

中国矿业大学新世纪教材建设工程资助教材

安全高效矿井开采技术

Anquan gaoxiao Kuangjing Kaicai Jishu

主编 邹喜正 刘长友

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

中国矿业大学新世纪教材建设工程资助教材

安全高效矿井开采技术

主 编 邹喜正 刘长友

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书系统地介绍了国内外安全高效矿井发展历程和主要特点,并结合我国煤矿的具体条件,详细阐述了安全高效采煤工作面的配套设备,矿压显现规律和采煤工艺技术。并围绕安全高效采煤工作面介绍了相应的巷道掘进与支护技术、矿井运输系统、巷道布置系统和生产保障系统。全面反映了我国安全高效矿井开采技术和生产实践经验。

图书在版编目(CIP)数据

安全高效矿井开采技术/邹喜正,刘长友主编. —徐州:

中国矿业大学出版社,2007.9

ISBN 978 - 7 - 81107 - 705 -6

I. 安… II. ①邹…②刘… III. 矿山开采—安全技术
IV. TD7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 141502 号

书 名 安全高效矿井开采技术

主 编 邹喜正 刘长友

责任编辑 朱明华 王江涛

责任校对 徐 玮

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 邮编 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 20.75 字数 514 千字

版次印次 2007 年 9 月第 1 版 2007 年 9 月第 1 次印刷

定 价 32.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

安全高效矿井建设是推动煤矿技术进步,提高企业竞争力,促进产业结构调整,转变煤炭经济增长方式的重要途径和基础。从1985年开始,我国煤炭工业突破传统的开采模式,依靠科技进步,建设安全高效矿井。1992年,原煤炭部提出在20世纪末建成100处安全高效矿井的规划,2005年我国建成安全高效矿井197处,这是煤炭工业实现两个根本性转变、进行现代化建设的重大决策。

建设安全高效矿井是世界煤矿开采技术发展的主导潮流,也是我国煤炭工业发展的重要方向。为了在本科教学中适应我国煤矿生产规模化、技术设备现代化、队伍专业化的需求,体现我国安全高效矿井建设的新成果,编写了《安全高效矿井开采技术》教材。

《安全高效矿井开采技术》教材系统地介绍了国内外安全高效矿井发展历程和主要特点;结合我国煤矿的具体条件详细阐述安全高效采煤工作面的配套设备、矿压显现规律和采煤工艺技术。并围绕安全高效采煤工作面介绍了相应的巷道掘进、支护技术与矿井运输系统、巷道布置系统和生产保障系统,全面反映了我国安全高效矿井开采技术和生产实践经验。可作为我国高等院校矿业类专业教材,也可作为采矿工程技术人员培训教育的教材。

教材编写主要参考《中国煤矿安全高效技术》一书并引用兖州、神华等矿区的资料,在此表示衷心感谢。由于编写人员的水平及时间限制,缺点和错误在所难免,恳切希望读者批评指正。

编 者

2007年8月

第一章 安全高效矿井发展概况	1
第一节 国外安全高效开采技术概况	1
第二节 我国安全高效开采技术现状	3
第三节 我国安全高效开采技术发展趋势	5
第二章 安全高效采煤技术	7
第一节 概述	7
第二节 厚煤层安全高效综采放顶煤开采技术	10
第三节 大采高煤层安全高效综采技术	35
第四节 2.5~3.0m 中厚煤层安全高效开采技术	51
第五节 中厚(1.5~2.5m)煤层安全高效开采技术	56
第六节 薄煤层安全高效开采技术	69
第七节 综放开采提高煤炭回收率技术	77
第八节 复杂及特殊地质条件下安全高效综放开采技术	92
第九节 连续采煤机短壁机械化开采成套技术	109
第三章 巷道掘进支护技术	119
第一节 地应力测量	119
第二节 巷道快速掘进技术	146
第三节 锚杆支护技术	167
第四章 矿井运输系统	187
第一节 矿井主运输系统	187
第二节 矿井辅助运输系统	191
第三节 矿井辅助运输的主要类型及其应用	194
第五章 矿井巷道布置	215
第一节 概述	215
第二节 多井筒分区域开拓	222
第三节 单翼、整层连续跨上(下)山巷道布置系统	227
第四节 全煤巷道布置	241

第五节	扩大采区尺寸.....	251
第六节	采煤工作面多条平巷布置.....	258
第六章	安全高效矿井生产保障系统.....	263
第一节	安全高效矿井地质条件保障系统.....	264
第二节	生产设备及工况保障系统.....	271
第三节	安全高效矿井通风安全保障系统.....	283
第四节	综合机械化采掘工作面负压二次降尘.....	310
参考文献	.....	324
1	.....	324
2	.....	324
3	.....	324
4	.....	324
5	.....	324
6	.....	324
7	.....	324
8	.....	324
9	.....	324
10	.....	324
11	.....	324
12	.....	324
13	.....	324
14	.....	324
15	.....	324
16	.....	324
17	.....	324
18	.....	324
19	.....	324
20	.....	324
21	.....	324
22	.....	324
23	.....	324
24	.....	324
25	.....	324
26	.....	324
27	.....	324
28	.....	324
29	.....	324
30	.....	324
31	.....	324
32	.....	324
33	.....	324
34	.....	324
35	.....	324
36	.....	324
37	.....	324
38	.....	324
39	.....	324
40	.....	324
41	.....	324
42	.....	324
43	.....	324
44	.....	324
45	.....	324
46	.....	324
47	.....	324
48	.....	324
49	.....	324
50	.....	324
51	.....	324
52	.....	324
53	.....	324
54	.....	324
55	.....	324
56	.....	324
57	.....	324
58	.....	324
59	.....	324
60	.....	324
61	.....	324
62	.....	324
63	.....	324
64	.....	324
65	.....	324
66	.....	324
67	.....	324
68	.....	324
69	.....	324
70	.....	324
71	.....	324
72	.....	324
73	.....	324
74	.....	324
75	.....	324
76	.....	324
77	.....	324
78	.....	324
79	.....	324
80	.....	324
81	.....	324
82	.....	324
83	.....	324
84	.....	324
85	.....	324
86	.....	324
87	.....	324
88	.....	324
89	.....	324
90	.....	324
91	.....	324
92	.....	324
93	.....	324
94	.....	324
95	.....	324
96	.....	324
97	.....	324
98	.....	324
99	.....	324
100	.....	324

