

Zuanshi Caimoji Sheji Lilun

钻式采煤机

设计理论

● 李建平 杜长龙 张永忠 著

21.6
-427

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

TD421.6
L-427

钻式采煤机设计理论

李建平 杜长龙 张永忠 著

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

钻式采煤机是一种适用于薄与极薄煤层开采、提高煤炭资源回收率的采煤设备。本书介绍了钻式采煤机的结构特点、工作原理以及国内外的研究现状,对钻式采煤机的破煤基础理论、螺旋钻头破煤机理、螺旋钻头的优化设计、螺旋钻杆的优化设计、钻具防偏斜钻进等基础理论方面做了详细论述,并在理论研究的基础上,提出了钻式采煤机的基本设计路线,以及主要技术参数的确定方法。

本书适合从事采掘机械设计研究的科研人员、工程技术人员,以及高校相关专业的研究生使用。

图书在版编目(CIP)数据

钻式采煤机设计理论/李建平,杜长龙,张永忠著. —徐州:

中国矿业大学出版社, 2009. 3

ISBN 978 - 7 - 5646 - 0289 - 5

I. 钻… II. ①李…②杜…③张… III. 钻削式采煤机—基本知识 IV. TD421.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 031612 号

书 名 钻式采煤机设计理论

著 者 李建平 杜长龙 张永忠

责任编辑 耿东锋 章 毅

责任校对 李 敬

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 787×960 1/16 印张 8.25 字数 155 千字

版次印次 2009 年 3 月第 1 版 2009 年 3 月第 1 次印刷

定 价 26.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

钻式采煤机是一种适用于薄与极薄煤层开采的采煤设备,还可以用来开采边角煤、“三下”压煤、顶板松软破碎煤层和回收各种煤柱。利用钻式采煤机采煤,不仅可以提高煤炭资源回收率,而且可以实现无人工作面采煤,是一项绿色开采技术,在煤矿开采中有着巨大的市场前景。由于缺乏对该产品设计理论的研究,目前,我国对钻式采煤机的自主研发和制造还是一个空白,只能简单地从国外引进和仿制,技术水平较低,致使该项技术无法更好地适应煤炭开采的需要。为了加快钻式采煤机技术的发展和运用,提升产品的设计质量,促进产品的开发和应用研究,故撰写本书,以供相关行业的工程技术人员和高校师生参考和使用。

本书系统地介绍了钻式采煤机的基本设计理论和方法。全书共分8章,第1章对钻式采煤机的国内外研究现状进行了综合分析,介绍了钻式采煤机的基本结构和工作原理;第2章论述了钻式采煤机的破煤基础理论;第3章在分析螺旋钻头破煤机理的基础上,建立了钻头的运动和力学模型;第4章主要介绍了钻式采煤机总体方案设计和主要技术参数确定的方法;第5章和第6章对产品核心部件螺旋钻头和钻杆的优化设计理论和方法进行了较为详细的阐述;第7章论述了钻具的防偏斜钻进基础理论和钻具组合的设计原则;第8章介绍了螺旋钻头设计理论的应用实例。

本书是作者多年来学习和研究钻式采煤机设计理论、方法和应用成果的总结。在撰写过程中,作者参阅了大量国内外专家、学者的论文和著作,同时,得到了山东省新汶矿业集团公司郎庆田董事长等领导和工程技术人员的帮助,并提出了建设性的意见,得到了中国矿业大学机电学院的大力支持,在此特向为本书出版给予支持和帮助的领导、同事和同学们表示衷心的感谢。

