



# 薄煤层高产高效 开采技术

BOMEICENGGAOCHANGAOXIAO  
KAICAIJISHU

袁树来 张立明 王克武

袁伟昊 闫作厚 张 力

编 著

煤炭工业出版社

TD823.25

2

# 薄煤层高产高效开采技术

袁树来 张立明 王克武 编著  
袁伟昊 闫作厚 张 力

昆明理工大学图书馆  
呈贡校区  
中文藏书章



03002128549

煤炭工业出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

薄煤层高产高效开采技术/袁树来等编著. --北京:  
煤炭工业出版社, 2011

ISBN 978 - 7 - 5020 - 3794 - 9

I. ①薄… II. ①袁… III. ①薄煤层采煤法 - 研究  
IV. ①TD823.25

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 010734 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](http://www.cciph.com.cn)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本 787mm × 1092mm<sup>1/16</sup> 印张 17<sup>3/4</sup>

字数 420 千字 印数 1—2 000

2011 年 3 月第 1 版 2011 年 3 月第 1 次印刷

社内编号 6604 定价 48.00 元

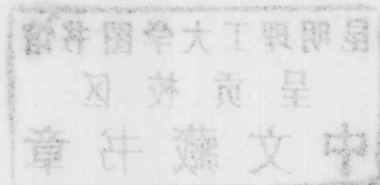
版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

## 内 容 提 要

本书在分析、研究、总结国内外薄煤层开采技术的基础上，重点阐述了薄煤层的定义及其分布、薄煤层开采的特点、薄煤层开采技术及发展趋势、薄煤层高产高效模式。主要内容包括缓倾斜、倾斜煤层炮采、高档普采、综采高产高效开采工艺，刨煤机、螺旋钻开采技术，连续采煤机柱式体系开采技术，急倾斜煤层开采方法，长壁开采方法等。

本书可供煤矿工程技术人员使用，也可供煤炭院校相关专业师生阅读、参考。



# 前 言

我国的煤炭资源丰富，储存量大，且赋存条件呈多样化。根据“十五”期间对全国97个统配局（矿）的统计，在全国95个重点矿务局中有80个局445处矿井赋存765个薄煤层。薄煤层和极薄煤层保有工业储量为9.83Gt，可采储量为6.15Gt，分别占全国煤炭总储量的16.9%和2.8%。其中，厚0.8~1.3m的缓倾斜薄煤层占73.4%，中硬以下的薄煤层层数占总层数的64.59%。但产量只占全国煤炭总产量的10%左右，而且这个比例还在呈逐步下降的趋势。

近年来，我国中厚煤层和厚煤层机械化采煤装备在不断发展，厚煤层采煤工艺也在不断进步，而薄煤层开采由于受技术条件和开采工艺的限制，经济效益相对较低，丢薄保厚的情况时有发生，因而造成采储比例失调，资源丢失，给煤炭工业的可持续发展带来了很大的隐患。

煤炭是不可再生资源，世界各国都在采取措施提高赋存煤炭的采出率。由于持续不断地开采和机械化程度的提高，煤炭的厚煤层及中厚煤层储量减少，薄煤层开采必然要列入议事日程。因此，薄煤层的开采技术已成为世界各国争相研究的采矿前沿课题。

为适应我国薄煤层高产高效开采的需要，我们编写了《薄煤层高产高效开采技术》一书。

本书在分析、研究、总结国内外薄煤层开采技术的基础上，重点阐述了薄煤层的定义及分布，薄煤层开采的特点，薄煤层开采技术及发展趋势，薄煤层高产高效模式。我们相信，本书的出版将有益于薄煤层采煤方法的创新和提高，有益于薄煤层先进采煤方法、采煤技术的推广和交流，有益于薄煤层采煤技术人才的培养和素质的提高，有益于发展高产高效薄煤层工作面和建设高产高效矿井。

