

复杂·难采煤层的开采

朱银昌 陈庆禄 张铁岗 主编

世界图书出版公司

T0823.8
Z-914

难采复杂煤层的开采

朱银昌 陈庆禄 张铁岗 主编

世界图书出版公司

北京·广州·上海·西安

1998

868280

图书在版编目(CIP)数据

难采复杂煤层的开采/朱银昌等主编. —北京:世界图书出版公司北京公司,1998. 1
ISBN 7-5062-2950-1

I. 难… II. 采… III. 复杂煤层-采煤方法 IV. TD823.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 00905 号

书 名: 难采复杂煤层的开采
主 编: 朱银昌 陈庆禄 张铁岗
出 版: 世界图书出版公司北京公司
印 刷: 北京市昌平百善印刷厂
发 行: 世界图书出版公司北京公司(北京朝内大街 137 号,100010)
销 售: 各地新华书店
开 本: 787×1092 1/16 印张:23 字数:500 千字
版 次: 1998 年 1 月第 1 版 1998 年 1 月第 1 次印刷
印 数: 0001—2800
书 号: ISBN 7-5062-2950-1/TD·1
定 价: 48.00 元



《难采复杂煤层的开采》编审委员会

主 任：王显政

副 主 任：李九成 李 岱 李世钧

委 员：丁 安 马树元 王有俊 王 文 王家明 王续强
周德沛 赵凤池 朱殿涛 翟继全 李万山 李天福
张国辉 闫凤山 朱纯昌 朱瑞江 赵宗晋 刘书龙
李兴亚 李朝卿 李凤富 曹宏建 张富民 杨瑞楚
陈保庆 王 廷 张振国 徐保平 李晓峰 郝家楠
王友林

主 编：朱银昌 陈庆禄 张铁岗

副 主 编：马树元 翟继全 李世钧 李凤富 王有俊 黄江宁

撰 稿 者：(以姓氏笔划为序)

马树元 王 文 王友林 王家明 汪理全 任鹏程
刘俊领 朱银昌 朱国春 朱瑞江 朱纯昌 曹宏建
李 报 李世钧 李 革 李万山 李兴亚 李永和
李凤富 李钦堂 胡金才 邱素梅 魏文虎 黄江宁
常明辉 陈德章 张忠祥 南存全 朱殿涛 郭新义
郭斌堂 鲁忠良 鲁继良 张 伟 闫凤山 闫洁伦
张国辉 张振国 翟继全 翟渊兴

主 审：殷继昌 张富有 李宝春

审 阅 者：殷继昌 邬荣康 马文成 王 廷 余永英 范宝山
朱银昌 高志强 杨锡智 翟继全 赵富贵 杨民芳
李钦堂 张付现 朱殿涛 李兴亚 陈保庆 李晓峰

ABF67/01

依靠科学技术，促

进采煤方法改革。

王显政

一九九七年十二月

煤炭工业部副部长王显政同志题词

前 言

在地质年代,由于造山运动,中国地形地貌复杂,山区地形多,相应的地下煤层地质条件也复杂多变。这种煤层的开采工作难度较大,被称为难采复杂煤层,诸如薄和特薄煤层、厚和特厚煤层、大倾角煤层、不稳定煤层、地质构造带煤层、煤柱和残煤层等等。

难采复杂煤层在我国覆盖面很大,尤其是地方煤矿,多是开采统配煤矿扔下不采的“边角余料”,它们多数属难采复杂煤层。因此,总结和探讨难采复杂煤层采煤方法在我国具有普遍性和重要性。

本书由辽宁工程技术大学(原阜新矿业学院)朱银昌教授与平顶山煤业集团总公司总经理陈庆禄、总工程师张铁岗、阜新矿务局总工程师李宝春共同发起和策划,由朱银昌具体组织同行专家历经三年时间编写而成。参编单位有辽宁工程技术大学、平顶山煤业集团总公司、阜新矿务局、河南煤炭厅、平顶山市煤炭局、禹州市煤炭局、焦作市煤炭局、宝丰县煤炭局、巩义市煤炭局。完稿后由煤炭工业部殷继昌司长、辽宁煤管局副局长李岱、河南煤炭厅副厅长李九成、煤炭科学研究总院副院长李金柱对全文审阅修改。

