

国家重点技术创新项目

厚煤层 全高开采新论

赵景礼 著

煤炭工业出版社

国家重点技术创新项目

厚煤层全高采新论

赵景礼 著

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书简要介绍了我国能源概况和煤炭工业的地位及其对当前煤炭生产与科研、教学的影响。较系统地总结了近年来放顶煤开采的理论和实践成果,着重阐述了顶煤与顶板围岩移动规律及其对回采工艺的影响,论述了安全生产技术和提高煤炭资源回采率的途径。

本书重点阐释了为综合解决厚煤层全高采技术难题的创新研究成果,包括立体化巷道布置系统设计思想、获得国家发明专利的“厚煤层错层巷道布置采全厚采煤法”和新创的“三段式回采工艺”。

本书可作为高等学校相关专业研究生教学用书,也可作为煤炭企业、科研、设计部门工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

厚煤层全高采新论/赵景礼著. —北京:煤炭工业出版社,2004

ISBN 7-5020-2461-1

I. 厚… II. 赵… III. 厚煤层-煤矿开采-研究
IV. TD823.25

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 056268 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
网址:www.cciph.com.cn
北京地质印刷厂 印刷
新华书店北京发行所 发行

*

开本 850mm×1168mm $\frac{1}{32}$ 印张 7

字数 181 千字 印数 1—2,000

2004 年 5 月第 1 版 2004 年 5 月第 1 次印刷

社内编号 5232 定价 25.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

前 言

能源工业是国民经济发展的基础工业,能源安全是国家经济安全的基本支撑。当前,包括煤炭、石油、天然气在内的化石能源占世界能源消费构成的90%,而我国更高达95%。长期以来,煤炭在我国一次能源生产与消费构成中占70%以上,这主要是由我国的资源条件所决定的。我国煤炭储量相对丰富,在已探明的化石能源资源中,煤炭超过90%,石油、天然气则相对短缺,考虑资源现状与能源安全,作为人口众多的发展中国家,我国的能源供给立足于本国资源是符合国情的现实选择,也是一项长远的基本国策。在可以预见的未来,以煤炭为主的一次能源供应结构不会改变。随着石油进口依存度的持续上升,石油安全已涉及到国家能源安全,为此,近年把煤炭液化作为解决石油问题的战略选择,这将进一步提升煤炭工业在我国能源中的核心地位。

煤炭工业在能源领域所承担的主要支撑作用依然任重道远,煤炭开采将不断向集约化、现代化、洁净化方向发展,以进一步提高能源资源回收率与使用效率,减少污染排放。正确认识煤炭在我国能源中的地位,将有助于指导在煤炭生产、科研与人才培养方面制定相对稳定的方针政策,避免出现煤炭生产的大起大落和人才培养的供需失衡,有利于国民经济的可持续稳定发展。为与各位读者达成这一广泛共识正是本书开篇阐述能源概况的初衷。

采煤方法是煤矿生产与采矿学科发展的主题和中心。能够吸纳

和应用现代高新技术的先进采煤方法,将促进煤矿生产向高产高效、高安全、高回收率的方向发展,推动采矿学科的不断进步。我国厚煤层储量丰富,其本身具有资源富集的天然优势,也是采煤方法改革关注的重点。采煤方法的重大改革几乎都集中在厚煤层开采领域。近二十年,放顶煤技术逐渐成熟,应用日益广泛。同时,与放顶煤高产高效优势并存的还有回采率低与火患、瓦斯、煤尘等安全问题,需要进一步解决和完善。目前,多数工作面能够做到安全生产,虽然隐患难免,但一般预后良好。与之相比,开采过程中一旦造成煤炭丢失,其后果则是长期存在的,资源损失难以挽回。从发展的观点看,我国人均能源资源占有量不到世界平均水平的一半,提高煤炭回采率,既可相对推迟资源的枯竭,又可减少动用储量,有利于控制污染,减轻对环境的不利影响。