本书在编写过程中，参考和摘录了有关薄煤层开采技术方面的著作、书刊、论文等资料，特此向编著者表示衷心的感谢！

由于编者水平所限，加之时间仓促，书中不当之处，敬请读者批评指正。

编 者

2011年1月于北京

昆明理工大学图书馆  
呈贡校区  
中文藏书章

# 目 次

1 概论 .....	1
1.1 薄煤层的定义及其分布 .....	1
1.2 薄煤层开采的特点 .....	3
1.3 薄煤层开采的必要性 .....	4
1.4 薄煤层采煤机械 .....	5
1.5 薄煤层开采技术及发展趋势 .....	7
2 缓倾斜、倾斜煤层爆破落煤高产高效开采技术 .....	22
2.1 爆破落煤工艺 .....	22
2.2 高产高效开采模式 .....	29
3 缓倾斜、倾斜煤层滚筒采煤机高产高效开采技术 .....	44
3.1 薄煤层滚筒采煤机 .....	44
3.2 滚筒采煤机高档普通机械化高产高效采煤工艺 .....	47
3.3 滚筒采煤机综合机械化高产高效采煤工艺 .....	56
4 薄煤层刨煤机开采技术 .....	129
4.1 刨煤机的结构及工作原理 .....	129
4.2 国产刨煤机在薄煤层中的使用情况 .....	131
4.3 引进刨煤机在薄煤层中的使用情况 .....	131
4.4 刨煤机采煤工艺特点 .....	135
4.5 刨煤机无人工作面开采 .....	138
4.6 与发展高产高效刨煤机综采相关的技术探讨 .....	146
4.7 薄煤层刨煤机高产高效开采模式 .....	171
5 螺旋钻开采技术 .....	189
5.1 螺旋钻机的种类及特点 .....	189
5.2 螺旋钻机采煤的开采方案 .....	192
5.3 采区准备 .....	196
5.4 螺旋钻机采煤的条件及评价 .....	199
5.5 螺旋钻开采应用实例 .....	199

<b>6 连续采煤机柱式体系开采技术</b> .....	205
6.1 连续采煤机发展概况 .....	205
6.2 连续采煤机的基本组成及其特点 .....	206
6.3 连续采煤机的主要技术特征 .....	209
6.4 连续采煤机的应用 .....	209
6.5 柱式体系采煤法类型 .....	215
6.6 薄煤层连续采煤机房柱式采煤法应用实例 .....	222
<b>7 急倾斜煤层开采方法</b> .....	229
7.1 煤锯采煤法 .....	229
7.2 刨运机 (AHⅢ型机组) 采煤法 (太平煤矿) .....	234
7.3 伪倾斜7字形柔性掩护支架采煤法 (原重庆煤炭工业公司 中梁山煤矿北井) .....	243
7.4 倒台阶垮落式采煤法 (原淮南矿务局九龙岗矿) .....	247
7.5 有超前小平巷的倒台阶垮落式采煤法 (原湖南省谭家山矿) .....	250
7.6 走向长壁全部充填综合机械化采煤法 (原北京矿务局大台矿) .....	253
<b>8 长壁采煤法</b> .....	257
8.1 走向长壁采煤法 .....	257
8.2 倾斜长壁采煤法 .....	266
<b>9 结语</b> .....	273
参考文献 .....	275

# 1 概 论

## 1.1 薄煤层的定义及其分布

### 1.1.1 薄煤层的定义

各国对薄煤层的定义差别很大,见表1-1。比利时规定煤厚在0.6 m以下的煤层为薄煤层,而保加利亚则规定煤厚在1.3 m以下的煤层为薄煤层,是比利时的2倍以上。我国煤炭工业技术政策规定:厚度在0.8~1.3 m的煤层称为薄煤层,0.8 m以下的煤层称为极薄煤层。

表1-1 世界范围内薄煤层埋藏情况一览表

地质参数	前苏联	美国	西班牙	英国	捷克斯洛伐克	波兰	哥伦比亚	法国	比利时	德国	中国	保加利亚	罗马尼亚
煤层定义	1.2 m			0.91 m	1.0 m			1.0 m	0.6 m	0.7 m	1.3 m	1.3 m	
煤层倾角	缓倾斜至急倾斜	近水平	0°~90°	0°~45°	0°~16°, 51%; 16°~36°, 34%; >36°, 15%	0°~10°, 39%; 10°~45°, 54%; >45°, 7%	水平至急倾斜	0°~20°, 47%; 20°~45°, 46%; >45°, 7%	0°~45°, 大部分0°~30°	0°~10°, 63%; 10°~20°, 9.5%; >20°, 27.5%	近水平, 69.7%; 10°~25°, 22.4%; >25°, 7.9%	10°~90°, 大部分<45°	50°~70°
煤层埋藏深度/m	300~1100	计算储量深度304.8	500	1100	400~600, 某些1000	0~800			275~1160	最大1200	大部分<200	150~300	
煤的强度	变化的	变化的		硬	硬				变化的	软, 但萨尔地区的硬			
煤层顶板	6.4%为砂岩, 8.0%为石灰岩, 其余为页岩	一般均坚固, 常有板岩	坚固变化	页岩		砂岩。裂隙和砾岩	变化的		全部是砂岩、页岩	页岩, 在薄煤层为砂质页岩		硬砂岩	
煤层底板	大部分为泥页岩	中等坚固	坚固变化	大部分为黏土		同顶板			页岩及砂岩, 性质好	页岩砂页岩			



表 1-1 (续)