第一章 安全高效矿井发展概况

安全高效矿井是指通过现代高新技术对传统采煤技术进行改造,采用新的采煤工艺和新的技术装备,运用新的控制监测设施和新的科学管理技术及方法,在一定时期内矿井产量和效率等主要技术经济指标明显高于同类矿井平均水平的矿井。安全高效矿井建设是以安全高效矿井为样板、作导向,以不同层次条件的矿井建设为主要内容,充实内涵、改进技术、加强管理,提高主要煤矿的技术经济效益,从而推进整个煤炭工业的发展。

第一节 国外安全高效开采技术概况

综合机械化采煤是煤矿开采技术现代化的重要标志。20世纪80年代末以来,世界主要产煤国家安全高效综采技术飞速发展,特别是美国、澳大利亚、德国、英国和南非发展最快,综采工作面安全高效纪录不断刷新,综采装备新技术层出不穷。

一、安全高效工作面综采设备

安全高效综采技术的核心是工作面综采设备,近10年来,工作面三大配套设备——采煤机、刮板输送机和液压支架,在设计方法和结构上都有了重大发展,其目的主要是提高设备生产能力和可靠性,改进操作性能。

(一) 采煤机 采煤机采用多电机电牵引技术,最大牵引速度已达到29 m/min。大功率、高电压、大截深,采煤机装机功率超过1 200 kW。美国目前常用电压为2 300 V,部分工作面开始使用4 160 V电压;英国、澳大利亚使用3 300 V电压;法国使用5 000 V电压;波兰使用6 000 V电压。采煤机截深达到1~1.2 m。简化机械传动系统,采煤机的模块化设计使机器的维护和监测更加简便,可靠性更高,并装备有煤尘控制和故障诊断系统。

(二) 刮板输送机 工作面刮板输送机发展成为大功率、高强度、高可靠性的运输设备。目前工作面刮板输送机最大工作长度已达335 m,最大输送能力达3 500 t/h,最大功率1 412 kW,使用寿命达到600万~1 200万t过煤量。采用软启动技术和故障诊断及工况监测技术,可以连续监测输送机各部件的运行状态,进行故障诊断和报警。

(三) 液压支架 液压支架近10年来主要的发展趋势是向两柱掩护式和四柱支撑掩护式架型发展,架型结构进一步完善,参数向高工作阻力、大中心距(1.75 m、2 m)发展;支架工作阻力大部分为7 000~8 000 kN,最大的两柱掩护式支架工作阻力达到9 800 kN,支架的耐久性试验循环次数达50 000次。支架的寿命达14 a以上。应用电液控制技术,采用电磁(或微电机)控制的先导阀、先进可靠的压力和位移传感器、灵活自由编程的微处理机技术、红外遥感技术等现代科技成果,使液压支架的动作自动连续进行,移架速度大大提高,支架循环时间达到

6~8 s,配合采煤机的煤岩识别系统等先进技术,可实现工作面自动控制。

二、美国长壁工作面设备与生产能力发展趋势

随着长壁工作面采煤成套设备各组成部分间的尺寸不断增加、功率加大、电压升高、能力的扩大,美国长壁生产煤矿工作面的生产效率和生产能力持续增加。

在过去的十多年里,美国井工长壁生产煤矿的煤炭年产量迅速增加,矿井平均煤炭产量由 131.4 Mt/a 增加到 172.7 Mt/a,而雇员却从 26 537 人减少到 16 611 人,长壁生产矿井个数由 76 个减少到 53 个,矿井生产效率由 2.40 t/(工·时)增加到 4.67 t/(工·时)。产量最高的长壁工作面年产量由 1989 年的 4.40 Mt/a 增长到 1999 年的 7.90 Mt/a。

(一) 采煤机的生产能力

近年来,采煤机的截割速度一直在增加。目前采煤机的截割速度一般在 0.20~0.25 m/s。一些新研制开发出来的采煤机的截割速度达到了 0.4~0.6 m/s。计算机系统的装备,包括具备模拟功能和带记忆功能的切割设备和采煤机设备,以及具备超前防护作用装置的应用,使长壁工作面的生产能力和效率持续得到改善。安装在采煤机上的计算机人工智能系统,可根据煤层地质条件的实际变化情况,自动地改变采煤机的运行状态参数。

