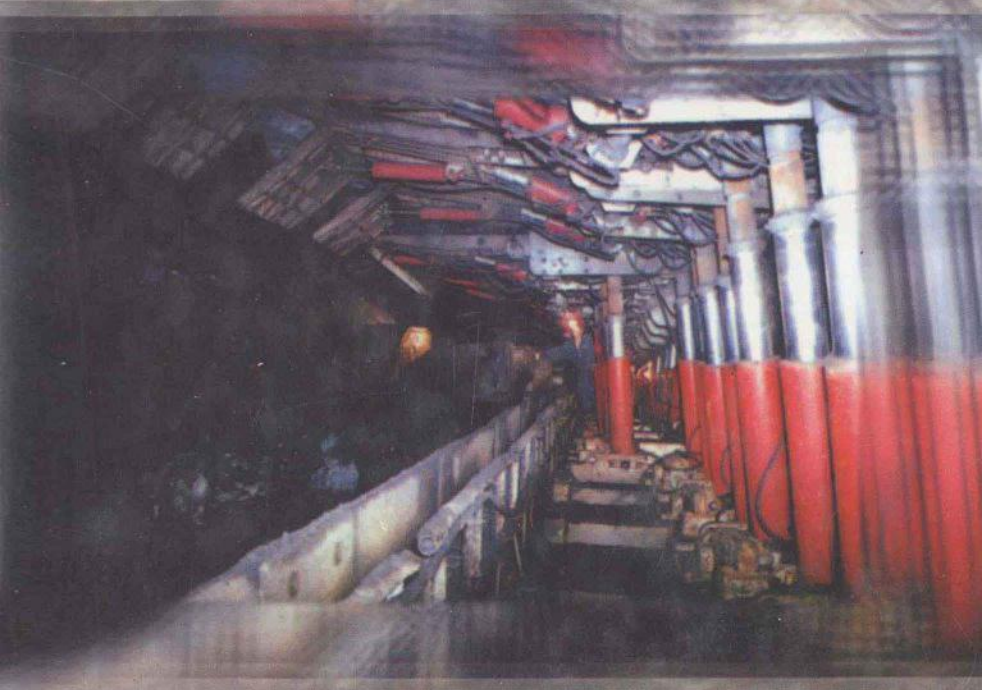


高产高效综采工艺技术

王希锁 编著



中国矿业大学出版社

高产高效综采工艺技术

王希锁 编著

中国矿业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

高产高效综采工艺技术/王希锁编著. - 徐州:中国矿业大学出版社, 2001. 2

ISBN 7-81070-261-0

I. 高… II. 王… III. 采煤综合机组-综合机械化掘进-技术 IV. TD 823

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 03199 号

中国矿业大学出版社出版发行

(江苏徐州 邮政编码 221008)

出版人 解京选

北京地质印刷厂印刷 新华书店经销

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ 印张 8 字数 210 千字

2001 年 2 月第 1 版 2001 年 2 月第 1 次印刷

印数 1~1000 册 定价 25.00 元

(如有印装质量问题,本社负责调换)

内 容 提 要

本书是作者根据自己多年从事生产技术管理的实践,并在广泛调查研究的基础上编著而成的。其内容包括综采工艺的基本理论、不同地质条件下的综采工艺特点、不同采煤方法的综采工艺特点、综采工艺特殊技术措施、综采工作面工艺设计、综采工艺方式的选择与发展,并以南屯煤矿为例,详细阐述了建设高产高效综采工作面的工艺技术经验,且在广泛调研的基础上,研究总结了具有代表性的 11 个煤矿建设高产高效矿井的经验及综采工艺特点,这些成果对具有类似条件的矿井在建设高产高效综采工作面方面具有宝贵的参考价值。

本书可供煤矿工程技术与管理人員、高等院校及科研院所的研究人員参阅。

责任编辑 刘社育

序 言

建设高产高效矿井是我国煤炭工业的发展方向。高产高效矿井建设是在工作面综合机械化水平不断提高及综采创高产的基础上进行的。我国在发展采煤机械化的进程中,始终坚持了以综采为发展方向,坚持综采机械化与掘进机械化并举,大力提高单产单进和工作面效率的思路,并取得了卓越成效。