20世纪90年代中期以后,煤炭生产的机械化程度与生产工效持续上升,而原煤生产回采率却出现持续下滑趋势,这主要是由于厚煤层回采率下降引起的。解决这一问题应是研究与完善采煤方法的一个出发点和一项重要内容。本书在阐述放顶煤开采理论与技术的同时,指出该项技术的发展研究方向,其中包括煤炭资源回收率问题及相关解决途径,实现无煤柱开采将是放顶煤技术的可持续发展之路。

笔者曾在矿井生产现场工作10年,对井下各主要生产环节的工艺过程和技术操作有着深切的了解与体会。此后20多年一直从事以采煤方法为主的科研教学工作,作为项目负责人和主要研究人员参加了十几项厚煤层开采项目的研究,在前苏联及俄罗斯留学期间进行了中外采煤方法的对比研究,通过长期的实际工作积累了比较丰富的理论知识与实践经验。我国的采煤方法以长壁体系开采为主,占生产比重的90%以上。但在厚煤层开采领域的分层开采、大采高开采和放顶煤开采均是从国外引进而逐步发展的。随着我国煤炭工业的整体技术进步,在现代化长壁开采领域创新拥有中国发明

专利并可普遍推广应用的采煤方法,以综合解决现有厚煤层开采存在的技术难题,是笔者长期努力的目标和发自内心的愿望,也是多年来探索和学习研究的持久动力。本书阐述了已获得国家发明专利的“厚煤层错层位巷道布置采全厚采煤法”和创新这一采煤方法的立体化巷道布置系统设计思想,阐述了已申请国家发明专利的“厚煤层全高开采的三段式回采工艺”,介绍了工程应用实例。新采煤方法的问世开辟了新的研究领域,它本身也不可能是完美无缺的,还需要在实践中接受检验和不断完善。近年来笔者的数名研究生在该领域的多个方向开展了大量研究工作,本书的完成与他们的密切合作和大力协助是分不开的。本书的知识产权涉及国家发明专利,欢迎联系合作事宜。

本书得到了国家重点技术创新项目“厚煤层全高开采新技术开发”的支持。在创新研究与推广应用“厚煤层错层位巷道布置采全厚采煤法”的过程中,得到了吴健、孟宪锐、马念杰等教授的指导帮助;项目实施得到了生产现场的积极协助。值此付梓之际,向所有对本人研究工作与本书编写提供帮助的领导、同事、专家学者致以衷心感谢。

因本人水平有限,书中不妥之处,敬请批评指正。

著 者

2004年3月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 能源概况	(1)
第二节 煤炭工业不是夕阳工业	(4)
第三节 煤炭工业存在的问题与应对策略	(8)
第四节 煤炭生产发展与技术现状	(13)
第五节 厚煤层采煤方法与技术创新	(17)
本章小结	(19)
第二章 放顶煤开采技术	(20)
第一节 概述	(20)
第二节 综放工作面顶煤与围岩移动规律及矿压特征	(30)
第三节 长壁放顶煤工作面的采煤工艺及回收率	(69)
第四节 放顶煤液压支架	(101)
第五节 综放安全技术	(125)
本章小结	(138)
第三章 分层开采与大采高开采	(140)
第一节 倾斜分层开采	(141)
第二节 厚煤层大采高综采	(150)

第三节 厚煤层不同开采方法的对比研究·····	(154)
本章小结·····	(173)
第四章 厚煤层错层位巷道布置采全厚采煤法的研究·····	(174)
第一节 立体化巷道布置思想的提出·····	(176)
第二节 厚煤层错层位巷道布置采全厚采煤法·····	(180)
第三节 相似模拟实验·····	(195)
第四节 工程应用实例·····	(209)
本章小结·····	(214)
参考文献·····	(215)

第一章 绪 论

第一节 能源概况

能源工业是国民经济发展的先行工业、基础工业。世界各国能源结构的特点取决于各自的资源条件、经济状况、科技发展等综合因素。一般地讲,能源可划分为传统能源和新能源。传统能源包括化石能源,即煤、石油、天然气,还包括水力能源,如水力发电等。新能源包括核能、太阳能、风能、地热能、海洋潮汐能、生物质能(沼气池、燃料乙醇等)以及正在开发研究的其它新能源。其中太阳能、水能、生物质能、风能、地热能等又称为可再生能源。