对采煤机的控制技术方面,普遍要求能实现红外线监控,并具有图像/数字传输系统,以实现在地面就能设定或调整采煤机在工作面的位置、技术性能参数。据预测,采煤机的功率还将继续增加,运输系统朝着动态变频(电压、功率、速度)的方向发展。电子控制系统向自动化方向发展。

(二) 长壁工作面铠装输送机

随长壁采煤工作面长度的增加和煤炭产量的不断增长,工作面铠装输送机锚链的直径也不断增大。现阶段,高产长壁工作面铠装输送机溜槽宽度通常为 1 342 mm,采用两根直径为 42 mm 的锚链,总装机功率 2 220 kW。这种铠装输送机用于 300 m 长的工作面,小时运输量可达到 5 000 t。为保证高产长壁工作面铠装输送机工作面达到这一运输能力,必要在能满足输送机全载启动运行时,可提供较高的启动电压和启动功率。

(三) 长壁工作面顶板支架

重型支架设计制造成二柱型,支架柱子的直径也增加到 400 mm 以上。使用寿命要求能大于 60 000 个生产循环,大型支架立柱的直径在掩护支点到立柱柱窝间的中心距达到 1.75 m 时,必须具有足够的支护强度的要求。为满足采煤机的截割深度在大于 1 000 mm 条件下支撑力大幅度提高的要求,不仅需要增加支架顶梁的长度,也要求增加支架的支护强度,增加支架立柱的直径,以满足增加支撑力的要求。

(四) 盘区胶带输送机(或矿井主输送机)

美国大多数长壁开采煤矿使用的胶带输送机的宽度为 1 372~1 524 mm。随着采用的采煤机与长壁工作面铠装输送机生产能力的不断增加,大多数采用长壁开采技术或连续采煤机开采的煤矿将宽度为 1 524 mm 胶带输送机作为标准设备,用做矿井的主输送机。随着长壁工作面设备生产能力的继续加大,宽度为 1 829 mm 的胶带输送机有可能会成为矿井主输送机的首选设备,盘区胶带输送机的输送速度为 3.6 m/s,矿井主胶带输送机的输送速度为 5.1 m/s。

就目前的情况看,美国煤矿长壁工作面生产效率和产量将继续保持增加的趋势。将来,长壁生产矿井的生产效率和产量增加的关键将主要取决于工作面设备系统性能的全面改

善。因此,为与长壁工作面采煤设备的生产能力及效率相适应,必须提高工作面支护设备的支撑能力和可靠性。

(五) 美国二十英里矿长壁工作面产量

美国塞浦路斯·阿迈克斯矿物公司的二十英里矿于1983投产,煤层顶底板条件很好,煤层的厚度在3 m以上,1989年投资1 200万美元完成长壁工作面改造。初期长壁盘区长2 743 m、工作面长195 m,1993年,该矿将长壁盘区及工作面长度分别加大至3 353 m和256 m,1999年,长壁工作面长度达到305 m。

二十英里矿自1994年以来连续7次创造长壁工作面月产量最高的世界纪录。1994年9月该矿长壁工作面创造的月产量是484 843 t。1997年6月月产量增加到908 271 t。二十英里矿1999年的年产量达到820万t,人班小时生产原煤8.07 t。

三、世界先进采煤国家安全高效矿井地质与采矿技术的主要特点

(1) 煤层赋存条件好,煤层绝大部分为水平煤层,以中厚煤层居多,并且煤层埋藏浅。

(2) 绝大多数为单一长壁工作面综采,多是一井一面,日产万吨以上,年产200万t以上,工作面效率150 t/工以上,矿井全员效率30 t/工以上。

(3) 广泛采用大功率高效能重型成套综采设备,设备可靠性高。采煤机总装机功率都在1 000 kW以上,最大已达1 530 kW,采高5 m,大修周期2 a,可采煤400万~500万t。工作面刮板输送机装机功率已达2 250 kW,槽宽达1.2 m,最大输送能力4 000 t/h,过煤量600万t/a以上,液压支架普遍采用电液控制和高压大流量供液系统,架型向两柱掩护式发展,最大工作阻力已达9 800 kN;采、装、运和支护设备综合开机率达90%以上。美国安全高效设备可用率达97%,采煤机大修间隔内平均采煤量达320万t,支架使用寿命一般在8~10 a。平巷带式输送机装机功率 $(2\sim4)\times(250\sim300)$ kW,并装有中间驱动装置,最大运输能力达3 500 t/h,铺设长度2 000 m以上。

(4) 工作面设备配套合理。美国综采工作面刮板输送机、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%,为工作面稳定高产创造了条件。

(5) 工作面上、下平巷多巷布置,掘进采用连续采煤机,支护使用锚杆或锚网联合支护技术。

(6) 矿井生产规模向大型化方向发展,矿井开拓方式、运输和通风系统进一步合理化、简单化,采区范围进一步加大,以提高采区综合生产能力。

(7) 矿井生产强度、生产及安全状况实现实时监控。

(8) 辅助运输多采用无轨胶轮车,实现工作面快速搬家。

第二节 我国安全高效开采技术现状

一、我国安全高效煤矿的建设历程

20世纪70年代,我国煤矿地下开采的矿井已经形成了综合机械化采煤、普通机械化采煤、钻眼爆破采煤等并存的生产格局。煤矿生产虽已开始致力于发展采煤机械化,但是单产均比较低,煤矿增产主要还是靠增面和增人。