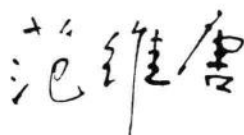
我国是 1974 年开始开发应用综采技术的。1976~1980 年的“五五”期间,是为大力发展采掘机械化、大面积推广综采作准备,开始了以 238 处矿井为重点的矿井环节改造;1981~1985 年的“六五”期间,开始组织综采年产 100 万 t 以上、机采年产 40 万 t 以上的创水平活动;1986~1990 年的“七五”期间,原煤炭工业部提出抓三件大事,建设现代化矿井是三件大事之一,而采掘机械化是现代化矿井建设的主要内容,采掘机械化程度分别由 1986 年的 49.74%、48.07% 提高到 1990 年的 65.10%、63.01%,分别提高 30.90%、31.10%;1991~1995 年的“八五”期间,在建设一批具有中国特色的现代化矿井的基础上,规划建设 100 个高产高效矿井,进一步推动了采掘机械化向前发展,特别是加速了我国综采设备的研制,并使其主要技术性能达到或接近国外同类产品 20 世纪 80 年代的先进水平;1996~2000 年的“九五”期间,是我国建设高产高效矿井的大发展时期,国有矿井扭亏增盈工作取得了较大进展,高产高效矿井不断涌现,到 1998 年,我国煤矿创百万吨水平综采队已有 101 个,1999 年,我国高产高效矿井达 92 处,创百万吨水平综采队有 71 个,最高工作面年产量达 505.78 万吨,综合机械

化水平已达 51.70%。这充分说明发展机械化采煤,走高产高效之路是煤炭工业的发展方向。

在众多的高产高效矿井之中,南屯煤矿立足实际,在改革采煤工艺的同时,积极引进具有世界先进水平的大功率综采设备,建设具有世界先进水平的高产高效工作面,在工艺技术改革和引进、使用、消化国内外综采设备方面进行了大量的研究与实践,为我国高产高效工作面建设竖起了一面旗帜。

本书作者正是抓住了“综采”这一煤炭工业发展的核心,从综采工艺技术的基本理论入笔,不仅详细阐述了综采工艺的规范技术和不同地质条件、不同采煤方法条件下的综采工艺特点,而且,以南屯煤矿建设高产高效综采工作面为范例,详细总结、论述了建设高产高效综采工作面的工艺技术条件和管理经验,并根据我国资源分布辽阔、地质煤层储藏条件差别较大的特点,介绍了 11 个高产高效矿井建设高产高效综采工作面的特点和经验,相信这些经验对以后我国高产高效矿井建设,特别是综采工艺技术的发展,具有一定的促进和借鉴作用。

衷心地祝贺本书的出版,并对作者善于总结、勇于创新的精神表示敬意。

A handwritten signature in black ink, reading '范维唐' (Fan Weisheng). The characters are written in a cursive, flowing style.

(中国工程院院士)
2001 年 2 月

目 录

绪论	(1)
一、世界主要采煤国家高产高效生产技术的发展状况	(1)
二、我国高产高效矿井及综采技术的发展现状	(10)
第一章 综采工艺基本理论	(17)
第一节 综采工艺的基本概念	(17)
第二节 单一走向长壁综采工艺	(21)
第二章 不同地质条件下的综采工艺特点	(42)
第一节 薄煤层综采工艺的特点	(42)
第二节 大采高综采工艺的特点	(48)
第三节 大倾角综采工艺的特点	(51)
第四节 综采面调斜和旋转工艺	(56)
第三章 不同采煤方法的综采工艺特点	(59)
第一节 分层开采的综采工艺特点	(59)
第二节 倾斜长壁综采工艺特点	(69)
第三节 放顶煤综采工艺特点	(75)
第四节 柱式体系采煤工艺特点	(81)
第四章 综采工艺的特殊技术措施	(86)
第一节 综采面过地质构造的技术措施	(86)
第二节 综采面的搬迁和安装	(91)
第五章 综采工作面工艺设计	(98)
第一节 综采工作面开机率	(98)
第二节 综采工作面的生产能力	(99)
第三节 综采工作面的合理长度	(100)
第四节 综采工作面作业规程的内容及编制步骤	(103)
第五节 综采工作面劳动组织形式的选择	(107)