由于钻式采煤机的研究和应用在我国起步较晚,有关产品基本设计理论的专著出版尚属首次,以及作者的学识水平有限,书中疏漏和不足之处敬请读者批评指正。

作者

2008年10月

目 录

1 绪论	1
1.1 钻式采煤机的研究意义	1
1.2 钻式采煤机采煤工艺的主要特点	2
1.3 钻式采煤机的基本结构及工作原理	3
1.3.1 钻式采煤机的基本结构	3
1.3.2 钻式采煤机的工作原理	5
1.3.3 钻式采煤机的开采工艺	6
1.4 钻式采煤机的研究现状	6
2 钻式采煤机破煤基础理论.....	12
2.1 煤的主要物理机械性质.....	12
2.2 截割工况对煤截割过程的影响.....	14
2.2.1 切削形式与截槽形状.....	14
2.2.2 截距与切屑厚度对截割阻力和单位能耗的影响.....	16
2.3 镐形截齿破煤机理.....	17
2.3.1 截齿的选择.....	17
2.3.2 镐形截齿破煤基本力学分析及截槽几何特征.....	18
3 螺旋钻头破煤机理.....	21
3.1 螺旋钻头运动数学模型.....	21
3.1.1 坐标系的建立.....	21
3.1.2 截齿位置表达方法.....	22
3.1.3 截齿运动学研究.....	23
3.2 钻头的破煤机理.....	27
3.2.1 轴向切削模式.....	27
3.2.2 径向切削模式.....	28
3.2.3 端盘和筋板的截齿切削模式.....	28
3.3 钻头力学模型的建立.....	29
3.3.1 单个截齿受力模型与截割阻力计算.....	29

3.3.2	单个截齿轴向阻力计算	32
3.3.3	钻头轴向阻力和截割转矩的计算	32
4	总体设计	34
4.1	总体设计的要求、任务和依据	34
4.1.1	总体设计的要求	34
4.1.2	总体设计的主要任务	34
4.1.3	总体设计的依据	35
4.2	动力的驱动方式和传动方式的选择	35
4.3	工作机构的方案设计	36
4.3.1	三钻头结构形式	36
4.3.2	四钻头结构形式	37
4.4	钻式采煤机的总体布置	38
4.4.1	液压传动机型	39
4.4.2	机械传动机型	40
4.5	液压系统的设计	40
4.6	主要技术参数的确定	43
4.6.1	钻头的推进速度	43
4.6.2	钻头的转速	44
4.6.3	工作机构功率	46
4.6.4	外形尺寸	47
5	螺旋钻头的优化设计	48
5.1	螺旋钻头总体结构设计	48
5.2	钻头截齿的选择	49
5.3	钻头截齿工作角度	50
5.3.1	端盘截齿工作角度	51
5.3.2	筋板截齿工作角度	51
5.3.3	切削角确定方法	52
5.4	截齿布置理论基础	55
5.4.1	截齿径向布置	55
5.4.2	截齿周向布置	58
5.4.3	截齿轴向布置	61
5.5	钻头截齿优化布置	62

5.5.1	设计变量选取	62
5.5.2	目标函数确定	63
5.5.3	约束条件	64
5.6	钻头三维模型建立	66
6	螺旋钻杆的优化设计	68
6.1	螺旋钻杆的输煤机理	68
6.2	螺旋钻杆结构参数优化数学模型	70
6.2.1	螺旋钻杆输煤生产率的计算	70
6.2.2	约束条件的建立	71
6.3	钻杆快速连接装置	75
6.3.1	钻杆连接器设计	76
6.3.2	轴向连接套结构设计	78
7	钻具防偏斜钻进基础理论	79
7.1	煤层造斜力分析	79
7.1.1	煤层各向异性及各向异性指数	79
7.1.2	煤层与钻头相互作用模型	80
7.1.3	煤层造斜规律	81
7.2	钻具组合造斜力分析	83
7.2.1	基本假设	83
7.2.2	钻具组合造斜力	85
7.2.3	纵横弯曲梁柱受力与变形分析	87
7.2.4	连续和边界条件	91
7.2.5	三弯矩方程组及求解	92
7.2.6	求解结果及分析	95
7.3	双钻具组合	98
7.4	双钻具组合偏斜有限元仿真	99
7.4.1	结构简化及仿真方法	99
7.4.2	仿真结果及分析	100
7.5	钻具组合原则	102
8	钻头设计实例	103
8.1	截齿的选择和布置	103

8.1.1	截齿配置方式	103
8.1.2	截齿的选择	104
8.1.3	截齿的优化布置	104
8.2	截齿强度校核	106
8.2.1	截齿峰值载荷确定	106
8.2.2	截齿有限元模型	106
8.2.3	截齿加载与求解	108
8.2.4	求解结果分析	108
8.3	钻头三维模型建立	109
8.4	钻头装配与运动仿真	111
8.4.1	Pro/E 环境下机械系统装配与运动仿真过程	111
8.4.2	钻头工作及装配原理	113
8.4.3	钻头装配仿真	113
8.4.4	钻头运动仿真	115
参考文献		118