从1981年开始,提高采煤工作面单产和掘进工作面单进,在全国组织开展了等级采煤队和掘进队以及综采队“年产百万吨”的活动,当年就有2个采煤队达到年产百万吨;1983

年就有 8 个采煤队达到年产百万吨。但是,与发达国家先进生产水平相比,我们的差距仍然很大。

原煤炭工业部在总结我国发展机械化采煤经验的基础上,于 1992 年根据国内外煤炭工业的形势和我国煤矿现代化建设的经验和教训,在邢台矿务局召开了开展安全高效矿井建设座谈会和工作会议,讨论了我国建设安全高效煤矿的必要性和深远意义,统一了思想,提高了认识,部署了发展安全高效煤矿的工作。通过改造生产系统,大力采用新技术、新装备、新工艺,快速建设安全高效煤矿。

1993 年,首批建成了 12 个安全高效矿井,从 1993 年到 2000 年,我国累计建成安全高效矿井 123 处。我国安全高效煤矿的建设,不仅陆续建成了一批安全高效矿井,而且有力地促进了工作面生产技术和装备水平的提高,主要是采煤工作面装备的更新升级,如加大功率、采用电牵引采煤机和电液阀液压支架等技术,工作面单产水平和经济效益显著提高。

安全高效矿井采用的主要采煤工艺均是世界先进的采煤工艺。在 123 处矿井中,采用综采(含综放)工艺的矿井已达 95 处,占 77.24%,部分煤矿的技术经济指标已接近或达到世界先进水平。这说明,我国已经掌握了建设安全高效煤矿的先进技术,为今后发展奠定了良好基础。

二、依靠科技进步建设安全高效矿井

安全高效矿井的建设过程主要依靠科学技术发展采矿新技术。

(1) 我国对综采放顶煤开采进行了比较深入的研究,在窑街、阳泉、潞安、兖州等矿区试验成功,使综放采煤工艺在技术上有了新的突破并得到较快推广。

(2) 研制成功了电牵引采煤机,最高截割速度可达到 25 m/min,牵引力一般可达 950 kN,研制了与电牵引采煤机配套的输送能力可达 1 500 t/h 的刮板输送机以及与其相适应的桥式转载机和破碎机。采用高压大流量液压系统,并用大流量阀和电液阀控制,提高液压支架支护强度,加大工作阻力,加快移架速度。

(3) 通过引进部分国外设备与国内自制设备配套,进行了刨煤机综采全自动化安全高效研究,于 2001 年初在铁法局小青煤矿投入生产。晋城矿区新建的寺河煤矿,在煤层厚度平均 6 m 左右、煤层硬度 $f=3.8\sim 4.2$ 和高瓦斯条件下,引进了国外大采高综采全自动化控制全套装备,最大采高达 6.0 m。

(4) 研制成功了多种型式的锚杆和锚网支护,在较大范围内得到了推广应用。有的安全高效煤矿已经实现掘锚一体化,从而加快了采准巷道掘进速度。

(5) 在安全高效矿井生产保障系统的监测方法和仪表应用方面也采用了多项新技术。例如,广泛将地震、电测井和物探方法用于探测井田和采区范围内的断层和构造,由集控制、监测、诊断于一体的智能化计算机系统控制电牵引采煤机、电液控制的液压支架。将计算机技术、传感器技术、光纤技术与工业电视相结合,实现了井下胶带输送机地面集中控制。

(6) 采用合并采区、减少工作面简化生产系统和生产环节,实现单水平、单翼高度集中生产,最终实现一个矿一个采煤工作面一条生产线。

三、我国安全高效开采技术现状

采煤方法及工艺是安全高效矿井建设的核心。近几十年来世界煤炭科学技术发展很快,特别是 20 世纪 80 年代以来,长壁安全高效综采技术的突飞猛进引起了矿井生产技术的重大变革。我国煤矿通过 30 多年机械化开采摸索与实践,形成了厚及特厚煤层综放开采、

大采高综采,中厚及薄煤层综采和连续采煤机旺格维利采煤法等安全高效采煤方法。

2005年我国有9处煤矿年产量超过千万吨,有3个综采队年产量超过千万吨,神华集团神东煤炭分公司哈拉沟煤矿综采队1 064万t、上湾煤矿综采队1 048万t、补连塔煤矿综采一队1 000万t。神东煤炭公司上湾煤矿综采队10月9日在51104工作面生产原煤50 944 t,刷新了工作面日产世界纪录。神东煤炭公司大柳塔矿大柳塔井4月23日共生产原煤86 900 t,创造了世界单井日产原煤最高纪录。神东煤炭公司榆家梁煤矿月进尺最高达7 802 m。

山西焦煤集团汾西矿业公司新峪煤矿高档普采四队在煤层厚度1.6 m条件下,全年生产原煤118.29万t,最高日产达到4 657 t,成为我国第一个高档普采百万吨队。安徽淮南矿业集团公司张集煤矿全部采用国产综采设备,全年生产原煤702.2万t,其中综采一队年生产原煤363.58万t,最高日产达到1.49万t。山西潞安环能公司王庄煤矿综放一队采用全套国产综采放顶煤设备,生产原煤608万t。