地质参数	前苏联	美国	西班牙	英国	捷克斯洛伐克	波兰	哥伦比亚	法国	比利时	德国	中国	保加利亚	罗马尼亚
水	大部分干,但有湿的	当开采上部排水地层时相当干	变化的	大部分干					未遭破坏	大部分干			干
断层	一般未遭破坏	一般未遭破坏	遭到严重破坏	除Wales及Scotland基本未破坏	破坏严重		遭破坏		变化	基本未破坏	遭破坏	严重破坏	严重破坏
层理	大部分很明确	不明确		大部分很明确		大部分很明确	变化	大部分很明确		大部分很明确			不明确
自然发火危险	程度不一	程度不一		薄煤层中危险性小			危险性小			程度不一		危险性小	
瓦斯	渗透性不一	渗透性低	渗透性低	大部分含瓦斯	全含瓦斯	大部分含有瓦斯	大部分不含瓦斯	大部分含瓦斯		低渗透性	部分含瓦斯	部分含瓦斯	大部分含有瓦斯
煤质	炼焦煤	大部分为低硫炼焦煤		大部分为炼焦煤	高质量炼焦煤				无烟煤	炼焦煤		无烟煤	炼焦煤

1.1.2 薄煤层储量及分布

薄煤层分布很广泛,但凡有丰富厚煤层的国家,都赋存有薄煤层。

我国薄煤层资源丰富,且分布广泛。在已探明储量中,84.2%的矿区有薄煤层分布。根据“十五”期间对全国97个统配局(矿)的统计,在全国95个重点矿务局中有80个局445处矿井赋存765个薄煤层。薄煤层和极薄煤层保有工业储量为9.83 Gt,可采储量为6.15 Gt,分别占全国煤炭总储量的16.9%和2.8%。其中,厚0.8~1.3 m的缓倾斜薄煤层占总层数的73.4%,中硬以下的薄煤层占总层数的64.59%。煤层厚度、煤层倾角与储量分布统计见表1-2,煤层厚度、煤层硬度与煤层分布统计见表1-3。

表 1-2 煤层厚度、煤层倾角与储量分布统计表 (占有率)

%

煤层厚度/m	煤层倾角/(°)					
	<18	18~25	25~35	35~45	45~55	>55
<0.8	8.02	1.55	2.17	1.04	0.46	0.52
0.8~1.3	61.13	12.27	6.34	3.86	1.47	1.17

表 1-3 煤层厚度、煤层硬度与煤层分布统计表

煤层硬度	0.8 ~ 1.3 m 煤层				< 0.8 m 煤层			
	层数		可采储量		层数		可采储量	
	层	%	10 <sup>4</sup> t	%	层	%	10 <sup>4</sup> t	%
松软、软、较软	111	20.90	128997	14.73	43	8.10	26312	3.00
中硬、较硬	232	43.69	256462	29.27	79	14.88	30628	3.50
硬、坚硬	55	10.36	431354	49.24	11	2.07	2268	0.26

我国薄煤层主要分布在河南、山西、河北、山东、四川、贵州、吉林、辽宁、安徽、内蒙古等省区，其中西南省区薄煤层储量所占比重较大。我国部分省区薄煤层储量见表 1-4。

表 1-4 我国部分省区薄煤层储量统计表

地 区	储量/10 <sup>8</sup> t	储量所占比重/%
河 北	3.27	16.8
山 西	13.81	17.6
内 蒙 古	1.9	15.0
辽 宁	1.98	12.9
吉 林	0.65	18.3
江苏徐州	1.78	34.0
山 东	5.84	43.9
江苏大屯	1.15	31.6
湖 南	0.41	28.9
贵 州	4.64	37.2
河 南	5.24	12.3
四 川	14.8	51.8

## 1.2 薄煤层开采的特点

薄煤层由于其开采厚度较小，与中厚及厚煤层相比，开采主要存在以下特点：

(1) 煤层薄、采高低、煤质硬、劳动效益低。煤层厚度多在 1.3 m 以下，并且煤层硬度多大于 3~4，使得人员进入或在工作面内作业及设备移动都十分困难，采煤机经常需要挑顶或割底，机电事故增多，工作面内的工作条件差。劳动强度大，煤质相对较硬，炸药、截齿、刨刀的吨煤消耗量较大，回采成本较高。

(2) 采掘比例大、掘进率高，采掘接替紧张。随着刨煤机、螺旋机等设备的投入，工作面推进加快，而回采巷道多为半煤岩，综掘设备难以投入，爆破时不能一次全断面爆破，煤矸分装，掘进速度慢，造成工作面接替紧张。

(3) 煤层的厚度、角度变化，以及褶曲、断层等构造对采煤方法影响很大。薄煤层地

质条件及赋存状况较复杂，如有褶曲或断层就很难布置巷道，掘进送面时需提前圈开切眼，致使工作面缩短，采出率降低；或者回采时搬家需重新送开切眼，使采出率降低，很难有效益。

### 1.3 薄煤层开采的必要性

由于薄煤层开采难度大，经济效益低，所以存在着配采比失调、采厚丢薄的现象。1985—1997年国有重点煤矿薄煤层开采情况见表1-5。由表1-5可知，国有重点煤矿中薄煤层回采煤量的比例总的趋势是下降的，特别是在1993年以后，国有重点煤矿开展建设安全高效矿井活动，机械化、综合机械化生产的比例不断上升，综合机械化生产煤量不断上升的同时，薄煤层回采煤量所占比例却不断下降，而且薄煤层工作面的平均月产量也是下降的，这说明在国有重点煤矿对中厚煤层进行综合机械化开采的同时，薄煤层综合机械化开采的问题没有解决或基本没有解决。