1 绪 论

1.1 钻式采煤机的研究意义

从全国储煤总量来看,薄与极薄煤层在我国分布十分广泛,具体分布如表 1-1 所列。全国原 95 个重点矿务局中有 80 多个局 455 处矿井都赋存薄与极薄煤层。全国国有重点煤矿薄与极薄煤层储量为 25.29 亿 t,其中山西、河北、四川、内蒙、贵州和重庆等地,薄与极薄煤层储量达 17.99 亿 t。另外,大同、开滦、徐州和平顶山等矿区薄煤层储量达 5.01 亿 t^[1]。据统计,我国薄与极薄煤层储量占总可采储量的 20%以上,而薄与极薄煤层的产量只占总产量的 10%左右,远低于其储量所占的比例,而且有进一步下降的趋势。纵观全国煤炭开采工业形势,薄与极薄煤层开采问题越来越突出,且这个问题已是一个全局性的无法回避的问题。

表 1-1

我国部分地区薄与极薄煤层储量

地区	河北	山西	内蒙	吉林	江苏	山东	湖南	贵州	安徽	河南	四川
储量/亿 t	3.27	13.81	1.97	0.65	3.93	5.84	0.41	4.64	1.21	5.24	14.8

20 世纪 50 年代我国在薄与极薄煤层中主要使用炮采工艺;60 年代开始使用深截煤机掏槽爆破落煤、平面环行式薄煤层输送机运煤、木对柱或丛柱支护顶板、回柱绞车放顶的工艺系统,在鸡西、淄博等矿区出现爬底式改装 MLQ—64 型薄煤层滚筒采煤机,这些都属第一代薄煤层采煤机械化设备;70 年代以来,薄煤层机组得到较大的发展,1974 年开始研制新型薄煤层采煤机;80 年代以来,单体液压支柱的成功应用,促进薄煤层机组的发展,BM—100、ZB2—100、MLT—150、YRG 型等第二代薄煤层滚筒采煤机出现,并在鸡西、双鸭山、七台河、开滦等局使用,取得较好的技术经济效益,产量和效率都有很大提高;目前我国研制使用的薄煤层滚筒采煤机将近 20 种,主要分爬底式和骑溜式两大类,在煤层厚度小于 0.8 m 的条件下多使用爬底式,当厚度大于 0.8 m 时多使用骑溜式。刨煤机采煤是开采薄与极薄煤层的重要方法之一,自 1965 年以来,我国已研制出 4 种主要机型,在徐州、丰城、阳泉、韩城、淮南、鹤壁、鸡西等局使用,取得

较好的效果。我国刨煤机目前存在的主要问题是刨煤机功率偏小,刨硬煤和软岩的能力差,运行可靠性低,在倾角大于 10° 时设备下滑严重,缺少对煤层可刨性的分类工作,合理刨深等参数的选择缺少理论研究。由于刨煤机本身的故障和可靠性存在问题,致使目前国内应用不广泛,效果欠佳,刨煤机产量所占比重较小。

我国薄与极薄煤层的开采长期以来一直不景气,有两个方面的因素:一是客观因素,二是人为因素。客观因素是薄煤层工作面空间小,机械化困难,对薄煤层机组要求条件高,不但机组外形尺寸要求尽可能小,而且要求功率大、性能可靠、结构简单、对顶底板的适应性强、机械故障率低。目前我国薄煤层机组的设计制造水平还存在不少问题,急需强力、高性能、高效率、自动化程度高的第三代采煤机产品。

钻式采煤机无人工作面采煤法是极薄煤层中较为有效的方法,而且钻式采煤机可以使一些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和利用^[2]。