煤炭工业部副部长王显政同志在百忙中为本书题词。我国许多局矿同行专家审阅了初稿并提出宝贵意见,在此一并表示谢意。

编 者

1998.1.10

目 录

第 1 篇 薄煤层的开采	(1)
1.1 钻机开采薄煤层	(1)
1.1.1 国内外钻机采煤法概况	(1)
1.1.2 MZ-520 型采煤钻机结构	(7)
1.1.3 试验场地概况及采煤方法	(13)
1.2 采煤机开采薄煤层	(14)
1.2.1 区段境界及煤层赋存情况	(15)
1.2.2 采煤方法及配套设备	(15)
1.2.3 工作面的通风方式	(16)
1.2.4 主要技术经济指标	(16)
1.3 刨煤机开采薄煤层	(17)
1.3.1 3206 工作面生产概况	(18)
1.3.2 使用刨煤机存在的问题及处理方法	(19)
1.4 钢丝锯开采薄煤层	(20)
1.5 破底支顶开采极薄煤层	(22)
1.5.1 工作面布置	(22)
1.5.2 工作面顶板管理	(22)
1.5.3 工作面长度的确定	(23)
1.5.4 工作面的循环作业	(23)
1.5.5 钻孔机具及爆破器材的选择	(23)
第 2 篇 厚及特厚煤层的开采	(25)
2.1 倾斜分层走向长壁下行垮落采煤法	(25)
2.1.1 巷道掘进顺序	(26)
2.1.2 生产系统	(27)
2.1.3 采煤系统分析	(28)
2.1.4 回采工艺特点	(33)
2.1.5 假顶下采煤应注意的问题	(36)
2.1.6 适用条件及评价	(37)
2.2 水力充填采煤法	(37)
2.2.1 水力充填系统	(37)
2.2.2 水力充填采煤法	(47)
2.2.3 水力充填采煤法的适用条件及评价	(53)
第 3 篇 大倾角煤层的开采	(55)
3.1 概述	(55)

3.1.1	大倾角煤层的开采特点	(55)
3.1.2	大倾角煤层采煤方法	(56)
3.1.3	大倾角煤层采区巷道布置	(57)
3.2	走向长壁(直线工作面非机械化)采煤法	(65)
3.2.1	单一走向长壁采煤法	(65)
3.2.2	倾斜分层走向长壁采煤法	(68)
3.2.3	俯伪斜走向长壁分段密集采煤法	(71)
3.3	台阶式采煤法	(78)
3.3.1	倒台阶采煤法	(78)
3.3.2	斜台阶采煤法	(81)
3.4	水平分层和斜切分层采煤法	(85)
3.4.1	概述	(85)
3.4.2	采区巷道布置	(86)
3.4.3	假顶及其铺设与管理	(90)
3.4.4	水平分层和斜切分层采煤法的回采工艺和评价	(93)
3.5	掩护支架采煤法	(95)
3.5.1	概述	(95)
3.5.2	伪斜柔性掩护支架采煤法	(97)
3.5.3	伪斜柔性掩护支架采煤法区段巷道布置	(102)
3.5.4	柔性掩护支架	(106)
3.5.5	伪斜柔性掩护支架采煤法应用中的几种特殊措施与常见故障的处理	(114)
3.5.6	伪斜柔性掩护支架采煤法评价	(118)
3.6	仓储采煤法	(120)
3.6.1	概述	(120)
3.6.2	倾斜条带仓储采煤法	(121)
3.6.3	伪斜走向长壁仓储采煤法	(125)
3.6.4	上山及放煤眼伪斜布置的仓储采煤法	(128)
3.7	大倾角煤层全部充填采煤法	(131)
3.7.1	伪斜工作面走向长壁全部充填采煤法	(131)
3.7.2	倒台阶工作面全部充填采煤法	(133)
3.7.3	仰斜推进全部充填采煤法	(136)
3.7.4	掩护支架全部充填采煤法	(137)
3.8	大倾角煤层其它采煤法	(139)
3.8.1	小分段爆破采煤法	(140)
3.8.2	斜坡采煤法	(141)
3.8.3	长孔爆破采煤法	(148)
3.8.4	巷柱式采煤法	(153)
3.8.5	换相采煤法	(154)
3.8.6	综合采煤法	(156)
3.9	大倾角煤层机械化采煤法	(159)
3.9.1	钢丝绳锯采煤法	(159)
3.9.2	滚筒采煤机采煤法	(163)
3.9.3	刨煤机采煤法	(165)