表1-5 1985—1997年国有重点煤矿薄煤层开采情况统计表

年度	国有重点煤矿总回采煤量/ $10^4$ t	国有重点煤矿中薄煤层回采煤量/ $10^4$ t	薄煤层回采煤量占总回采煤量比例/%	薄煤层工作面个数/个	薄煤层工作面平均月产量/ $(t \cdot 月^{-1})$
1985	32841	4036	12.29		
1986	33543	3817	11.38		
1987	34089	3826	11.22		
1988	35036	3643	10.40		
1989	36782	4185	11.38		
1990	38086	3592	9.43		
1991	38704	3499	9.04		
1992	38105	3163	8.30		
1993	35901	3522	9.81	277.26	10586
1994	36998	3178	8.59		
1995	37404	3496	9.35	285.04	10221
1996	39232	2873	7.32	258.12	9276
1997	38683	2602	6.73	237.14	9144

大同煤矿集团公司现主要开采侏罗系煤层，在剩余的 $10 \times 10^8$  t可采储量中，薄煤层储量约占20%。而薄煤层产量仅占总产量的2%左右，造成部分储量蹬空弃采。

铁法矿区煤炭储量为 $22.59 \times 10^8$  t，占辽宁省煤炭总储量的1/3以上，1.5 m厚以下的薄煤层储量为 $6.2 \times 10^8$  t，占矿区总储量的27%，其中小青矿井薄煤层比例已高达73.57%，从铁法矿区开采程序来看，现各矿主要开采条件较好的为4、7煤层（属于中厚煤层），而4、7煤层的储量逐年减少，下部的8、9煤层及下组煤（煤层厚度均在1.5 m以下）急需开采。

西山煤电股份有限公司马兰矿是国有重点煤矿，储量丰富，主要可采和局部可采煤层较多，其中02煤层为薄煤层，煤质好，属于优质肥煤，现02煤层开采区域的煤层厚度一般为1.0~1.3 m。

枣矿集团随着开采量的增加，厚煤层及中厚煤层储量日趋减少，厚0.8~1.6 m的薄煤层工业储量为264.593 Mt，可采储量为198.18 Mt，薄煤层产量占总产量的1/3左右。

新汶矿区截至2003年底工业储量为 $6.5 \times 10^8$  t（老区），可采储量为 $3.8 \times 10^8$  t。其中，薄煤层工业储量为 $2.7 \times 10^8$  t，可采储量为 $1.6 \times 10^8$  t，分别占工业储量和可采储量的41.5%和42.1%。薄煤层共分6层，分别是6、7（局部可采）、9（局部可采）、13、15、16煤层。

淄博集团岭子矿属于主采薄煤层的矿井，薄厚煤层储量比为1:0.8。有3层煤属于薄煤层。

平顶山矿区煤炭资源丰富，但煤层构造较为复杂，在平煤集团现有储量中，1.5 m左右的较薄煤层约占 $8 \times 10^8$  t，分别在集团公司的4对矿井中。

阳泉集团是我国最大的无烟煤生产基地，位于沁水煤田东北部，矿区横跨山西省东部平定、昔阳、寿阳等六县，总面积为1408 km<sup>2</sup>，现有6个矿、11对生产矿井，开采二叠系下统山西组、石炭系上统太原组煤层，共含煤16层，主开采3、12、15煤层，其中生产区的一矿、二矿、三矿、四矿井田范围内普遍赋存12煤层，该煤层分布广泛，煤层平均厚度约为1.3 m，是阳泉矿区唯一可采的薄煤层，为阳泉集团的主采煤层。

徐州矿业集团公司卧牛矿于1962年投产，经过40多年的高强度开采，矿井资源趋于枯竭，厚及中厚煤层基本开采完毕，主采煤层为20煤层，平均厚度为0.8 m，煤层倾角大，构造复杂。

四川华蓥山广能（集团）李子垭煤业公司主采K<sub>1</sub>煤层，该煤层包括2层煤，平均厚度分别为1.0 m和1.28 m，属于薄煤层。

河北金牛能源股份有限公司显德旺矿于1982年投产，井田主采1、2、9煤层，随着1、9煤层的大规模开采，薄煤层的比例迅速上升。1、2煤层厚度在1.6 m以下的可采储量占实际可采储量的80%以上，煤层厚度小于1.3 m的煤炭储量占实际可采储量的45%。

兖州矿区薄煤层储量占总储量的41.8%，现9对生产矿井中有3对是薄煤层矿井，其余矿井未来都将转入开采下组薄煤层。

上述分析表明，我国薄煤层分布广泛，具有经济开采的价值。一些矿区随着中厚煤层的不断开采，薄煤层储量占据的比例将相对增加，薄煤层若不能及时合理开采，必然造成煤炭资源浪费，缩短矿井服务年限，影响矿井可持续发展。