随着能源消耗的急剧增长与潜在能源危机的逐渐形成,人们加大了对能源科技的投入,可再生能源技术得到较快发展,但化石能源在当前和今后可预计的数十年内仍然是世界主要的一次能源(表 1—1 和图 1—1)。

表 1—1 表明,当前化石能源占世界能源消耗的 90%,而我国高达 97%。近年来,世界能源结构的变化趋势是石油比重下降,煤炭比重也有所下降,天然气比重上升。但化石能源的总体比重(图 1—1),不仅不会下降,且有小幅上升。可见传统能源的地位是不可能短期内被轻易取代的。而且从资源情况来看,随着储量相对较

少的石油、天然气资源的枯竭,煤炭所占比重将会逐步回升。

表 1—1 化石能源在世界一次商品能源中的消费结构(%)

消费结构	石油	天然气	煤炭	总计
美国	40.0	25.2	24.6	89.8
中国	26.6	2.6	67.9	97.1
俄罗斯	20.8	53.8	18.0	92.6
英国	35.4	37.1	16.1	88.5
法国	40.0	21.8	24.4	86.2
印度	34.3	7.7	54.3	96.3
南非	20.2	0	75.9	96.1
澳大利亚	37.0	17.3	44.3	98.6
世界总计	40.6	24.2	25.0	89.8

注:表 1—1 资料来源《能源数据》,2001 年版。

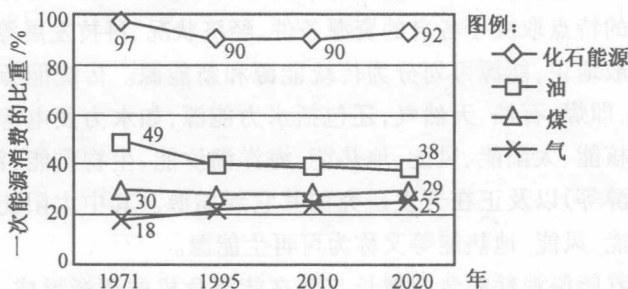


图 1—1 世界一次能源消费结构变化

世界各国的能源消费构成并没有统一的模式,在很大程度上取决于各自的资源条件。天然气资源丰富的俄罗斯、沙特阿拉伯、伊朗、英国等国家,将天然气作为主要一次能源,消费比重占 1/3 以上。煤炭资源丰富的发展中国家,南非、中国、波兰、印度等则以煤炭消费为主,约占消费比重的 2/3。发达国家如美国、日本、德国、法国、英国、加拿大、意大利等,则根据自己的综合国情确定以石油消费为大

宗,石油消费占 1/3 以上的比重。在世界经济逐步一体化和中国加入 WTO 的背景下,了解世界能源结构与发展趋势是十分必要的,而结合国情客观认识我国能源结构与发展趋势则是现实和具有实际指导意义的。从这一点出发,我国确定了以开发利用本国矿产资源为主的相关的政策和方针,这使化石能源资源中储量占绝对优势地位的煤炭的开发利用,得到了前所未有的重视和政策上的保证。据中国工程院的预测,在今后 40~50 年之内煤炭仍将是我国的主要能源,其比重将在很长时间内持续保持在 50% 以上。以实际生产为例,经过近年的关井压产,2000 年煤炭产量降到 9.99 亿 t,2001 年煤炭产量为 11.06 亿 t,而 2003 年产量激增至 16.08 亿 t,仍有缺口,致使一些地方冬煤短缺,甚至有的电厂因缺煤而停机减产。另一方面,供求失衡带来的超额丰厚利润,又刺激煤矿超能力生产,导致煤质下降,煤炭回采率降低,安全隐患增加。因此,正确认识、预测与指导煤炭生产,对我国的能源工业与国民经济的稳步发展具有十分重要的意义。