第六章 综采工艺方式的选择与工艺技术的发展	(108)
第一节 综采工艺方式的选择	(108)
第二节 综采工艺技术的发展	(109)
第七章 南屯煤矿高产高效综采工艺	(118)
第一节 工作面设备的选型与配套	(118)
第二节 高产高效工作面综采工艺及参数确定	(129)
第三节 高产高效工作面综采工艺的优化	(132)
第四节 高产高效工作面的顶板控制	(142)
第五节 高产高效综采队的建设	(150)
第六节 高产高效综采面建设的主要成就	(165)
第八章 高产高效矿井综采工艺特例	(169)
第一节 大同燕子山煤矿综采工艺特点	(169)
第二节 平顶山煤业集团六矿综采工艺特点	(175)
第三节 铁法晓南煤矿综采工艺特点	(180)
第四节 晋城古书院煤矿综采工艺特点	(186)
第五节 兖州矿业集团东滩煤矿综采工艺特点	(190)
第六节 淮南市新集一矿综采工艺特点	(197)
第七节 潞安王庄煤矿综采工艺特点	(203)
第八节 潞安常村煤矿综采工艺特点	(210)
第九节 华亭县华亭煤矿综放工艺特点	(216)
第十节 邢台东庞煤矿综采工艺特点	(220)
第十一节 徐州矿务集团张双楼煤矿综采工艺特点	(225)
附录	(231)
附录一 高产高效矿井逐年建设情况编码表	(231)
附录二 1999 年度创水平综采队名单(71 个)	(239)
附录三 历年综合机械化采煤发展情况	(243)
附录四 1985 年~1999 年全国创百万吨水平综采队 当年最高及平均产量	(245)
参考文献	(246)

绪 论

一、世界主要采煤国家高产高效生产技术的发展状况

世界新技术革命的浪潮促进了煤炭科学技术的发展。发达国家在 20 世纪 70 年代实现综合机械化采煤的基础上,迅速向高产高效机械化、自动化的方向发展。在煤炭开采领域中研制使用了新一代生产技术装备,涌现了一批日产万吨的高产高效综采工作面,出现了一矿一面或两面的高度集约化生产模式。开采强度日益增大,生产战线大为缩短,矿井生产高度集中,人员大幅度减少,工效成倍提高。

纵观发达国家高产高效发展和经营状况,大致可分为两大类型:第一类有美、澳等国,煤田赋存条件好,综采发展历史较短,但矿井生产资金和技术投入大,生产状况好,设备新,技术水平高,矿井经济技术指标列世界前茅;第二类有德、英、波等国,煤田地质条件较复杂,开采深度大,矿井服役时间长,虽然综采使用历史较长,但技术装备更新慢,经营状况较差。

国外高产高效矿井的出现是与采煤工作面机械化程度、单产和效率的不断提高密切相关的。进入 20 世纪 80 年代以后,国外主要产煤国家,以坚固耐用、适应不同煤层地质条件的长壁采煤工作面液压支架、滚筒采煤机、刨煤机和可弯曲刮板输送机为基础,相继建成了一批现代化矿井,包括新建矿井和经过技术改造后的老矿井。这些矿井都是以综采、综掘为中心,实现全矿井生产系统的现代化。

国外建设现代化矿井的目的均以提高经济效益为主,并改善安全条件和生产环境。美国、英国、波兰、德国和澳大利亚的主要目标是提高矿井效率,提高经济效益。前苏联除了在开采条件好的矿井力求实现高产高效外,还主张在开采条件较差的矿井,也要实现现代化生产,以减轻体力劳动,改善井下作业环境和安全条件。

世界主要产煤国家,自从把有条件的老矿井逐步改造成为现代化矿井以及建设新的现代化矿井以来,煤炭工业的主要技术经济指标发生了显著变化。1990年世界主要产煤国家采煤机械化程度接近或达到100%(见表1),综合机械化所占比例达到80%~90%,其中德国100%、美国和澳大利亚的长壁采煤工作面矿井也是100%;采煤工作面单产大幅度提高,1990年平均工作面日产:德国1 803 t、美国4 160 t、澳大利亚5 733 t,工作面最高日产水平达到27 556 t(美国梅格斯矿,1991年12月),出现了一批年产超过1.0 Mt的工作面;矿井平均的采煤工作面工效普遍在10 t/工以上,如德国为27.3 t/工,美国和澳大利亚长壁综采矿井分别为206 t/工和171 t/工;在矿井总数不变或减少的情况下,矿井平均年产量大幅度增加,如1990年波兰2.114 Mt、德国2.585 Mt、美国长壁工作面开采的矿井为1.538 Mt(商品煤);矿井平均工效德国为5.008 t/工、澳大利亚为16.48 t/工,美国为18.55 t/工。