## 1.4 薄煤层采煤机械

按落煤设备分类，薄煤层采煤机械可分为链式截煤机、螺旋钻采煤机、刨煤机、滚筒采煤机4种，其中刨煤机和滚筒采煤机最为常用。

### 1.4.1 链式截煤机

利用安装在循环运动截链上的截齿深入煤壁截煤，工作机构为安装在截盘导向槽中截链上的截齿，只能在煤体内割出一条高120 mm的截槽。截割粉尘大，单位能耗大，使用范围较小，主要用在截煤机及其工作机构配合的辅助截割中。

#### 1.4.1.1 适用条件

链式截煤机主要用于煤层厚度在 0.5 m 以下、煤层倾角为 25° 以下、煤层硬度  $f \leq 4$  的极薄煤层开采。目前多用于一般中小型煤矿井下缓倾斜极薄复合煤层回采工作面掏槽落煤, 是中小型煤矿机械化采煤的一种机械落煤装备, 如图 1-1 所示。



图 1-1 链式截煤机

#### 1.4.1.2 工作原理

截煤机属锯削式采煤机, 靠安装在循环运动的截链上的截齿深入煤壁截煤。

#### 1.4.1.3 回采工艺

多采用“截出推”循环方式, 即每班各截割掏槽一刀, 其余时间出煤、支护、铺溜, 另一班打密集支柱、放顶。

#### 1.4.1.4 使用情况

20 世纪 50 年代, 淄博洪山矿开始引用苏式截煤机掏槽开采。

四川矿务局 1979 年前主要采用截煤机进行薄和极薄煤层开采, 20 世纪 80 年代后开始转入采用薄煤层滚筒采煤机进行薄和极薄煤层开采。

国内湖北省较多用截煤机开采极薄煤层。如荆门市锅底坑煤矿在 20 世纪 90 年代初开始采用截煤机进行极薄煤层开采。

目前湖北省荆门市宝源广得资源有限公司采用截煤机, 配备刮板输送机和单体支柱, 在 350 mm 极薄煤层中实现了机械化开采。

#### 1.4.2 螺旋钻采煤机

采煤机布置在顺槽中向一帮煤层打钻, 钻头割煤, 螺旋钻杆掏煤, 煤直接落在顺槽的刮板输送机上运出, 可以实现无人开采如图 1-2 所示。

工作机构是螺旋钻具, 由钻头和成对的螺旋钻杆组成 (图 1-3)。钻具可安装 2~4 个钻头, 平行钻进 2~4 个钻孔, 并能部分破碎钻孔间煤柱。

对于一些用传统采煤工艺不能开采的极薄煤层、“三下”采煤、煤柱回收、解放层开采和高瓦斯矿井, 该采煤机械很是有用。

1998 年我国从乌克兰等独联体国家引进两台螺旋钻采煤机在徐州韩桥矿井下试验, 近年新汶 (潘西矿、南冶矿)、韩城、霍州及山东地方崖头矿采用该设备进行薄煤层开采尝试。

#### 1.4.3 刨煤机

刨煤机综采设备结构简单、配套性好、事故率较低, 适于开采厚度较小且地质条件变化不大的煤层, 开采下限通常为 0.6 m, 如图 1-4 和图 1-5 所示。

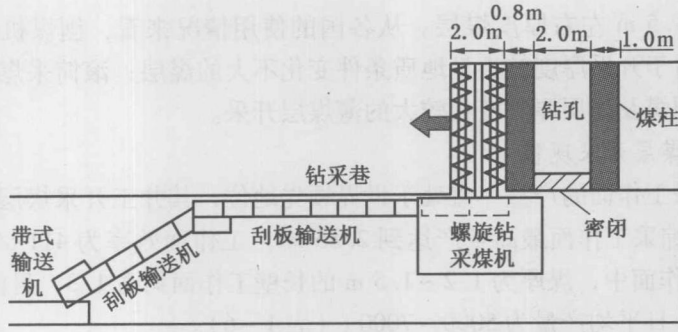
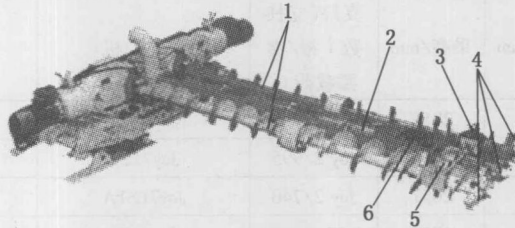