辽宁铁法煤业公司小青矿采用引进刨煤机、工作面输送机及计算机远程控制系统,在1.7 m煤层厚度的条件下,平均月产达到20.9万t、最高日产达到9 188 t。山西大同煤矿集团公司晋华官矿综采三队采用全套国产综采设备(MG200型滚筒采煤机在薄煤层1.3 m条件下,全年生产原煤104.24万t、平均月产9.95万t、最高月产13.45万t、最高日产7 166 t。

近年来随着放顶煤开采技术的发展,放顶煤支架设计已达国际先进水平。在支架液压控制系统方面,我国以高压大流量快速移架系统为特征,形成了系统及相关阀组合,达到了平均移架小于12 s/架的水平。我国综放工作面除一小部分进口液压支架配备电液控制系统外,绝大部分工作面尚未使用这种控制系统。

SGZ1200/1400型长运距、高可靠性工作面后部刮板输送机是目前我国开发研制的功率最大、槽宽最宽、铺设长度最长的缓倾斜放顶煤综采工作面超重型刮板输送机,并首次采用自动伸缩机尾、液压马达紧链装置、调速型液力耦合器及紧凑链等国外先进技术,其主要指标及可靠性达到了20世纪90年代中期国际先进水平。SGZ1000/1200型前部刮板输送机是目前国内规格最大的前部输送机,可以与国内外多种规格的强力采煤机及液压支架配套,装机功率达 2×600 kW。

第三节 我国安全高效开采技术发展趋势

一、提高工作面单产(单进)和工效

提高综采装备能力是发展安全高效综采的关键,应用机电一体化、自动化和计算机智能化控制等高新技术,生产能力达到日产万吨以上。主要设备包括:

(1) 新型电牵引多电机驱动采煤机,总功率达1 500~2 000 kW、截深1.0~1.2 m,装备了以微型电子计算机为核心的电控系统,采用先进的信息处理技术和传感技术,实现了机电一体化。

(2) 工作面刮板输送机普遍采用可控启动和工况监测技术,配备750 kW以上大功率电动机,输送能力一般为2 000~3 000 t/h。

(3) 液压支架普遍采用微机电液智能化控制技术,工作阻力达8 000~10 000 kN,移架

速度达 6~8 s/架以上。

(4) 顺槽转载机装机功率最大达到 525 kW, 具备自移功能; 顺槽胶带输送机普遍采用液粘差速或变频调速及多电机功率均衡驱动技术, 输送能力达到 2 000~3 500 t/h, 输送距离达到 2 000~4 000 m, 胶带运行速度不断提高, 驱动功率超过 2 000 kW。

(5) 煤巷掘进与锚杆支护一体化快速掘进技术与成套装备, 配备相应的掘进机械化作业线, 逐步更新和装备大功率、中型掘进机, 采用掘锚联合机组, 岩巷要坚持推广使用液压钻车作业线。

二、矿井开采的高度集中化

煤矿生产进入综合机械化、生产高度集中化、开采强度高、产量大的时代, 传统的开拓部署已不适应现代采煤技术和装备发展的需要。其发展趋势是生产高度集中化, 简化矿井生产系统, 尤其是简化巷道布置系统和运输系统环节, 实现矿井合理集中生产, 实现“一矿一面、一个采区、一条生产线”的高效集约化生产模式。

三、矿井主要参数的大型化

随着高效、强力、快速电牵引采煤机及重型刮板输送机的推广应用, 安全高效工作面长度不断加长, 采煤工作面长度和连续推进长度的加大, 工作面长度达到 350 m 以上、走向长度达到 4 000 m 以上, 煤层最大开采高度达到 5.5~6.0 m, 最低开采高度仅 0.6 m。

四、矿井生产技术的现代化

(1) 安全高效矿井建设, 实质上就是用高新技术对煤炭产业进行改造, 提高采掘机械化装备水平; 新型装备采用大功率传动技术、机电一体化技术及一系列先进结构, 单机设备实时工况监测、故障在线诊断与预报、自动运行、信息储存和对外信息传输等功能; 完成综采工作面自动化生产控制技术、网络化监测监控技术的研究开发。

(2) 辅助提升运输采用从地面(井底)直达采煤工作面的运输系统, 系统简单, 环节少, 快速、高效地解决矿井辅助运输问题, 因地制宜地采用单轨吊、无轨胶轮车等辅助提升、运输设备, 取得了较好的效益。

(3) 主提升运输系统采用高效、大容量提升设备及采用大运量、长距离胶带输送机连续运输煤炭。

(4) 矿井安全高效要装备先进的监测、监控系统, 保障矿井生产的高安全性和高可靠性。

第二章 安全高效采煤技术

第一节 概 述

我国同世界主要采煤国家一样,井工矿并实现工作面安全高效主要为长壁综合机械化开采工艺,我国机械化开采主要方法发展现状如下:

- (1) 缓(倾)斜单一长壁及分层长壁综采技术已经成熟;
- (2) 缓(倾)斜厚煤层一次采全高综采达到国际先进水平;
- (3) 缓(倾)斜厚煤层综放开采技术达到世界领先水平;
- (4) 薄煤层通过引进国外先进设备实现全自动化开采;
- (5) 大倾角煤层普通综采及综放开采在国内普遍推广。

一、实现安全高效的主要采煤方法

目前我国井工开采矿井实现安全高效的主要采煤方法有:综放开采、大采高综采、单一长壁综采及旺格维利采煤法。由于连续采煤机成套装备国内尚不能生产,适用条件有限,且采区采出率较低,因此旺格维利采煤法仅在我国少数矿区使用。我国实现安全高效的采煤方法主要为长壁开采方法。