3.9.4	地沟采煤机采煤法	(167)
3.9.5	走向长壁综合机械化采煤法	(169)
3.9.6	大倾角煤层开采	(172)
第4篇 不稳定煤层的开采		(173)
4.1	放顶煤采煤方法	(173)
4.1.1	概述	(173)
4.1.2	综采放顶煤工作面配套设备	(175)
4.1.3	放顶煤开采的巷道布置	(183)
4.1.4	综采放顶煤回采工艺	(185)
4.1.5	顶煤运动规律及矿压显现特点	(188)
4.1.6	放顶煤开采的安全技术措施	(191)
4.1.7	放顶煤开采的评价及改进方向	(193)
4.1.8	推移顶梁液压支架放顶煤采煤法	(196)
4.2	水力采煤	(200)
4.2.1	水力采煤优缺点及适用条件	(200)
4.2.2	水力采煤法及采煤参数确定	(205)
4.2.3	水力落煤参数的确定	(220)
4.2.4	水力运输	(241)
4.2.5	煤水仓及煤水运提硐室	(255)
4.2.6	水采矿井的煤炭脱水	(264)
第5篇 其它难采复杂条件下的开采		(267)
5.1	坚硬顶板煤层的开采	(267)
5.1.1	概述	(267)
5.1.2	采场难冒上覆岩层的岩性、结构及顶板的活动规律和矿压显现	(268)
5.1.3	强制放顶开采	(277)
5.1.4	高压注水软化顶板采煤法	(288)
5.2	破碎顶板条件下的开采	(299)
5.2.1	破碎顶板条件下单体支柱放顶开采	(299)
5.2.2	破碎顶板条件下普通机械化采煤	(306)
5.3	极近煤层和复合煤层的开采	(309)
5.3.1	急倾斜近距离煤层开采	(309)
5.3.2	大倾角近距离煤层开采	(310)
5.3.3	复合煤层开采	(310)
5.3.4	缓倾斜近距离煤层放顶煤开采	(310)
5.3.5	缓倾斜近距离煤层群分层分采	(311)
5.4	地质构造带煤层和煤柱开采及残煤复采	(311)
5.4.1	概述	(311)
5.4.2	采区上山保护煤柱的开采方法	(311)
5.4.3	回收阶段保护煤柱的开采方法	(313)
5.4.4	火成岩侵蚀区煤层的开采方法	(318)
5.4.5	回采工作面过陷落柱的采煤方法	(323)

5.4.6	井筒保护煤柱的开采方法	(326)
5.4.7	残煤复采	(334)
5.5	煤层(群)上行开采	(340)
5.5.1	煤层(群)上行开采概述	(340)
5.5.2	影响煤层(群)上行开采的主要因素	(350)
5.5.3	上行开采机理	(352)
5.5.4	恒底分层长壁垮落法开采	(354)
参考文献		(360)

第 1 篇 薄煤层的开采

我国薄煤层储量很大,原东煤公司所属矿井薄煤层储量占总储量的 41.4%,但薄煤层产量仅占总产量的 13%,薄、厚煤开采比例失调已成为十分突出的问题,大量的薄煤层被抛掉了,造成国家资源的巨大浪费,以后再想回采也很难,这里面有人的认识问题、管理问题,也有开采技术问题。我国的煤炭资源是有限的,因此合理利用地下资源、提高回采率是造福子孙万代的大事。本篇根据现场实践,重点介绍钻机采煤法、采煤机开采薄煤层、刨煤机开采薄煤层、钢丝锯开采薄煤层、破底支顶开采极薄煤层等开采薄煤层较成熟的经验。

1.1 钻机开采薄煤层

钻机采煤法在美国、乌克兰、澳大利亚、德国等主要产煤国家已广泛应用,它具有工艺简单、投资少、设备移动灵活、节省人力、效率高、安全可靠等优点。适用于回采极薄煤层、残留煤柱、边角煤、大倾角煤层、开采解放层、“三下”采煤、顶板松软破碎煤层、露天矿残留边坡煤、露头发育的近水平煤层等。对提高回采率、充分挖掘井巷工程及固定设备的潜力、延长矿井寿命有着明显的经济效益和社会效益。

该采煤法在我国有广泛地应用前景:据原东煤公司所属几个局的统计,厚度为 0.6~0.69m 的薄煤层储量有 30 亿吨。我国西南地区矿井大多数为瓦斯突出矿井,开采解放层任务很大。解决“三下”压煤,回收露天矿残留边坡煤量也很大。此项研究在我国是从 1986 年开始的,MZ-520 型是我国第一台采煤钻机,1993 年 10 月研制成功。

1.1.1 国内外钻机采煤法概况

1.1.1.1 采煤钻机类型

1. 美国 Compton 公司研制单向螺旋钻采煤机(图 1.1.1-1)