图 1-2 工作面设备布置示意图



1—螺旋钻杆；2—中间通风管；3—轴承座；4—钻头；5—变速器；6—控制箱

图 1-3 螺旋钻采煤机

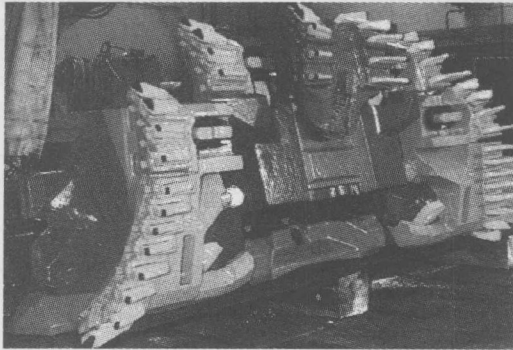


图 1-4 滑行刨煤机

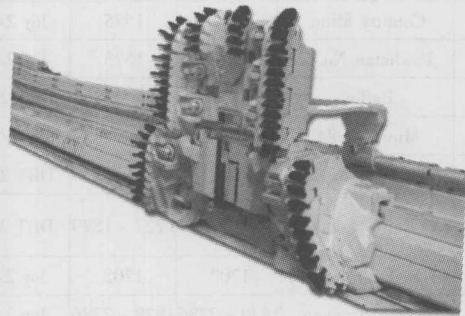


图 1-5 加装撑板的滑行刨煤机

#### 1.4.4 滚筒采煤机

滚筒采煤机综采设备对地质条件适应能力强，适应于硬煤及煤层厚度变化较大的薄煤层开采，开采下限通常为 1.2 m。

### 1.5 薄煤层开采技术及发展趋势

#### 1.5.1 国外薄煤层开采技术及发展趋势

美国、英国、德国等主要采煤国，薄（0.8~1.3 m）和较薄煤层开采（1.5~2.2 m）均占有较大比例。

英国和美国主要采用滚筒采煤机进行长壁式开采，德国、法国、俄罗斯和比利时等国广泛采用刨煤机，其中以德国研制和使用刨煤机的时间最长，技术水平最高。目前，澳大

利亚正准备开采 1.5 m 左右厚度煤层。从各国的使用情况来看,刨煤机综采设备工作安全、块煤率高,适于开采厚度较小且地质条件变化不大的煤层;滚筒采煤机对地质条件适应能力强,适于硬煤及煤层厚度变化较大的薄煤层开采。

### 1.5.1.1 美国薄煤层开采现状

美国长壁综采工作面的产量一直处于世界领先地位,其井工开采煤层厚度不大,煤厚在 1.3 ~ 2.0 m 的综采工作面最高年产达到 2.86 Mt,工作面效率为 411 t/工。据统计,全美 50 多个综采工作面中,煤厚为 1.2 ~ 1.5 m 的长壁工作面约占 1/3,目前约有 26 个薄和较薄煤层工作面,日平均产量为 5000 ~ 7000 t (表 1-6)。

表 1-6 美国 1~1.9 m 薄煤层综采设备及产量表

序号	煤矿名称	层厚/mm	采高/mm	支架(立柱数 1 根/支撑载荷 t)	采煤机	刮板输送机 电机功率/kW	产量/ Mt
1	Blue Creek No. 4	1803	2819	Joy 2/995	Joy7LS2	JWR TIB 3 × 600	3.1
2	Blue Creek No. 5	1880	2616	Joy 2/995	Joy7LS2	JWR TIB 3 × 600	1.5
3	Blue Creek No. 7	1600	2057	Joy 2/740	Joy7LS1A	JWR TIB 3 × 600	2.3
4	Oak Grove	1524	1829	DBT 2/800	Joy7LS1	JWR TIB 3 × 800	1.5
5	Galatia	1524	1524	Joy 2/750	Joy7LS2	JWR TIB 2 × 700	6.5
6	Monterey No. 1	1524	1829	Joy 2/620	Joy7LS1	JWR TIB 3 × 800	3.1
7	Rockhouse	1219	1981	Joy 2/1280	Joy7LS1A	JWR TIB 2 × 1000/1 × 800	0.2
8	Century Mine	1575	1575	Joy 2/680	Joy7LS1A	JWR TIB 2 × 800 890	5.8
9	Powhatan No. 6	1575	1575	Joy 2/680	Joy4LS9	JWR TIB 3 × 800 890	4.5
10	Bailey	1575 ~ 1829	1575 ~ 1829	DBT 2/880	Joy7LS2 EickhoffSL300	Trinity TIB 2 × 750/1 × 800	10.1
11	Mine No. 84	1778	1575 ~ 1829	Joy 2/1020	Joy4LS9	DBT TIB 3 × 1000	4.0
12	Emerald No. 1	1829 ~ 2134	1829 ~ 2134	DBT 2/924	Joy7LS2	DBT TIB 3 × 1000	5.8
13	Enlow Fork	1727 ~ 1829	1727 ~ 1829	DBT 2/740	Joy7LS2 Joy4LS9	Trinity TIB 3 × 800	10.2
14	High Quality (idel)	1702	1702	Joy 2/800	Joy4LS2	Joy TIB 2 × 600	1.8
15	Dugollt Canyon	1829 ~ 2286	1829 ~ 2286	Joy 2/620	Joy7LS2	Joy TIB 2 × 700	3.8
16	Buchanan	1524 ~ 1930	1524 ~ 1930	DBT 2/1024	Joy7LS1A	Joy TIB 3 × 800	4.4
17	Virginia Pocahontia No. 8	1524 ~ 1575	1651	DBT 2/882	Joy4LS9	Joy TIB 600/700/725	1.5
18	Aracoma	1219	1981	Joy 2/1280	Joy7LS1A	Joy TIB 2 × 1000/1 × 800	2.3
19	Harris No. 1	1524	1778	DBT 2/815	Joy7LS1	Joy TIB 3 × 700 890	3.1
20	Justice (Massey)	1219	1981	Joy 2/875	Joy7LS1A	Joy TIB 2 × 1000/1 × 800	0.9
21	Mcehoy	1524 ~ 1651	1524 ~ 1651	DBT 2/882 DBT 2/880	Joy4LS9 Joy7LS1A	Longwall TIB 3 × 800	8.4
22	Mountaineer Alma	1219	1676 ~ 1829	DBT 2/800	Joy7LS2	Joy TIB 3 × 700	2.1
23	Pinnacle No. 5	1219 ~ 1372	1219 ~ 1270	DBT 2/650	DBT9 - 38 Ve2.7 Plow1080	DBT TIB 2 × 800	1.8
24	Shoe maber	1524 ~ 1676	1524 ~ 1676	DBT 2/790	Joy4LS9	DBT TIB 3 × 750	3.7
25	Speed Mining	1219	1524 ~ 1676	DBT 2/1280	Joy7LS1A	DBT TIB 3 × 1200	
26	Upper Big Branch	1524	1981	Joy 2/1280	Joy7LS1A	Joy TIB 2 × 1000/1 × 800	2.8