(一) 厚及特厚综放开采

自 20 世纪 90 年代起综放开采得到了迅速发展,出现了潞安、兖州、阳泉等以综放开采为主的大型安全高效矿区。目前综放队最高年产量已超过 7.0 Mt,根据有关学者研究,综放开采在条件满足的情况下具有年产 10.0 Mt 的能力。综放开采已经成为厚煤层矿区实现安全高效的主要途径。

(二) 厚煤层大采高综采

我国自 1978 年以来,从德国引进了 G320—20/37 型、G320—23/45 型等型号的大采高液压支架及相应的采煤运输设备,与此同时我国也开始研制大采高液压支架和采煤机。目前,我国部分生产矿井已经采用大采高综采技术进行厚煤层的开采,并取得了良好的经济效益。2005 年,神华集团神东煤炭分公司哈拉沟煤矿综采队年产量达 1 064 万 t、上湾煤矿综采队年产量 1 048 万 t、补连塔煤矿综采一队年产量 1 000 万 t。

(三) 中厚煤层单一长壁综采

普通综采由于近年来大功率重型采矿设备(大功率电牵引采煤机、大功率大运量长距离刮板输送机及胶带输送机、高强度电液控制支架)、锚杆支护技术及无轨胶轮车等新型辅助运输技术的不断发展,工作面可靠性得到明显提高,铁法晓南矿综采队在采高小于 3.5 m 的条件下年产量达 2.233 Mt,效率为 127.59 t/工。

(四) 薄煤层全自动化开采

我国薄煤层开采主要采用长壁采煤法,2001 年铁法小青矿通过引进德国 DBT 公司创

煤机、工作面输送机及计算机远程控制系统,在 1.7 m 的煤层厚度条件下,平均月产达到 20.9 万 t、最高日产达到 9 188 t。铁法小青矿全自动化刨煤机开采技术应用的成功,为我国薄煤层实现全自动化开采提供了新的途径。

(五) 大倾角煤层综放开采

甘肃华亭煤电股份公司砚北煤矿开采大倾角煤层,综采一队、综采二队分别在工作面倾角 43°、35°的条件下,采用综采放顶煤工艺,分别生产原煤 254.4 万 t、167.3 万 t。

二、我国长壁工作面装备现状

国外综采单产效率的提高主要是增大工作面尺寸与截深、快速推进和扩展适用范围,特别是不断更新采用机电一体化重型设备的结果。如采用大功率电牵引采煤机、大运力输送机、电液控制液压支架、不停机自移转载机和胶带机尾、工作面设备高压供电以及微机控制的通讯系统等。目前国产的综采工作面装备已基本满足我国安全高效矿井建设的需要,但与世界先进采矿设备制造国家相比仍存在差距。

(一) 采煤机

我国采煤机自主生产自 20 世纪 70 年代起步,80 年代生产的液压牵引采煤机已能满足 1.5 m 到 4.5 m 煤层开采的需要,并解决了一些难采煤层的配套问题,改变了大量依靠进口的状态。至 90 年代,我国自行开发的采煤机已实现了大功率液压牵引采煤机的批量生产,并开发了高性能电牵引采煤机。表 2-1 为我国电牵引采煤机代表机型和主要参数。我国采煤机目前已基本满足中厚煤层综采、大采高综采及综放开采实现安全高效的需要,但适于薄煤层安全高效开采需要的采煤机或刨煤机仍是空白。

表 2-1 国内代表机型主要技术参数

型 号	MG450/1020—WD	MGTY500/1200—3.3D	MG400/920—WD	MXB—880
技术参数				
装机功率/kW	1 020	1 200	920	880
截割功率/kW	450×2	500×2	400×2	400×2
牵引功率/kW	AC50×2	AC55×2	AC50×2	DC40×2
泵站功率/kW	20	20	20	60
牵扯引力/kN	700/420	750/450	685/406	577/360
牵引速度/m·min ⁻¹	7.35/12.3	7.7/12.8	7.12/12	7.5/12
供电电压/V	3 300	3 300	3 300	1 140
牵引调速方式	交流	交流	交流	直流
滚筒截深/mm	630~1 000	800	800	800
产品厂商	煤科总院上海分院	太矿集团	鸡西煤机厂	西安煤机厂

(二) 工作面液压支架

我国液压支架也同样从引进吸收消化到自主开发研制,形成了现在可应用于不同范围、适应不同生产工艺的多品种、多型式、多系列。ZY、QY 系列为支架主要架型系列,开发了适用于 I、II 类基本顶板中等稳定和一般不稳定顶板条件下的轻型支架系列,降低了支架成本。同时也开发了适用坚硬顶板、大采高、薄煤层、大倾角等特殊条件下的支架。近年来随

着放顶煤开采技术的发展,放顶煤支架设计已达国际先进水平。在支架液压控制系统方面,我国以高压大流量快速移架系统为特征,形成了系统及相关阀组合,达到了平均移架速度小于 12 s/架的水平。先进采煤国家安全高效工作面液压支架一般均配有电液控制系统,移架速度可达 6~8 s/架。我国综采工作面除一小部分进口液压支架配备电液控制系统外,绝大部分工作面尚未使用这种控制系统。天地玛珂公司采用德国技术,目前已生产出 PM31 电液控制系统,并在国内开始推广应用。

