 4.75 m 的圆形斜井,相距 70 m,倾角 14° ,斜长 1 400 m。沿煤层底板掘两条岩石大巷(巷长 13.5 km),负责将五个分区的煤运到各自相连的斜井井筒。斜井井口在地面火车站附近,煤(煤质好,不需选煤)直接运往火力发电站。我国山西阳泉三矿,成为目前我国煤矿最大的一座改扩建矿井,采用四个分区,一个集中巷道出煤,产量可达 9 Mt/a。

二、利用高水平综采技术,使生产高度集中化,以技术、资金换效益,不断提高工作面单产、单效

分阶段、分层次地不断提高综采工作面单产、单效,是近年来世界主要产煤国家的奋斗目标和攻关内容。日产万吨的集中化生产长壁工作面的出现,大幅度提高了综采工作面的单产、单效。在今后很长一段时期内,由于煤炭资源远远超过石油和天然气,新技术(如洁净煤技术)将使煤炭成为廉价、干净和方便的能源与化工原料。所以有人预测现代化矿井今后发展趋势仍是在综合机械化基础上进一步完善、提高,向遥控和自动化方向发展。

三、开拓掘进朝着机械化、连续化方向发展

开拓掘进快速、高效是现代化矿井稳产、高产的必要条件和保证。减少岩巷,多掘煤巷是当前高效益现代化矿井开拓的主导思想。美国 20 世纪 80 年代有部分断面掘进机 480 台,占全国掘进机总量的 54%;德国 1981 年有 144 台,占全国掘进机总量的 25%。部分断面掘进机正向重型化及高压水射流发展,以适应较硬岩石巷道的掘进。美国、澳大利亚多采用连续采煤机掘进采准巷道,用锚杆带梁支护。美国 JOY 公司 14CM10/15BD 型连续采煤机配连续运输系统,可以单巷连续掘进,在割煤的同时打眼安装锚杆,班进 60 m,出煤 680 t。赛尔比联合矿维斯图(Wistow)立井,用英国 BJD 公司改装的窄型连续采煤机后配胶带机运输和水平煤仓,开掘 $4.3\text{ m}\times 2.2\text{ m}$ 矩形断面采准巷道,单巷日进 80 m,周进 400 m。

四、发展工作面外围技术

工作面外围技术主要包括:工作面端头技术、回采巷道支护技术及辅助运输等。工作面上下两端的切割,根据采、掘关系多采用工作面采煤机或专门设计的采煤机来切割工作面两端。为了简化端头作业,许多国家都发展了可弯曲 90° 的或侧卸式的工作面输送机。为提高端头作业效率,普遍实行巷旁支护机械化。

由于高产综采工作面的回采巷道断面加大到 20 m^2 以上,采动影响加大,巷道支护状况恶化将制约生产,因此各国重视回采巷道的支护研究,广泛采用重型 U 型钢可缩性支架和锚网加锚索支护。

随着工作面产量的提高,材料设备的运输量及单体物料的重量增加,必须不断改进辅助

运输,采用单轨吊车、卡轨车、柴油机齿条机车及无轨运输。解决了大型设备、材料和人直接从井底经采区上、下山至工作面上、下口的问题。

五、重视矿井深部开采中的地压、岩爆、瓦斯突出、地温等自然灾害的研究和治理

地压问题是深井建设的一个突出问题。由于深度的增加,支架压力增加 $0.8\sim 2.0$ MPa,维护井巷的费用增加1.4倍,成本提高1.3倍,支护工作量增加1.5倍。同时,岩石的强度也随深度增加而提高,给井下钻爆作业及设备利用带来了困难。

深井开拓带来的又一个难题是高瓦斯含量的煤层增多,瓦斯含量也增大。根据煤质不同,瓦斯含量随深度而增大的速率约为 $0.002\sim 0.22\text{ m}^3/\text{m}$ 。于是煤与瓦斯突出成为普遍问题。与瓦斯突出相伴而生的还有岩爆现象。这使施工条件恶化、成本提高、工期延误。如苏联“彼德罗夫深井”就因为岩石和瓦斯突出使建井工期达15 a之久。

对于冲击地压、瓦斯与煤岩突出的解决办法是:合理开拓布置巷道,减轻应力集中;无煤柱开采,分层相邻工作面跟踪推进;向煤层中注水,降低煤体弹性和强度;增设冲击地压监测设备,安设高精度瓦斯报警装置。

对于矿井深部巷道支护,一是合理选择巷道层位,在岩巷和回采巷道中大力推广各种形式的锚喷支护;二是采用可缩型U形钢支架。对于底鼓巷道,采用底板注浆、反拱、底板切缝等手段,将巷道边缘水平力向岩体内转移。

随着矿井开采深度增加,地温越来越高。德国有一个矿井深1 200 m,地温高达 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。解决地温的办法,一是加大矿井风量,该矿在矿井断面 5.2 m^3 的巷道中,将风量加大到 $1\ 000\text{ m}^3/\text{min}$,使风速达 9.5 m/s ;二是在井下设冷冻机,采用全矿集中冷却降温,将冷却设备安在井口或井下,用隔热良好的管路将冷却盐水通至采煤和掘进工作面,使温度降低 $4\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。我国第一套人工矿井制冷降温系统在新汶局孙村矿使用。该矿在井下一400 m和-600 m水平设立两个制冷站,安装4台每小时制冷量 $2.09\times 10^9\text{ J}$ (50万大卡)的制冷机。可使4个采煤工作面和6个掘进头降温 $2.1\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 6.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

第四节 国内外现代化矿井信息化建设

一、国内外现代化矿井信息化建设的现状

21世纪是信息崛起的时代,特别是进入20世纪90年代以后,信息化潮流席卷了全球,信息化浪潮的广度和深度,无论在经济领域、技术领域还是政府的直接参与方面,都是20世纪80年代以前所无法比拟的。世界上各工业化国家、新兴工业化国家乃至发展中国家都相继提出了自己的信息化战略。英、德、美等国在井下作业的遥控和自动化方面进行了大量的研究工作,建立了生产信息化系统、管理信息化系统、销售信息化系统、财务信息化系统、项目信息化系统,实现了产、供、销一体化,最终目标是建设少人甚至无人的工作面,完全实现自动化作业。

加拿大已制订出一项拟在2050年实现的远景规划,即将加拿大北部边远地区的一个矿山建设为无人矿井,从萨得伯里通过卫星操纵矿山的所有设备,实现机械自动破碎和自动切割采矿;芬兰采矿工业1992年宣布了智能采矿技术方案,涉及采矿实时过程控制、资源实时管理、矿山信息网建设、新机械应用和自动控制等28个专题。我国也相继开展了采矿机器人(MR)、矿山地理信息系统(MGIS)、三维地学模拟(3DGM)、矿山虚拟现实(MVR)、矿山