美国薄煤层长壁工作面广泛采用滚筒采煤机开采。选用大功率采煤机及其配套设备(输送机内槽宽 $>1\text{ m}$ ),采用切割矸石的办法加大采高,实际采高控制在 $1.5\text{ m}$ 以上,部分工作面采矸率达 $1/3$ 。

目前美国仅有一个刨煤机工作面,即美国钢铁公司的 Pinnacle 50 号矿井(U. S. Steel Mining Co. Pinnacle No. 50)。该矿位于山区,埋深为 $160\sim 417\text{ m}$ ,开采 3 号煤层,煤层厚度为 $1.2\sim 1.4\text{ m}$ ,工作面长度为 $325\text{ m}$ ,采用 Y 型通风,采用 DBT 9-38Ve2.7 Plow 1080 型刨煤机,年产量为 $1.8\text{ Mt}$ 。

#### 1.5.1.2 德国薄煤层开采现状

煤层厚度集中分布在 $1.0\sim 4.8\text{ m}$ 之间,分别采用滚筒采煤机和刨煤机开采。刨煤机开采薄煤层,滚筒采煤机开采厚煤层。

井工矿全部为长壁式开采,开始利用地面遥控的方式进行自动化开采,薄煤层工作面产量高达 $1\times 10^4\text{ t/d}$ 。

德国薄煤层开采特点如下:

- (1) 埋藏深。煤层平均埋深在 $1000\text{ m}$ 左右。
- (2) 工作面数量少。一个矿井最多有三个工作面。
- (3) 走向较长。走向长度一般在 $2000\text{ m}$ 以上。
- (4) 工作面长。刨煤机工作面长度一般为 $300\sim 400\text{ m}$ 。
- (5) 功率大。刨煤机最大功率高达 $1600\text{ kW}$ 。
- (6) 支护强度高。液压支架支护强度均在 $0.75\text{ MPa}$ 左右。
- (7) 自动化程度高。普遍采用刨煤机进行自动化开采。
- (8) 产量高。薄煤层工作面平均产量为 $7000\text{ t/d}$ 。

#### 1.5.2 国内薄煤层开采技术及发展趋势

我国薄煤层的开采经历了以下几个发展阶段。20 世纪 50 年代薄煤层开采主要采用炮采工艺。60 年代开始使用深截煤机掏槽,爆破落煤。70 年代薄煤层机组得到较大发展,分别研制出不同类型的刨煤机,包括钢丝绳牵引刨煤机、全液压驱动刨煤机和刮斗刨煤机等;1974 年研制成功 BM-100 型薄煤层滚筒采煤机。90 年代,天府矿务局和徐州矿务局分别从俄罗斯和乌克兰引进螺旋钻采煤机。2003 年新汶矿业集团也引进两台三钻头的螺旋钻采煤机,使一些采用传统采煤工艺不能开采的薄煤层、极薄煤层得到有效开采利用。

##### 1.5.2.1 爆破落煤开采技术沿革及发展趋势

我国 20 世纪 50 年代初革新采煤方法,即推行长壁式采煤法。采用煤电钻打眼爆破落煤和刮板输送机运煤,并组织正规循环作业,从而提高了薄煤层回采工作面的产量,改善了技术经济效果。在这个基础上,从 1952 年起引进了苏联的技术经验和装备,如 KW II-1 型截煤机,CKP-11 型、CKP-20 型及 CKP-30 型等刮板输送机,从而加速了我国长壁采煤体系的建立,促进了采煤方法的全面改革,改变了矿井的技术面貌。