该机适用于开采 0.75m 以上煤层。其特点:①借助液压迈步机构自行移动;②导板呈板状,主轴轴线接近底板,巷道卧底量少;③钻架座由液压马达通过传动机构驱动绞盘旋转向前推进,达到无极调速目的;④配备刮板输送机,将钻头切削下来的煤,送往皮带运输机;⑤钻机工作时,用 4 个液压油缸支撑在顶底板之间固定钻机;⑥主轴与钻杆转速 45r/min,驱动电机功率 18.4kW,钻架座推进度 2m/min,钻孔深度 38m。

2. 美国 Saleym Tool 公司制造 Auger Miner 型螺旋钻机为双向单主轴钻机(图 1.1.1-2)

其特点:①钻进机构和运输机构安装在同一底架上,各自有独立的传动机构;②螺旋钻杆放在巷道底板上和悬吊箱内,借助风力驱动单轨吊车完成运送钻杆任务;③导向槽向接杆侧移

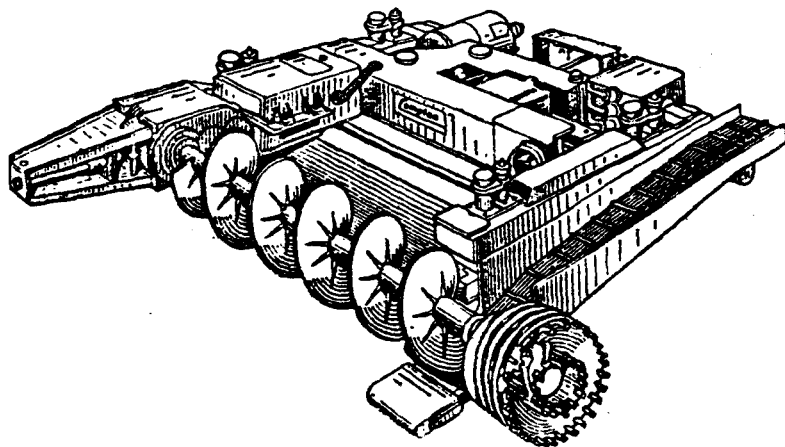


图 1.1.1-1 Compton 公司的螺旋钻机

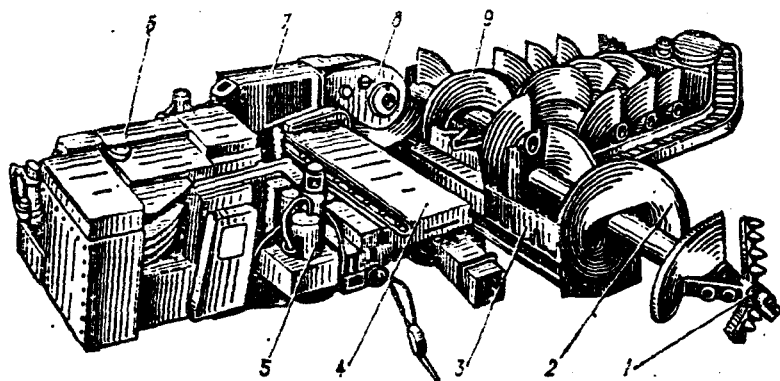


图 1.1.1-2 Auger Miner 螺旋钻机

- 1——钻头；2——导向钻进段；3——导向槽；4——导板台；5——液压缸；
6——液压部；7——电动机；8——减速器；9——螺旋段

出 1 米，并紧压在煤壁上；④钻出的煤从孔口落入导向槽内，然后转到环形刮板运输机上，该刮板运输机有独立的液压驱动装置；⑤钻机在工作状态，用 4 根千斤顶对机体固定；⑥钻机设有履带行走机构。

Underground Auger Miner 型螺旋钻机(图 1.1.1-3)

其特点：①该钻机台架上有两个钻架座、一个用于钻孔、另一个用于从钻孔内取出钻杆，它们同时作业；②钻机设有两个钻头，一个处于工作状态，另一个处于非工作状态；③钻杆输出的煤由双级输送机装入自行矿车；④钻机机体安装在一个矩形平台上，借助两个迈步滑板，沿巷道移动；⑤为了便于输送钻杆，在平台的前缘安设一个单轨起重机。将从钻孔中取出的钻杆移到待钻的孔位处；⑥设置流量可变的液压泵，用来驱动钻架座进、退的移动机构、钻孔的固定和定位机构、钻机的移动和操纵机构；⑦钻机工作时，用四个设在机架四角的液压油缸紧顶巷道顶板，固定钻机，用两个侧向液压油缸承担钻进时推力；⑧设有通风系统、排出在钻孔时产生的煤尘和瓦斯。