1.2 钻式采煤机采煤工艺的主要特点

钻式采煤机是一种能够解决薄与极薄煤层开采、提高煤炭资源回收率的采煤设备。钻式采煤机采煤示意图如图 1-1 所示。

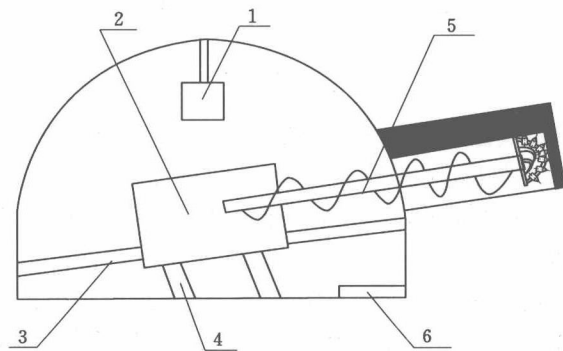


图 1-1 钻式采煤机采煤示意图

1——单轨吊;2——主机;3——支撑油缸;4——调斜油缸;5——螺旋钻具;6——刮板输送机

机组在巷道组装后,调斜油缸调整钻式采煤机的倾斜角度,使钻具与煤层倾角一致;支撑油缸横向支撑到巷道的壁上,将钻式采煤机主机固定;单轨吊用来吊装钻杆。机组采用独头钻采的工艺,利用螺旋钻头钻入一帮煤层采煤,并通过

钻杆将采落的煤运出,直接落在巷道平巷的刮板输送机上。钻具部分可以安装2~4个钻头,并根据煤层的厚度选用不同直径的钻头。在钻机推进过程中,通过通风和喷水系统将风和水随钻杆注入钻孔内,使孔内的瓦斯浓度和粉尘量达到标准。

用钻式采煤机采煤,由于工人不出现在采煤工作面内,而是在采煤工作面以外的地点操作设备,完成工作面内的破煤、装煤、运煤等各工序,设备检修也都在工作面以外的巷道中进行,真正实现了无人工作面采煤,使工人远离较危险的工作地点,把工人从繁重的体力劳动和恶劣的工作环境中解放出来,而且占用人员少,劳动生产率高,提高了资源回收利用率。钻式采煤机无人工作面采煤对地质构造适应性强,如果采用滚筒采煤机或刨煤机采煤,长壁工作面遇到较大断层时,需重新开切割眼,工作面搬家,费工费时。而钻式采煤机采煤遇到断层时,只需移动钻机到新地点重新定位钻采即可,工艺、操作都比较简单。该采煤法可广泛应用于开采围岩较稳定的、煤层倾角在 $-15^{\circ}\sim+15^{\circ}$ 的薄与极薄煤层,并且还可以用来开采边角煤、“三下”压煤、顶板松软破碎煤层和回收各种煤柱。使用钻式采煤机不仅减少巷道投入及开采对地面的影响,而且可最大限度地回收薄与极薄煤层煤量,有利于提高薄煤层的配采比例,延长矿井服务年限,提高矿井的经济效益和社会效益。

1.3 钻式采煤机的基本结构及工作原理

本节以 BSHK—2DM 型钻式采煤机为例介绍钻式采煤机的基本结构及其工作原理。

1.3.1 钻式采煤机的基本结构

BSHK—2DM 型钻式采煤机如图 1-2 所示,其中主机和钻具部分是该机组的核心部件,通过它们来实现薄煤层的开采;主机、操作台、液压系统和动力装置靠连接托架连接在一起,沿巷道一起移动;操作台和控制站用来控制机组电液设备,设有控制手把、按钮、指示灯等;组合开关向机组所有用电设备供电;液压系统和动力装置由各种液压元件、泵、油箱及油管组成,通过操作台的指令完成对主机上各油缸的控制;通风系统向主机的通风管送风。

钻式采煤机的主机结构如图 1-3 所示。两组电动机、液力耦合器、减速器组成两个传动部件,与下部的传动框架和液压推进部件用销轴和螺栓连接在一起。在液压推进部件上装有三个液压缸,液压缸缸体安装在传动框架上,活塞杆固定在底架上。当压力油流进活塞腔内时,缸体带动传动框架以及传动部件向前推进;当压力油流进活塞杆腔内时,缸体则带动传动框架以及传动部件后退。