应当看到,包括煤炭、石油、天然气在内的化石能源是不可再生能源,不可能永久使用,终将会有资源枯竭之日。这一事实提示我们应当加倍珍惜这些有限的宝贵资源,在煤炭开采中,应把提高回采率作为衡量采煤方法的重要标准,并加强这一方面的科研工作与科研成果的推广应用。此外,对化石燃料要高效洁净利用,既可相对推迟资源枯竭,又可控制污染、保护环境。同样是化石能源,石油制品的使用通过改进汽油提炼、改进汽车燃油的相关装置而使尾气排放达标,因而得到了社会的广泛认同。煤炭也是可清洁利用的能源,但在洁净利用方面做的工作亟待加强,在宣传造势方面也需加倍努力,使全社会正确认识煤炭资源的可清洁利用性,树立煤炭工业应有的声誉和地位,这是广大煤炭工作者肩负的历史使命。展望未来,随着化石能源的日趋枯竭,人类最终要进入新能源和可再生能源的时代。煤炭工业作为历史链条上不可或缺的一环,将用光明和温暖,把人类送入美好的未来。

第二节 煤炭工业不是夕阳工业

一、我国能源现状

考虑资源现状与能源安全,作为人口众多的发展中国家,我国的能源国策立足于本国资源是符合国情的现实选择。表 1—2 列出 1998 年世界与我国化石能源资源情况。从资源上看,我国煤炭储量相对丰富,探明可采储量按同等发热量计算,相当于同期已探明石油和天然气储量总和的 17 倍,煤炭储采比(储量与当年开采量之比)为 92。

表 1—2 1998 年世界和中国化石能源资源情况

化石能源	煤	石油	天然气
世界总可采用储量/亿 t	9 842	1 434	146.4
中国可采用储量/亿 t	1 145	38	1.37
中国所占比例/%	11.6	2.6	0.9
中国储采比	92	24	58
世界储采比	218	41	63
中国产量名次	1	5	19

我国石油资源短缺,已探明的化石能源资源中,石油储量仅占 5.3%,储采比为 24。从长远看,若无新的大油田发现,石油年产量不会超过 1.8 亿 t,难以满足国内日益增长的石油需求。从远景储量看,随着石油的大量开采与勘探技术的日益完善,未探明的储量越来越少。在世界范围内,石油储量的增加速度急剧下降,20 世纪 60 年代至 80 年代,石油储量增加 2 倍多;80 年代至 90 年代,增加 60%;90 年代至 2000 年,增加仅 4%。石油资源的短缺将加大对煤炭的依赖,从而提高了煤炭在我国能源领域的地位。近年我国天然气资源探明程度进展加快,但其在化石能源中比重不到 3%,潜力有限,从长远看,

供求之间缺口很大。资源条件决定了煤炭在我国能源结构中将在较长时期内占有核心地位,解决能源需求首先应当立足国内资源。

从安全角度考虑,能源安全是国家经济安全的基础,能源的供应应保证国民经济和社会持续发展的需要。我国的石油进口量,2000 年达到 7 000 万 t,进口依存度为 30%;预计 2010 石油进口超过 1 亿 t,进口依存度在 40% 以上。石油进口不仅使外汇支付压力不断增大,而且涉及到国家能源安全。目前进行的洁净煤技术与开发就是为缓解这一问题而采取的重要措施。以 1999 年为例,全国燃料油消费用于交通运输的只占 21.4%,用于电力的占 41.3%,其余为石油石化、建材、钢铁及其它工业。按照“十五”期间每年节约和代用燃料油 1 500 万 t 的目标,其中 75% 要靠发展洁净煤技术来解决。譬如,燃油发电厂改烧水煤浆,现已有成功实例。这些都是立足于煤炭,以煤炭生产为前提进行的。

从发展的角度看,对能源的需求还将进一步加大。随着国民经济的增长,能源消费将会持续增加。按国民经济预期年均增长 7%,国内煤炭需求年均增长 2 000 万 t,近两年的实际情况,远超过了这个预测。能源既是国民经济增长的重要影响因素,也是社会发展的基本影响因素。通常一个国家的人均能源消费量反映该国人民的生活质量。随着我国建设更高水平的小康社会,人均能源消费量将有较大幅度增加。2000 年我国人均能源消费量不到 1 t 标准煤,不足世界人均能源消费水平 2.4 t 标准煤的一半,仅为发达国家人均消费量的 1/5~1/10。据美国能源部能源信息局的《国际能源展望》预计,从 1999 年至 2020 年间世界能源消费量将增长 59% (图 1—2)。我国有关部门预测,到 2010 年中国一次能源需求总量将达到 15 亿 t 标准煤~17 亿 t 标准煤,2020 年将达到 21 亿 t 以上标准煤,与世界能源消费增长保持相同的趋势。未来 20 年世界能源与中国能源需求都将持续增长,从能源安全与经济合理的角度看,国内能源缺口还主要依靠煤炭来解决。应当进一步提高煤炭资源采出率和利用效