爆破落煤工艺的发展过程,也是回采工作面技术和装备不断革新的过程,即由人工手锤打眼、风镐落煤转变为煤电钻打眼,由轻型输送机发展到 SGWD 型、SGW 型等可弯曲输送机,由木材支护发展到摩擦式金属支柱、金属铰接顶梁、单体液压支柱和切顶支柱(墩柱),由单一硝铵炸药和瞬发电雷管发展到多种煤矿炸药和毫秒电雷管。在发展多种爆破技术的同时,不断改进爆破工作面的相应装备,如发展高性能的发爆器,从一次发爆雷管



30 发逐步发展到 200 发,增大工作面输送机及其传递装置的功率,从 11 kW 发展到 264 kW,加强了中部槽结构和中部槽连接强度,以及垂直、水平方向弯曲的可靠性能,中部槽宽度从 300 mm 发展到 630 mm,加大了运输量,且改善了爆破装煤的辅助装置。从而研制成适应不同使用条件的输送机系列,用以增大爆破装煤、运煤能力。此外,还研制了适用不同煤层及其顶板性质的各种金属顶梁、炮采液压支架,从而改善了爆破回采工作面的顶板支护状况。这些不断更新的技术装备有力地推动了爆破采煤工艺的不断进步,使薄煤层炮采工作面生产能力日益提高。

山东省兖矿集团北宿煤矿在煤层不到 1 m 厚并含硬矸和硫化铁结核的条件下,依靠科技进步发展生产,从 2000 年起逐年保持单产 0.6 Mt 水平的采煤队一个,矿年产 1.0 Mt,回采效率达 17.49 t/工,煤炭采出率达 98.11%,被列为全国煤炭行业“六个创新”之一,连续多年被中国煤炭工业协会命名为高产高效矿井和全国薄煤层“双高”建设示范矿井,是 100 家被命名的高产高效矿井中唯一的一座薄煤层矿井。山东兖矿集团北宿煤矿的业绩引起了人们对薄煤层开采的重新思考。权威专家在评审该矿科技进步全国煤矿二等奖的时候认为:“全国已探明薄煤层的可采储量约为 8 Gt,占总储量的 18%,北宿矿的经验独树一帜,价抵黄金”。

#### 1.5.2.2 普通机械化开采技术及发展趋势

随着采煤机械化装备的发展,我国薄煤层工作面的采煤工艺也得到了相应变化和发 展。普通机械化采煤工艺是在爆破采煤工艺基础上发展起来的,两者最大的区别就在于落煤和装煤这两项关键性的工序有了根本性的变革。20 世纪 50 年代初,在爆破落煤的采煤工艺中,尽管运煤装备的性能和效果还不够好,但工作面运煤已经实现了机械化,以后再 把截煤机改装成截装机时,虽然机器的结构本身只做了某些小的改进,但在装煤工艺上,却有了大的变革,用截盘把 40% 左右的煤装入输送机槽运走,其余煤用人工装入输送机。这就是我国机械化装煤工艺的雏形。

使用 MLQ-64 型固定滚筒采煤机组(包括改装机)以后,装煤工序有所简化,机装 比重加大。但是由于装煤犁本身的缺陷,装煤效率还不高,仍需要一定的劳动力来清理机 道浮煤。上述两种采煤机械都需用钢丝绳牵引,都有拉大绳、拴绳头这一繁重的劳动工 序,即采煤机载下口准备往上割煤时需要把机器绳筒内的钢丝绳先拉出,再把绳头套在前 方固定柱上,才能牵引机器割煤和装煤,由于绳筒容量有限而工作面长,就需一段段地 向前捣移;此外,这种原始的滚筒采煤机只能正向割煤,不能反向割煤,同时其采煤工艺 是单向作业的,与康拜因作业工艺基本相同。

在采用 MLQ-10 型单摇臂滚筒采煤机和变钢丝绳牵引为锚链牵引之后,上述工序才 有了根本性的改变。能用摇臂调高的螺旋滚筒和带有上、下翻转的弧形挡煤板使割煤和装 煤效率大为提高,同时牵引链紧固在工作面输送机机头、机尾架上,使整台采煤机能攀沿 牵引链方便地沿工作面往返割煤和装煤,取消了拉钢丝绳和移设固定柱的工序,也改变了 只能单向作业的工艺,再加上用齿条式或油压式千斤顶推移输送机,从而使落煤、装煤、 运煤和移刮板输送机的全部工序都大体上实现了机械化作业,在工作面支护上,采用金属 摩擦支柱和金属铰接顶梁,用以替换传统的坑木支护。同时进一步改进了无排柱放顶和按 顶板性质设置排距、柱距的顶板控制技术,在具体操作上,则仍然依靠人工搬柱、升柱和 撤除。这一套采煤工艺使机械化程度大为提高,生产能力增大,安全作业环境有所改进。