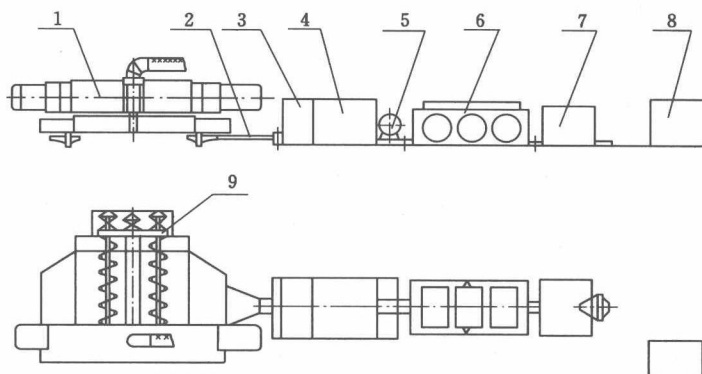


图 1-2 BSHK—2DM 型钻式采煤机

- 1——主机；2——连接托架；3——操作台；4——液压系统；5——动力装置；
6——控制站；7——矿用组合开关；8——通风系统；9——钻具

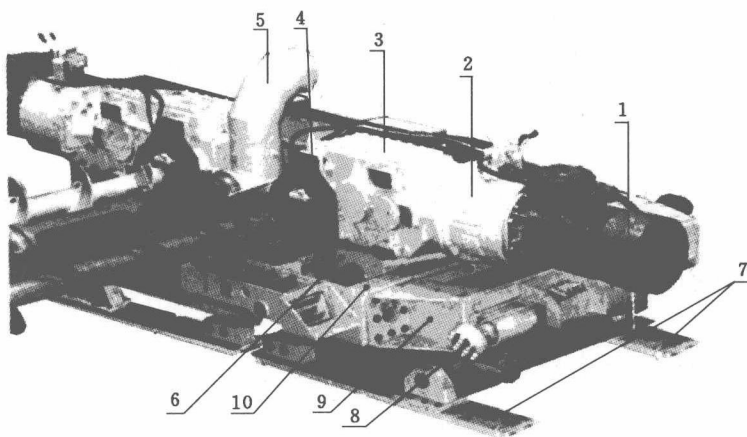


图 1-3 钻式采煤机的主机结构

- 1——电动机；2——液力耦合器；3——减速器；4——锁紧装置；5——通风管；
6——传动框架；7——滑橇；8——支撑液压缸；9——底架；10——液压推进部件

滑橇是机器的支座，每一块滑橇用连杆系统与底架和两个液压缸连接，保证钻式采煤机沿煤层倾角工作。安装在底架上的四个支撑液压缸，将钻式采煤机横向支撑到巷道壁上。

减速器的输出轴与螺旋钻具连接，并向螺旋钻具传递扭矩。在输出轴一侧的壳体上安装了锁紧装置，以保证钻具工作时，输出轴与螺旋钻杆不会脱离。

在传动框架上两减速器之间装有通风筒,通过弯头把空气送到通往钻头的通风筒中。通风筒可以沿其轴线方向伸缩。它的伸缩由两个液压缸来实现。

螺旋钻具如图 1-4 所示,其中螺旋钻杆与钻式采煤机传动部件的减速器输出轴连接。右侧螺旋钻杆的最前端与齿轮箱的输入轴连接在一起,齿轮箱前端的两个输出轴分别与两个钻头连接。当右侧螺旋钻杆旋转时,通过齿轮箱带动这两个钻头一起旋转。左侧螺旋钻杆的最前端是一个装有短轴的轴承座,短轴一端与钻杆相连,另一端与另外一个钻头相连,螺旋钻杆可以带动钻头一起旋转。为防止两个钻杆在工作过程中的分离和碰撞,齿轮箱的壳体和轴承座用刚性拉杆连在一起。通风管的最前端与控制箱用法兰连接,控制箱前端固定在齿轮箱壳体上。左侧钻杆是右旋,右侧钻杆是左旋。