表1 1992~1993年世界主要产煤国家生产概况

国 别 分 类	美国	澳大利亚	德国	英国	中国	波兰
产量(亿 t)	9.1	2.3	3.5	0.8	11.5	1.3
职工人数(万人)	10.7	2.28	21.78	4.4	351	26
效率(t/工)	21.7	18.2	4.9	6.34	1.33	2.02
死亡率(人/Mt)	0.069	—	0.42	0.131	4.379	0.39
综合机械化(1992)	94%	—	100%	99.6%	15.44%	92.5%

由于长壁综采工作面单产的迅速增长,在美国和澳大利亚,采用长壁综采工作面生产的矿井,普遍形成为以 1 矿 1~2 个工作面生产的产量和效率很高的现代化矿井,其技术经济效果极为突出,引起全世界的极大关注,成为建设现代化矿井和矿井生产向现代化方面发展的又一个新的里程碑,一般称其为高产高效矿井。

世界主要产煤国家中,美国和澳大利亚的长壁工作面开采的矿井,可以说普遍都是高产高效矿井。例如,1993 年美国长壁工作面开采的矿井有 77 个,其中 61 个矿井为 1 矿 1 面生产,16 个矿井为 1 矿 2 面生产。93 个生产的长壁综采工作面调查资料,除 37 个工作面数字不全外,56 个综采工作面中,班产原煤最高 16 kt,班产 15 kt 以上的 3 个,(10~15) kt 的 10 个,(5~10) kt 的 31 个,有 46 个工作面达到日产 10 kt 以上,占 82%。即美国长壁综采工作面基本上是日产万吨的生产水平。澳大利亚 1989 年有 20 个长壁综采工作面,分布在 19 个矿井,除 1 个矿有 2 个综采工作面外,均为 1 矿 1 面生产,工作面平均年产原煤 1.19 Mt,有 15 个工作面最高日产超过 10 kt,最高日产 25 978 t,矿井效率 39.2 t/工。其他一些国家只有一部分矿井产量和效率达到比较高的水平,矿井效率也超过 10 t/工,但不及美国和澳大利亚,主要是因其煤层开采条件较差,矿井同时生产的工作面数目较多。

1. 美国矿井的产量和效率

美国煤炭总产量中井工开采产量所占的比重,自 1977 年以来均为 40% 左右。20 世纪 60 年代以前矿井开采以连续采煤机房柱式开采为主,矿井全员效率为 10 t/工左右。70 年代开始引起长壁工作面综合机械化采煤技术,但在 1978 年以前长壁开采产量占矿井产量的比例很小,均在 5% 以下。80 年代以来长壁综采的矿井迅速发展,长壁综采工作面数目在 100 个左右,其产量占矿井产量的比重不断上升,由 1980 年的 12.63% 增加到 1991 年的 38.27%,产量由 38.6 Mt 增加到 142.43 Mt,工作面平均年产

1.53 Mt商品煤。

美国的矿井生产长期以来以矿井效率高、数目多、单井产量较低为特点,只是随着长壁综采矿井的发展才出现一些产量和效率都很高的矿井。1990年长壁开采的矿井78处,平均产量1530 kt/a,平均矿井效率22.60 t/工。特别是80年代后期以来,在长壁采煤工作面数目没有增加并略有减少、年工作班数略有增加的情况下,工作面单产提高近1倍,致使矿井数目不到总数6%的长壁开采矿井产量占矿井总产量的30%以上。按半数工作面的抽样调查资料,采煤工作面平均效率80年代初为50 t/工左右,90年代初提高到200 t/工左右,最高的工作面效率达到646 t/工。1994年美国高产高效综采面平均长度达237 m,最长为333 m,工作面连续推进长度平均为2470 m,最大为4418 m,工作面最高月产量为495328 t商品煤(约合594212 t原煤)。1995年工作面平均长度为246 m,最长为335 m,工作面连续推进长度平均为2290 m,最长达4450 m,1995年12月创造了工作面最高月单产625745 t商品煤(约合750894 t原煤)的纪录。1996年4月又创造了月单产708840 t商品煤的最新世界纪录。

美国长壁综采工作面近10年的发展变化十分突出,单产水平和工效提高1倍以上,在世界主要产煤国家中处于遥遥领先的地位。

2. 澳大利亚矿井的产量和效率

澳大利亚从1984年起一直是世界上最大的煤炭出口国。煤炭产量中约2/3的硬煤和全部褐煤为露天矿开采。井工开采的硬煤煤田,主要是昆士兰州的博恩煤田和新南威尔士州的悉尼煤田,基本上是近水平和缓斜煤层,厚度从4~6 m到100~120 m,构造简单,断层少,埋藏浅。80年代初全国井工开采的矿井,以采用连续采煤机的房柱式和旺格威利采煤法为主,台班产量330 t左右,矿井平均全员效率10 t/工左右,引进设备采用长壁综合机械化采