目前成批生产适用于露天矿开采的螺旋钻采煤机类型有单主轴、双主轴和多主轴三种类型，每种类型都由钻进、液压、钻具接卸、行走、控制五个系统组成。以 MJ 型单向双主轴螺旋钻采煤机为例，该机由两部柴油机驱动，主柴油机额定功率 340kW 驱动主轴旋转，两级调速分别

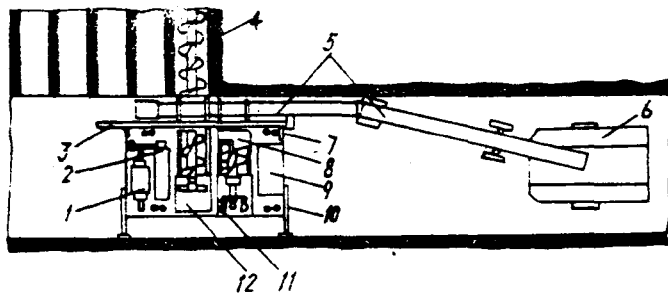


图 1.1.1-3 Underground Auger Miner 螺旋钻机在巷道中的布置示意图

- 1——电动液压泵;2——油箱;3——单轨吊起重机;4——螺旋段;
5——双级输送机;6——自行矿车;7——千斤顶;8——第二个螺旋段;
9——司机操纵室;10——侧向千斤顶;11,12——钻架座

为 69r/min、86r/min,反向转速 69r/min,油缸对主轴推力 93.5kN、拉力 44.5kN,钻头直径为 610mm~1300mm,钻杆长 3.6m,钻进深度为 70~80m。副柴油机功率 150kW,向推进、支撑、行走及舌柄油缸供油。钻具的装卸搬运靠悬臂吊完成。钻机的行走采用液压迈步式。

3. 乌克兰顿涅茨克煤炭科学研究院研制 БИВ 型螺旋钻采煤机(图 1.1.1-4)

其特点:①该机为双向双主轴钻机;②钻头直径为 600mm 和 700mm,相配套的钻杆直径为 525mm 和 625mm;③为防止钻具偏离,在钻头和钻杆上均设系杆绞接;④单轨吊完成搬运钻杆任务;⑤钻机工作时,用 4 个水平油缸对钻机固定,用 4 个垂直油缸调整钻进角度;⑥设有通风除尘装置,保证机械在高瓦斯矿井应用;⑦靠履带行走。

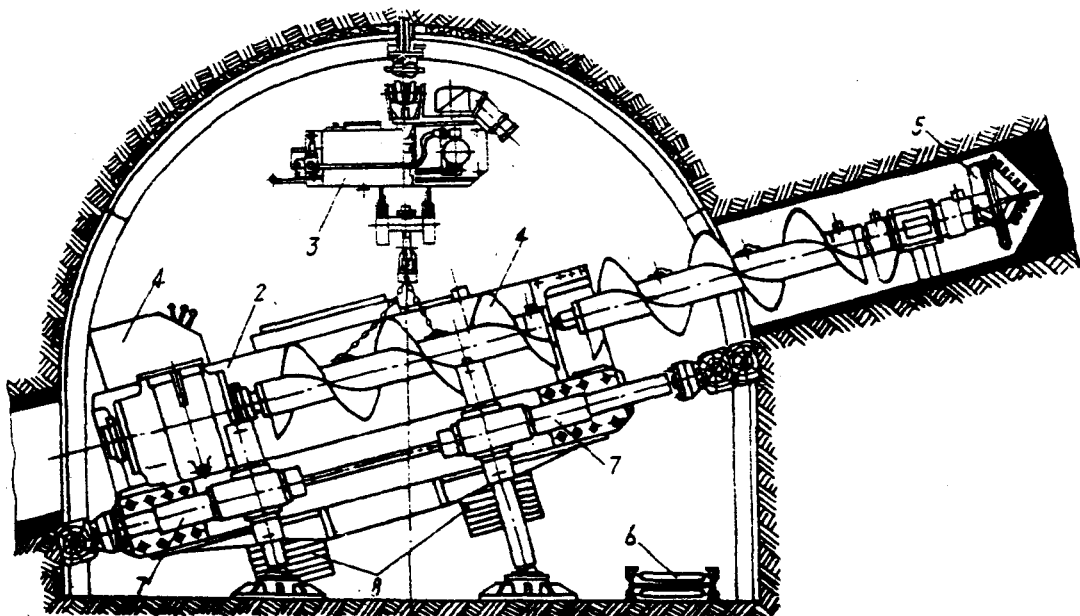


图 1.1.1-4 在巷道中的 БИВ 型螺旋钻机

- 1——钻机操纵台;2——螺旋钻机;3——单轨吊液压起重机;4——成对螺旋钻具的螺旋段;
5——钻头;6——双链输送机;7——支撑液压千斤顶;8——钻机行走部的履带节