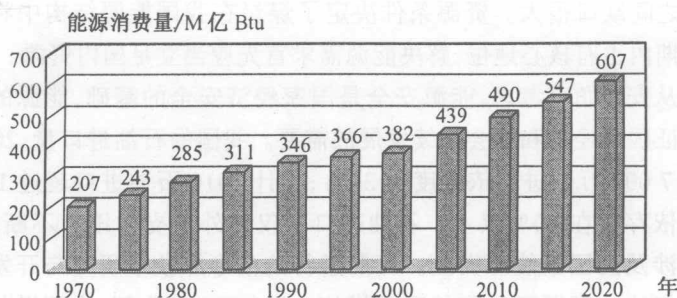


图 1—2 世界能源与消费量增长情况

注：1Btu=1 055.06 J。

率,高效利用与洁净利用同时兼顾,使有限的不可再生能源得到最充分的利用,以保证国民经济的持续快速发展。

二、煤炭是弦国可靠的能源

随着时代的进步,人类对能源的要求逐步提高,其基本要求:一是可以保障供应,获得性好;二是价格低廉,具有足够的市场竞争力,经济性好;三是不污染环境,能源本身洁净或可洁净利用,清洁性好。

我国煤炭资源丰富,这是煤炭具有良好获得性的重要基础。经过新中国成立以来几十年的努力,我国的煤炭工业取得了长足的发展,煤炭产量居世界领先地位。长期以来,煤炭作为我国的主要能源保证了国民经济快速增长的需要。由于煤炭资源赋存范围大,容易实现增产,对于满足国内能源需求有较大的灵活性和较高的可靠性。20 世纪 90 年代中期我国煤炭的产量增加主要是通过地方煤矿实现的,国有地方煤矿与乡镇地方煤矿的产量一度达 60% 以上。巨大的生产潜力是煤炭具有良好获得性的又一特点和保证。

从经济上看,煤炭价格低廉,具有强大的市场竞争力。按照同等发热量计算,结合各国不同的具体情况,使用天然气、油的运行成本(包括燃料价格、运杂费、人工、折旧、维修费等)一般为燃用动力煤的

2~3 倍。北京燃用天然气、柴油的运行成本约为燃用动力煤的 3~4 倍。这一经济原因使得缺能国家尤其是发展中国家普遍选择用煤,把煤炭作为基础能源。对于盛产煤炭的国家,不仅发展中国家如此,发达国家也把煤炭放在国内能源消费结构中的重要位置。例如,澳大利亚、美国等国家。美国年产约 10 亿 t 商品煤,是用于发电的主要一次能源。因此,从经济性考虑,煤炭应是我国的主要基础能源。

从环保方面讲,当前燃烧煤炭主要存在两个问题:一是排放污染物,如粉尘和 SO_2 ,这一问题如不解决,将在很大程度上影响和制约国民经济的健康发展。近年来,国家加大了环境治理的投入,并取得初步成效。二是温室气体 CO_2 的大量排放,将给全球气候变化带来严重的不利影响,这是人们长期关注的问题。据有关专家研究,中国 CO_2 排放的 90% 以上来自于能源消费,其中煤炭消费占 60% 以上。然而,科技时代的到来为人们洁净、高效地利用能源创造了必要的技术支持条件,提供了前所未有的机遇,使煤炭能够成为可持续利用的能源。据美国能源部的研究,美国开发的先进燃烧发电系统的效率将由 20 世纪末的 33% 提高到 2015 年的 60%;燃料成本降低 10%~20%; SO_2 、 NO_x 和 TSP(总悬浮颗粒物)排放量降低到排放标准的 1/10; CO_2 排放量减少 45%。国际间的合作与交流将促进能源环境技术的借鉴与推广应用。在煤炭液化方面,我国建有世界先进水平的研究中心,并已与国外合作建有示范厂,数年之后可实现产业化生产。煤炭气化技术比较成熟,广泛用于城市民用燃气,对提高煤炭利用效率和降低污染排放有广阔前景。水煤浆、型煤等洁净技术均有重大进展。煤炭的清洁开采与选煤新技术的推广应用,进一步提高了煤炭质量,减少了污染。