煤方法的工作面只有 5~6 个,产量约占矿井产量的 7%~8%,平均班产量 1 000 t 左右,工作面平均日产 3 000 t 左右。近 10 年来,长壁综采工作面发展较快,数目增加,单产和效率明显提高。1989 年有 20 个长壁综采工作面,分布在 19 个矿井,工作面平均年产原煤 1.19 Mt,有 15 个工作面最高日产超过 10 kt,其中 7 个超过 15 kt,最高日产 25.978 kt。1990 年有 24 个长壁综采工作面,产量占矿井总产量的 51.4%。

澳大利亚长壁开采的矿井可以说都是高产高效矿井。为使综采产量持续增长,近几年来澳大利亚采取了一系列措施,包括改革劳动制度,采用各种新设备新技术,综采工作面优选世界各国最先进的重型高效装备,实现 1 井 1 面集中化生产,其生产情况和所达到的指标见表 2。

3. 世界其他国家矿井的产量和效率

世界主要产煤国家中,除美国、澳大利亚以外的其他国家,多年来以长壁工作面开采为主,矿井产量和综合机械化水平都比较高,有不少年产数百万吨以上的矿井。前西德、南非、英、法等国都创造过工作面日产万吨以上的高产纪录。前西德 1990 年综采工作面平均日产 3 409 t,比 1980 年提高了 33.32%;矿井全员效率平均为 5.008 t/工(商品煤,折原煤 9.469 t/工),比 1980 年提高了 49.05%。英国 1990 年综采工作面平均日产为 2 333 t,比 1980 年提高了 143.81%;矿井全员效率平均为 4.70 t/工(商品煤,折原煤 6.26 t/工),比 1980 年提高了 102.58%,使英国煤矿扭转了连续 40 年的亏损局面,实现盈利。部分国家典型现代化矿井情况见表 3,从中可见矿井产量很高,生产工作面数目较多,而矿井效率并不很高。

4. 国外高产高效矿井的主要特征

(1) 采用大功率、高可靠性、自动化的综采机组,发展高产高效综采工作面。美国 1994 年共有 80 个长壁工作面,其中有 70 个

表 2 澳大利亚长壁工作面开采矿井简况

指 标	矿 井		阿坪矿	南布利矿	尤兰 No2	西沃森德矿
	矿井设计生 产能力(Mt/a)	原 煤 商品煤				
可采含量(Mt)		149	1.87	2.70	8.0(含露天)	1.8
			1.85	1.93	6.0(含露天)	1.4
开采煤层厚度(m)		149	66.3	554	20	2.0~2.8
工作面长度(m)		2.5	2.3	10.0	132	296
矿井职工人数		196	183~200	200	238	1.748
1991 年 产量(Mt)	原 煤	1.833	2.390 9	-	2.202	1.462.5
	商品煤	1.793	1.734 6	-	5 187	4 340
人均产量 (t/a)	原 煤	4 313	3 718	-	三井三池	道梯 800 mm 350.225kW
	商品煤	4 219	2 698	9 411	道梯 1 050 kW	2 柱梁式
工作面 主要设 备型号	采煤机	EDW - 200L	三井三池	EDW - 450 /1000 - L	道梯 1 064 mm	道梯 2 柱梁式
	输送机	道梯 930 mm 2 × 373 kW	道梯 940 mm 750 kW	道梯 4 柱梁式	道梯 4 柱梁式	道梯 5/6 d
	液压支架	威斯伐利亚 4 柱梁式	道梯 4 柱梁式	道梯 4 柱梁式	道梯 4 柱梁式	道梯 5/6 d
每周工作日数及工作制度	备 注	6 d 三班 7 h	7 d 三班 8 h	5 d 三班 9 h	5/6 d 三班 7 h	

工作面是电液控制的工作面,占 87.5%,装备大功率电牵引重型采煤机组和大功率、大运量、高可靠性刮板输送机;工作面普遍使用两柱掩护式支架 73 套,四柱支撑掩护式支架 7 套,两柱掩护式支架占 91.25%,支架工作阻力大部分在(7 000~8 000) kN,最大的两柱掩护式支架工作阻力达到 9 800 kN。