(三) 工作面刮板输送机

20 世纪 80 年代中期,我国刮板输送机基本形成槽宽为 730 mm 和 764 mm 两种系列,多种机型的生产格局。1994 年煤炭科学研究总院太原分院与西北煤机厂协作研制出日运输量 7 000 t 的 SG7880/800 型整体铸焊溜槽、交叉侧卸式刮板输送机。“九五”期间,煤炭科学研究总院太原分院分别与张家口煤机厂和西北煤机厂合作,研制出我国第一套具备可伸缩机尾调链装置的综放工作面配套输送机,即 SGZ960/750 型综放前部输送机和 SGZ900/750 型综放后部输送机及配套的转载机和破碎机,满足了兖矿集团日产 10 000~13 000 t 的生产需要。“十五”期间,兖矿集团有限责任公司、煤炭科学研究总院太原分院及西北奔牛实业集团有限公司共同研制了 SGZ1000/1200 型和 SGZ1900/1400 型长运距和高可靠性工作面前、后部刮板输送机。SGZ1200/1400 型长运距、高可靠性工作面前部刮板输送机是目前我国开发研制的功率最大、槽宽最宽、铺设长度最长的缓(倾)斜放顶煤综采工作面超重型刮板输送机,并首次采用自动伸缩机尾、液压马达紧链装置、调速型液力耦合器及紧凑链等国外先进技术,其主要指标及可靠性达到了 20 世纪 90 年代中期国际先进水平。

三、安全高效采煤方法发展前景展望

(一) 应用机电一体化、自动化和计算机智能化控制高新技术

应用机电一体化、自动化和计算机智能化控制等高新技术,工作面生产能力达到日产万吨以上。工作面主要设备包括:新型电牵引多电机驱动采煤机,总功率达 1 500~2 000 kW,装备了以微型电子计算机为核心的电控系统,采用先进的信息处理技术和传感技术,实现了机电一体化;液压支架普遍采用了微机电液智能化控制技术,工作阻力达 8 000~10 000 kN,移架速度达 6~8 s/架以上;工作面刮板输送机普遍采用可控启动和工况监测技术,输送能力一般为 2 000~3 000 t/h,顺槽转载机装机功率最大已达到 525 kW,具备自移功能;顺槽胶带输送机普遍采用液粘差速或变频调速及多电机功率均衡驱动技术,输送能力达到 2 000~3 500 t/h,输送距离达到 2 000~4 000 m。新型装备采用大功率传动技术、机电一体化技术及一系列先进结构,单机设备实时工况监测、故障在线诊断与预报、自动运行、信息储存和对外信息传输等功能;完成综采工作面自动化生产控制技术、网络化监测监控技术研究开发,总体达到国际 20 世纪 90 年代末期同类产品先进技术水平。

(二) 提高中厚煤层长壁综采工作面推进度

根据当前国际先进采矿设备能力,中厚煤层在装备大功率、高可靠性设备的基础上,提高工作面产量的关键是加快支架移架速度,提高工作面推进速度。借鉴国外经验,采用电液控制液压支架,工作面可实现跟机即时移架,提高工作面推进速度,初步估算 3 m 左右中厚煤层工作面产量可以实现年产 5.0 Mt 以上。对于中厚煤层综采工作面,配备大功率、高可靠性采运设备及高强电液控制液压支架,加大工作面尺寸是我国中厚煤层综采工作面进一步提高产量的主要途径。

(三) 大采高综采推广使用电液控制两柱掩护式支架

提高大采高工作面设备可靠性(根据美国学者研究成果,两柱掩护式支架更适于大采高综采)是进一步提高大采高工作面单产水平的主要方法。根据国内神东矿区大采高综采实践经验,在条件适宜煤层大采高综采工作面年产可达8~10 Mt。随着大采高综采技术与装备水平的提高,大采高综采将成为3.5~6.0 m厚煤层实现安全高效开采的重要途径。

(四) 大采高综放开采

综放工作面的产量在理论上具有超过大采高综采面的可能性。根据综放开采实践,限制综放工作面提高推进速度和产量的原因主要是工作面长度加大后,在顶煤厚度较大的情况下,工作面循环放顶煤时间长,严重制约工作面的推进速度,限制了工作面产量的进一步增大。为进一步提高综放工作面产量,国内有关学者提出采用大采高综放开采的思路。工作面采煤机割煤高度大于3.5 m的综放开采,结合综放工作面和大采高综采两种采煤方法优点。由于大采高综放工作面割煤高度加大,放煤高度相应减小,不仅可缩短放煤时间、提高工作面采出率,而且为工作面配备大功率后部输送机提供了空间,为工作面增加放煤口数量提供了保证。因此大采高综放开采可以有效地缩短工作面循环时间,加快工作面推进速度,是综放开采实现进一步高产的重要途径。根据当前工作面设备能力分析,在适宜的条件下,采用大采高综放开采可以在7 m以上厚煤层工作面实现年产煤炭10.0 Mt。

(五) 实现薄煤层工作面自动化开采

薄煤层安全高效采煤方法的发展方向主要是提高长壁工作面自动化程度。由于薄煤层工作面内作业困难,所以应提高薄煤层工作面采、支、运工序的自动化程度,减少工作面内的操作人员。薄煤层工作面刨煤机落煤比采煤机落煤易于实现自动化,由计算机控制的定量割煤刨煤机与配有电液系统的液压支架配套,是实现薄煤层工作面自动化开采重要的发展方向之一,工作面年产量可达1.0~2.0 Mt。