4. 乌克兰顿涅茨克煤炭科学研究院研制的 ДОНУ ГИ 型钻采机

钻头直径 0.5, 0.63, 0.75, 0.85, 1.2m; 额定日产量 200t/d 回采工效率为 25t/工; 该机设有调整钻进方向的液压装置、远距离控制系统、控制钻孔端面瓦斯和煤尘系统。

1.1.1.2 钻机采煤法的巷道布置及回采工艺

1. ДОНУ ГИ 型钻采机的采煤方法

(1) 巷道布置及设备布局如图(1.1.1-5)所示。

(2) 回采工艺

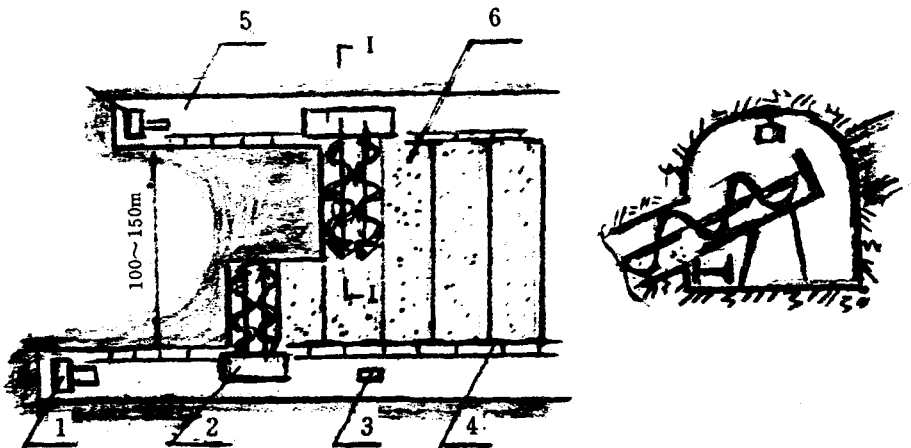


图 1.1.1-5 钻采作业线

1——综掘机; 2——钻采机; 3——单轨吊; 4——刮板输送机;
5——超前平巷; 6——充填后采空区

钻机采煤法的回采巷道均为半煤岩巷道, 由综掘机超前掘进, 掘进出煤由刮板输送机运走, 掘进矸石先堆放在巷道一帮, 钻采机钻进出煤由刮板输送机运去。当钻采机钻进到预定深度时, 在钻杆上部加一个收料漏斗, 用单轨吊将掘进矸石倒入收料漏斗内, 钻具反转把充填材料输入到钻孔顶端, 边充填边撤出钻杆, 保证矸石不外运, 顶板不下沉。根据井上下环境需要可全部充填, 也可部分充填, 或不充填。卸装钻杆、移动充填机、搬运充填材料均由单轨吊完成。利用局扇对超前掘进巷道进行通风, 用高压水对钻孔端头灭尘。

2. 美国 JM 型单向双主轴螺旋钻采煤机进行露天开采回采工艺

在煤层露头部位平整出一条工作台, 让煤层底板高出平台 0.13~0.3m 螺旋钻采煤机布置在平台上用钻头破煤, 螺旋钻杆将煤从钻孔中运出, 落入转载机的收料口内, 经转载机装入载重汽车外运, 见图 1.1.1-6。

3. 采煤钻机的落煤方式

采煤钻机的落煤方式是靠钻头的截齿切削破煤, 根据钻头在钻孔内的工作状况分: ①钻孔一次达到预定采高(图 1.1.1-7); ②先用小钻头钻孔, 退钻时, 换大钻头扩孔(图 1.1.1-8); ③

钻头先靠煤层底板钻进到回风巷,退钻时更换立钻回采钻孔上方顶煤(图 1. 1. 1-9);④钻头达到预定采深后原地切削孔下方底煤(图 1. 1. 1-10);⑤退钻时,钻头摆一个角度扩大钻孔的宽度(图 1. 1. 1-11);