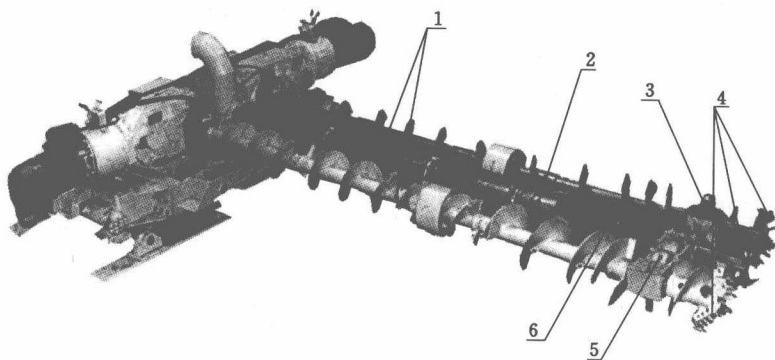


图 1-4 螺旋钻具

1——螺旋钻杆;2——中间通风管;3——轴承座;4——钻头;5——齿轮箱;6——控制箱

1.3.2 钻式采煤机的工作原理

钻式采煤机机组在巷道内组装后,底架上的四个支撑液压缸,将钻式采煤机横向支撑到巷道壁上,并将主机固定。在采煤帮一侧用单轨吊安装好第一节钻杆和钻头,传动部件带动钻杆旋转,推进油缸把固定在传动架上的传动部件向开采煤层方向推进。钻头采下的煤通过钻杆运出,煤直接落在布置在巷道内的刮板输送机上。在工作过程中,通过风管不断向工作面通风,并用瓦斯测量仪监测瓦斯浓度;放置在风管边的软管向执行机构的喷头供水,保证降尘。当第一节钻杆全部钻进煤层后,主机停止运转,主机上的液压装卸钻杆装置把钻杆与主机脱开,推进油缸带动传动部件退回,单轨吊将第二节钻杆吊起,装卸钻杆装置把它与主机和第一节钻杆连接,然后再进行钻采。当最后一节钻杆钻至要求煤层深度后,再逐节把钻杆退出。绞车拖动机组沿巷道向前移动一个采宽距离,按照前面的步骤进行下一循环的钻采。

1.3.3 钻式采煤机的开采工艺

采用钻式采煤机采煤,可采用后退式独头钻采的工艺方式或前进式独头钻采的工艺方式。后退式独头钻采的工艺方式,上山方向钻采完后再退回调头钻采下山方向煤层;前进式独头钻采的工艺方式,沿煤层下山方向进行钻采,下山方向钻采完后再退回调头钻采上山方向煤层。钻式采煤机布置在平巷中,采用纵向钻头,向巷道(工作面)一帮煤层钻孔,钻头纵向推进割煤,螺旋钻杆掏煤,煤从钻孔内掏出,直接落在平巷钻孔一侧的刮板运输机上运走。钻式采煤机采煤工作面设备配置如图 1-5 所示。

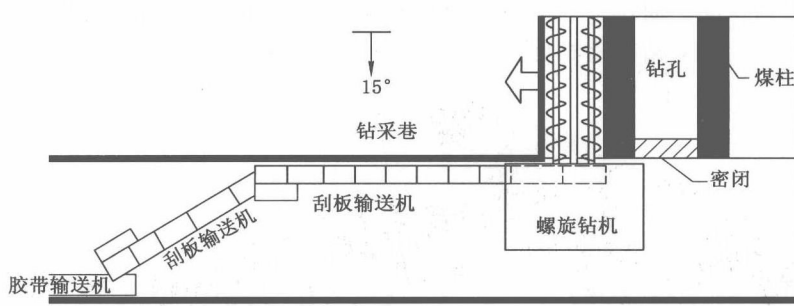


图 1-5 钻式采煤机采煤工作面设备布置

1.4 钻式采煤机的研究现状

钻式采煤机最早应用于解决露天煤矿到界边坡压煤的回收问题,这种开采方法从露天矿底部通过一系列平行巷道或钻孔,将到界边坡中的大量煤炭资源回收。当露天矿开采达到最终的边坡位置,采用露天或井工开采难以回收或回收不经济时,该技术显示出巨大的优势。该开采方法的应用范围是煤层埋藏较浅(30~60 m)、煤层及顶底板强度低、每个采场(钻孔)的断面小、煤柱的宽高比较小、开采范围较大且不支护的煤层。

在 1945 年前后,美国开始使用大直径螺旋钻机来回收露天煤矿的到界边坡压煤^[3]。20 世纪 50 年代,美国为将简单的露天矿钻采机应用到井下,进行大量的研究工作,以使机器能适用于井下有限的空间^[4]。美国卡普普顿(Compton)公司研制单向钻式采煤机(如图 1-6 所示),用于开采 0.75 m 以上的煤层,该机组借助液压迈步机构自行移动,钻架座由液压马达通过传动机构驱动绞盘旋转向前推进,钻机工作时用四个液压缸支撑固定在顶板间,主轴与钻杆转速为 45 r/min,驱动电机功率为 18.4 kW,钻架座推进速度为 2 m/min,钻孔深度为