第二节 厚煤层安全高效综采放顶煤开采技术

一、概述

(一) 国外综采放顶煤技术的发展演变过程

放顶煤采煤法由来已久,早在20世纪40年代末和50年代初,法国、前苏联等国就开始使用放顶煤技术。20世纪70年代,法国玛雷尔公司研制出支撑掩护式放顶煤支架,英国道梯公司为前南斯拉夫维雷耶煤矿研制出掩护梁开天窗式双输送机放顶煤支架,前联邦德国赫姆夏特公司研制出多种放顶煤支架,匈牙利于20世纪70年代末研制出单输送机开天窗式放顶煤支架。这些放顶煤支架的出现和发展,推动了放顶煤开采设备及技术的发展和完善。通过数十年的实践,放顶煤开采技术逐步改进完善,已成为开采6~20 m特厚煤层有效方法之一。法国和前南斯拉夫开采特厚煤层效果显著,采煤工作面产量比传统式开采法翻了一番,工效提高2~3倍,掘进巷道和维护工程量减少50%以上。

(二) 影响国外综采放顶煤技术发展的几个因素

综采放顶煤技术在国外经过了数十年的试验和发展,尤其是在法国、前南斯拉夫和匈牙利等国取得了较好效果,但由于受各方面因素的影响,从20世纪80年代中期开始,其发展势头逐渐衰弱,工作面越来越少,目前仅有东欧极少数矿仍在使用。其主要原因有:

(1) 受客观条件的限制,适合放顶煤开采的煤层少。

(2) 受严格的安全规程和放顶煤技术自身弱点的制约,回收率、瓦斯、粉尘、防火等问题均未得到彻底解决。例如美国规定粉尘标准为井下最高允许浓度 2 mg/m^3 (一个工作班内),英国井下工作地点最高允许浓度为 11 mg/m^3 ,德国为 20 mg/m^3 。就目前的技术水平来说,综采放顶煤是很难达到这些安全规程要求的。

(3) 环境保护方面的要求。综采放顶煤势必导致地表严重塌陷,危及自然环境。西方国家非常重视这个问题,德国即便目前开采中厚煤层也仍要进行采空区充填。

(4) 传统综采的效益优势。西方主要产煤国家的中厚煤层一次采全高综合机械化采煤技术已成熟,安全、效益极好。

(三) 我国综放技术的发展历程

放顶煤开采技术在我国的发展进程可大致分为以下 3 个阶段:

第一阶段为探索试验阶段(1982~1990 年底)。我国从 1982 年开始研究引进综放开采技术,并于 1984 年 6 月在沈阳蒲河矿开始试验。1988 年 12 月,阳泉矿务局一矿开始试验掩护梁开天窗综采放顶煤工艺,取得了工作面月产 58 524 t、效率 25.1 t/工的好成绩。到 1990 年下半年,该矿 8603 工作面月产突破 10 万 t,比该矿分层综采工作面产量和效率高 1 倍以上,工作面煤炭回收率超过 80%,为放顶煤技术的发展打下了良好的基础。

第二阶段是成熟阶段(1990~1995 年)。它标志着我国综放开采技术走上了成熟的独立发展道路,不仅超过了分层综采的技术经济指标,并且在装备上特别是在放顶煤支架的研制上摆脱了完全靠引进国外技术的模式,取得了创新性的进展。1991 年研制出新一代低位放顶煤支架,实现了综放技术的重大突破,使综放技术在全国许多矿区开始推广使用。

第三阶段从 1995 年到现在,是完善提高阶段。这一阶段综放开采巨大的技术优势引起了广大煤矿企业的高度重视;对“三软”、“两硬”、“大倾角”、“高瓦斯”、“易燃”、“较薄厚煤层”等难采煤层的放顶煤开采技术有了长足的发展,并形成了各自的开采特色。兖州、潞安、阳泉等矿区的一批综放工作面的生产指标已超过国外,处于世界领先水平。

(四) 我国综采放顶煤技术取得的成就

1. 实现了低投入、高产出的安全高效

① 综放工作面能实现安全高效是带有普遍性的规律,与同等条件下的综采分层工作面相比,绝大多数综放工作面的产量和效率都可提高 1~3 倍;而工作面直接成本可降低 30%~50%。

② 有利于减少工作面数量,减少和简化生产环节,减少井上下辅助工人数,有利于矿井实现集中化生产。

③ 在实现安全高效的同时,降低了巷道掘进率,减少了资源的浪费。

2. 研制成功了适应综采放顶煤的系列架型

在综放开采技术发展的最初阶段,我国的放顶煤支架架型繁多,大多是模仿产品。其中既有仿制东欧的高位放煤支架,也有仿制西欧的多种类型中位及低位放煤支架。由于这些类型的支架存在一些严重的缺陷,在我国都没有得到发展。潞安矿务局和郑州煤机厂研制出的新一代低位放顶煤支架得到应用,并取得了很好的效果后,放顶煤支架架型才逐渐统一定型。以后又陆续研究出了几种新的低位放煤支架架型,形成了我国放顶煤支架自己的、也是国内外最好的支架系列。