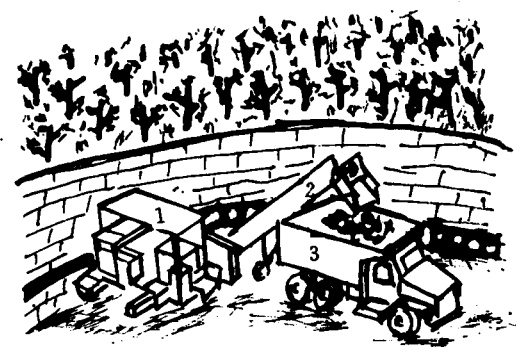


图 1. 1. 1-6 螺旋钻机采煤法
1——螺旋钻采煤机;2——转载机;3——载重汽车;4——煤层



图 1. 1. 1-7

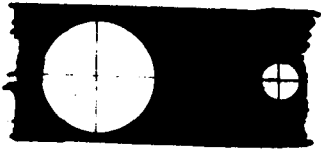


图 1. 1. 1-8

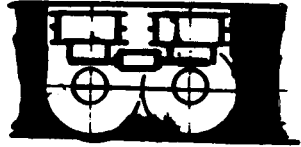


图 1. 1. 1-9

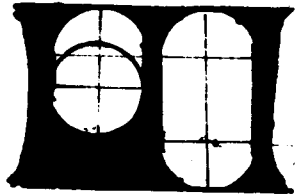


图 1. 1. 1-10

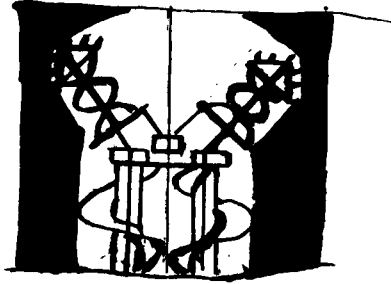


图 1. 1. 1-11

1.1.1.3 回采巷道支护及矿压显现

1. 新沃伦斯卡娅 3 号矿巷道支护及矿压显现

新沃伦斯卡娅 3 号矿回采巷道沿 0.67~0.88m 厚煤层掘进半煤岩巷,净断面 8.1m^2 ,巷道顶板为不太稳定的粘土质或砂质页岩,厚 2~6m,在地质破碎地带顶板极不稳定,煤层底板为细砂质岩或砂质页岩、有底鼓倾向。平巷采用 CBII-27 型拱形支架支护,如图 1.1.1-12。支架用型钢制造,棚间距 1.5m 棚子中间用 4 根锚杆支护,锚杆长 2m。矿压显现规律如图 1.1.1-13 所示。回采工作面前方 50~60m 处开始移动,工作面接近测点,顶板移动强度增加,测点在相对钻机基准线时,顶底板移近量为 40mm,钻机后面 200m 以外,围岩移动强度减弱逐渐稳定。采后巷道高度下沉量为采高的 8%。

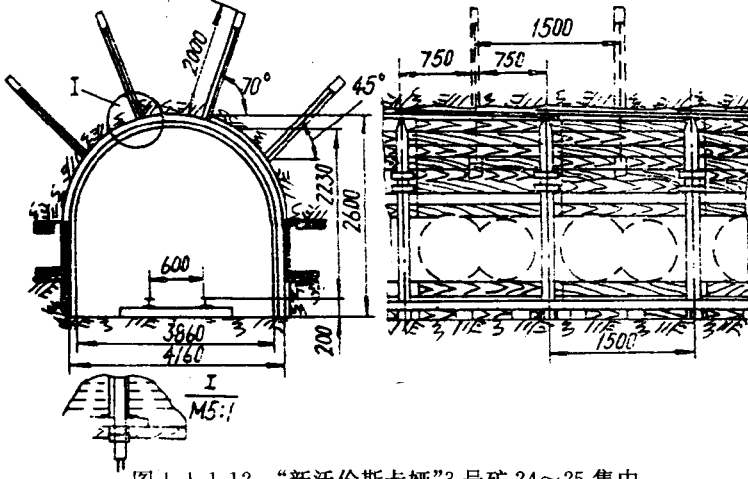


图 1.1.1-12 “新沃伦斯卡娅”3 号矿 24~25 集中
平巷支护说明

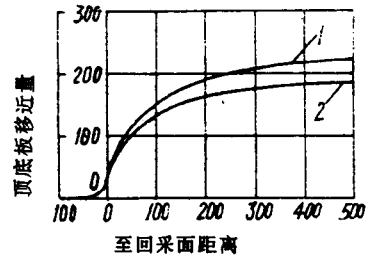


图 1.1.1-13
1——监测区;2——试验区

建议回采巷道断面选用梯形断面,支护选用可缩性支架与锚杆配合,两帮加背板。巷道宽度应保证布置设备并留有必要间隙,支架间距应等于一对钻孔加孔间煤柱尺寸之和,锚杆长度应将锚杆固定在稳定岩层为宜,锚杆之间加钢带,见图(1.1.1-14)。