高产高效综采技术的核心是工作面综采设备。近十年来,围绕提高设备生产能力和可靠性、改进操作性能等方面,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有了重大发展。

采煤机技术发展的一个突破是采用了多电机电牵引技术,大大简化了机械传动系统。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。现代先进采煤机的主要特点是:多电机交流变频调速或直流调速电牵引,牵引速度不断提高,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,现行 1 100 V 已不适应大功率采煤机的要求,美国目前常用电压为 2 300 V,部分工作面开始使用 4 160 V,英国、澳大利亚使用 3 300 V,法国使用 5 000 V,波兰使用 6 000 V,采煤机截深达到 1~1.2 m,积木式结构,各单元之间没有机械动力传动,简单可靠;滚筒自动导向,其实质是煤岩界面探测技术,它能自动确定煤岩界面,并据此自动调节滚筒截割高度;装备煤尘控制和故障诊断系统。

随着采煤机功率加大,产量提高,工作面刮板输送机也发展成为大功率、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,最大运输能力达 3 500 t/h,最大功率达 1 410 kW。表 4 中为几种国外先进刮板输送机的技术特征。

近十年来,液压支架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,设计方法更先进,参数向高工作阻力、大中心距(1.75 m、2 m)发展,结构件材料越来越

表 3 部分国家的典型现代化矿井情况

国别	矿井名称	设计生产能力 (Mt/a)	近年的实际产量 或生产水平	生产工作面数目 (个)	矿井效率 (t/工)	备注及其他
英国	塞尔比	10.0	1991年 6.7 Mt/a	8	10.70	1983年投产
德国	瓦尔朱姆	3.0	20 kt/d	4~5	6.25	
波兰	皮雅斯特	7.5	1985年 24 kt/d	19	1985年 3.2 1980年 4.0	1975年投产
俄罗斯	拉斯马德斯卡亚	7.5	7.0 Mt/a	8~12	1983年 5.31	1973年投产

表 4 工作面刮板输送机技术特征

	布朗公司	威斯特代利亚公司	麦柯公司	美国长壁公司
输送能力(t/h)	3 500	3 500	2 500~3 000	2 500~3 000
功率(kW)	1 411(3×640HP)	1 323(3×600HP)	1 125(3×510 HP)	1 125(3×510HP)
链规格(mm)	2×442, 双中链	2×442, 双中链	2×438, 双中链	2×438, 双中链
链速(m/s)	1.45	1.54	1.26	1.26
中部槽宽(mm)	1 000	1 000	1 000	1 000

越多地采用高强度钢材,例如屈服极限 69 MPa 以上的钢板,支架的寿命和可靠性要求大大提高,有些公司要求支架的耐久性试验循环加载次数达 50 000 次。支架的寿命达 14 a 以上。

液压支架技术上的另一重大突破是控制系统。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。

(2) 以长壁综合机械化开采为基础,实行大采区、大储量、集中生产。国外高产高效矿井是在长壁工作面综合机械化水平不断发展的基础上形成的。国外主要产煤国家的矿井,70 年代初采煤综合机械化程度为 30% 左右,80 年代初综合机械化程度和单产水平迅速提高。美、澳的长壁工作面开采矿井基本上使用综采。由 1990 年与 1980 年的工作面产量和效率指标对比可见:综采工作面的平均日产水平由(2~3) kt 提高到(8~10) kt,最高日产记录由 18 kt 提高到 27.556 kt;采煤工作面平均效率由 10~30 t/工提高到 100 t/工左右,最高效率达到 646 t/工。其中美国的长壁综采工作面平均单产由 1983 年的 916 t/班增加到 1990 年的 2 372 t/班,平均年递增 15%;工作面平均效率由 57 t/工增加到 206 t/工,平均年递增 20%。尽管短壁综合机械化采煤工作面和连续采煤机房柱式采煤方法也有取得高产高效的实例,但其潜力和发展前景都远不及长壁综采工作面。高产高效矿井的主体是以长壁综采为基础的矿井。

美、澳的长壁综采工作面,均实现大采区布置,储量大,有利于长期稳定的高产高效生产。美国 1991 年 40 个长壁工作面,平均长度 227 m,最大 301 m,采区长度平均 1 803 m,最大 4 117 m。澳大利亚 1989 年 7 个高产高效综采工作面,工作面长度平均为