从能源资源的可获得性、经济性与清洁利用三方面综合来看,从现在到可以预见的未来相当长的时间内,煤炭是中国最主要的基础能源,煤炭工业不是夕阳工业。正确认识我国煤炭工业的地位与发展前景对于煤炭行业从业人员是十分重要的。我国在新旧世纪交替

的前后几年间,由于体制改革与市场转型等原因,煤炭工业一度出现了全行业亏损的局面。与此同时,出现了煤炭工业整体评价的思想混乱,煤炭工业是夕阳工业的说法一时风行。由于缺乏冷静与科学判断,一时的困难被看作是煤炭工业的最终前景,煤炭院校相继转向,这一时期,各校矿业类专业缩减招生,毕业的学生也大都转行。中国矿业大学成为原煤炭部所属十几所高校中仅存的一所矿业院校,与我国数百万煤矿职工大军和世界第一产煤大国的现实形成鲜明反差。另一方面,由于煤炭产量的持续增长和煤矿机械化、智能化程度的迅速提高,生产现场急需矿业类及相关专业高级专门人才。据调查,有的国营重点煤矿已近十年没有接收新毕业的大学生,形成自文化大革命以来又一次的人才断层。而中小矿井更是人才短缺,使得小矿井技术落后,事故多发,资源浪费严重,对于整个煤炭行业的健康发展十分不利。高校作为育人的基地,有必要在传授专业技术知识的同时,使大家了解煤炭工业的发展趋势。这些内容应是专业知识的组成部分和从业人员必备的知识,将有助于工程技术人员和矿业院校师生确定学习与研究的方向,提高学习与研究的兴趣和自觉性。

第三节 煤炭工业存在的问题与应对策略

一、煤炭工业存在的主要问题

随着改革开放与国际间交流合作的进一步增强,我国煤炭工业发展迅速,正逐步缩小与国际先进水平的差距。1978年,我国一次引进100套综采设备。我国已拥有世界先进水平的特大型矿井与采煤工作面。2000年神华大柳塔综采工作面年产超过800万t;2003年9月投产的神东榆家梁煤矿45202综采面倾斜长240m,开采走向长达6300m以上,成为矿井生产高度集中化和大型化的典型范例。改革开放以来煤炭出口增加较快,在世界煤炭市场的贸易份额

成倍增加,国有煤炭企业改革取得显著成效,一批国有和民营煤炭企业成功上市,企业经营模式逐步走向市场化。但应看到,煤炭工业发展也面临一些突出问题。

首先是产业的组织结构不尽合理。全国仍有 26 000 多家煤炭企业,其中乡镇、个体小煤矿 23 000 多家,经营规模小,过度分散,导致市场竞争力下降。全国平均每个企业的市场占有率不足 0.01%,市场集中度过低。2000 年,我国产量排名前 8 位的煤炭企业市场占有率(集中度)总计不足 15%,与世界主要产煤国家有很大差距(表 1—3 和表 1—4)。

表 1—3 2000 年度我国产量排名前 8 位的煤炭企业市场占有率

名次	企业	销售量/万 t	占有率/%
1	神华	3 811	3.08
2	大同	3 201	2.67
3	兖州	2 585	2.15
4	开滦	1 848	1.54
5	淮北	1 671	1.39
6	平顶山	1 642	1.37
7	西山	1 451	1.21
8	淮南	1 441	1.20

表 1—4 世界主要产煤国家最大企业市场占有率

企业名称	占有率/%
德国硬煤	100
俄罗斯煤炭	96
印度煤炭	89
南非萨索尔	33
澳大利亚 BHP	24
美国皮博迪	19
中国神华	3