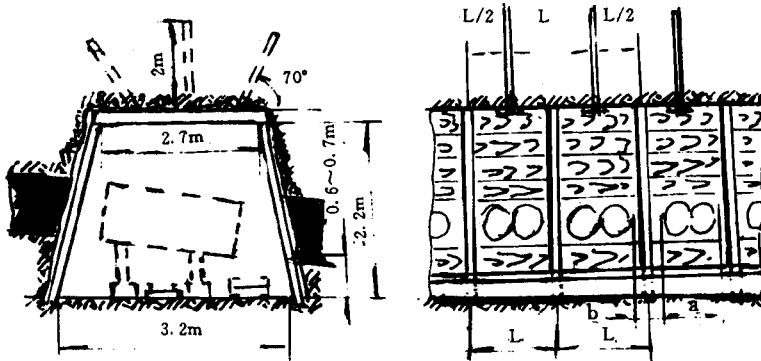


图 1.1.1-14

2. 矿压显现规律的模拟试验

我们在实验室对钻采法做了模拟试验,模拟条件为:采深 110m,煤厚 2.3m,煤层硬度 $f=1.3$,直接顶为炭质页岩、松软易冒 $f=2$,厚度 6m,老顶为页岩砂页岩 $f=2$,厚度 10m。钻头直径 $\varnothing=1.4\text{m}$,孔间煤柱 0.2m。

钻采到 17 孔时,顶板出现初次来压,跨落步距 24m,矿压显现为顶板急剧下沉,17 孔下沉量为 46mm,除第 16 孔外其余孔间煤柱中部被剪断、压酥、片帮如图 1.1.1-15 所示,煤层顶板出现与水平成 55° 折断线,向上延伸 16m。钻采到 23 孔出现第二次来压,周期跨落步距 16m,工作钻孔来压前后变形 5.3mm,未发生冒落现象,顶板下沉曲线呈碟形,下沉量为煤厚的 11%。在钻 22 孔时前方测点出现回弹现象(测点瞬间上移)。

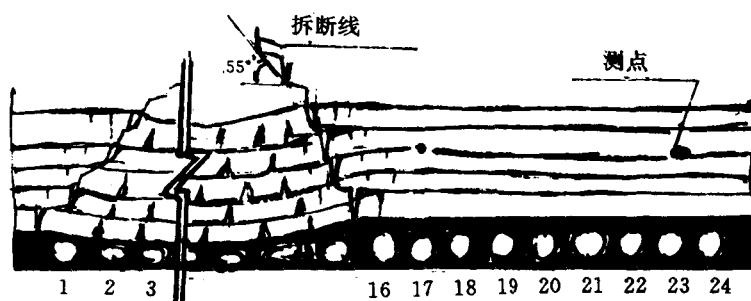


图 1.1.1-15

1.1.2 MZ-520 型采煤钻机结构

1.1.2.1 概述

MZ-520 型采煤钻机属于单向双主轴钻机。钻头直径 $\varnothing=0.52\text{m}$,钻孔深度 40m,钻进角度 $0^\circ\sim 20^\circ$,切削煤岩硬度 $f=2\sim 3$,适用于回采煤厚 0.6~0.69m 的极薄煤层,井下煤柱、边角煤、顶板松软破碎煤层,开采高沼气的解放层,“三下”采煤。

该机采用全液压控制,工作系统为主电机带动主油泵产生高压油,经输油管驱动液压马达旋转,通过减速器带动钻机主轴及钻具工作,钻头切削下来的碎煤由螺旋钻杆输出钻孔。钻具在钻孔内的轴向移动、钻机的稳定、钻进方向的调整和钻杆的接卸均由副电机带动副油缸产生高压油,经操纵阀控制各油缸完成。

1.1.2.2 采煤钻机结构

采煤钻机结构由钻机、泵站、控制台、钻具及吊运装置 5 个部分组成(图 1.1.2-1)。

1. 钻机

由钻架座、固定底盘、活动底盘、油缸、舌柄和滚轮组成,见图 1.1.2-2。

(1) 钻架座 钻架座由液压马达、减速器、主轴、推进油缸及减速箱组合在一起。

该机选用两台 $A_2 F_{107} W_1 S_1$ 型斜轴式轴向定量马达,将液压能转换成机械能分别驱动两个主轴旋转,回转力矩为 25kNm。两个马达固定在减速箱上,其转向相反。马达与减速器动力