38 m^[5]。该机型的钻头直径有 610 mm 和 950 mm 两种型号。钻头整体呈筒形,截齿安装在同轴线圆形的内外两金属筒的边缘上。这种钻头采下的煤块度较大,截割比能耗较低,但由于固定截齿的内外两圆形金属筒的半径差较大,常使得两金属筒之间的煤不能全部崩落,造成钻机推力过大,同时由于自身结构的限制,钻头排煤效果也不好。在西弗吉尼亚州的爱尔兰矿进行钻采试验,增加煤柱的开采,尽管由于煤的强度特性变化而使机器在方向控制上出了问题,但机器仍从窄煤柱旁侧开采了一个直径 1 m、深 30 m 的钻孔^[6]。

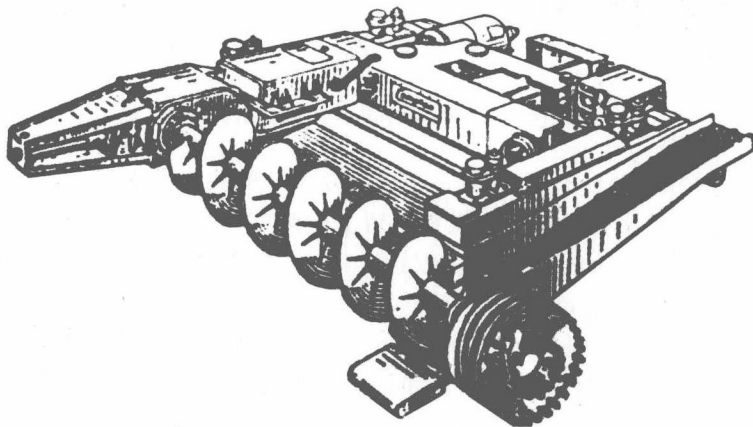


图 1-6 美国卡母普顿公司研制的螺旋钻机

美国 Saleym Tool 公司开发了 Auger Miner 型单轴双向钻进钻式采煤机(如图 1-7 所示),其钻头直径有 850 mm 和 1 000 mm 两种型号,截割速度不大于 3.3 m/min。该机的钻头为双翼板式,钻头顶端装有类似倒立三角形的开孔专用刀具,而截齿安装在翼板上的齿座中。这种钻头的钻进性能较好,但生产效率较低,使用中易出现截齿寿命较短及翼板折断等问题。

20 世纪 70 年代末, Saleym Tool 公司又开发出井下钻式采煤机(Underground Auger Miner),用于开采房柱式采煤法中留下的煤柱,也可用于开采 0.9 m 厚的缓倾斜煤层。该机组的钻头结构相对 Auger Miner 型钻机的钻头没有多大改变,只是在翼板上增加了紧固装置。该钻机架上有两个钻架座,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;钻机上设有两个钻头,一个处于工作状态,另一个处于非工作状态;钻机机体安装在矩形平台上,借助两个迈步滑板,沿巷道移动。钻机工作时,用四个设在机架四角的液压油缸顶撑巷道顶板,固定钻机,用两个侧向液压油缸承担钻进时的推力,该机组设有排风系统,能排除钻孔时产生的煤尘和瓦斯。

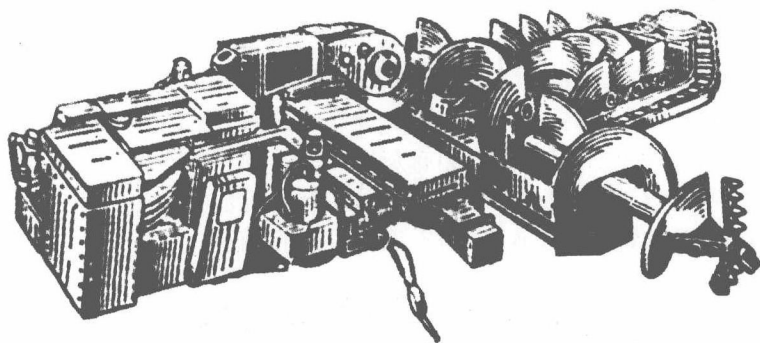


图 1-7 Auger miner 螺旋钻机

美国在 1977~1979 年研制出安捷尔哥劳德—奥盖尔马依涅尔钻式采煤机。这种机械主要是用来开采房柱式煤田中留下的煤柱,也可以用来开采 0.9 m 以下的缓倾斜煤层,它的单向钻进长度达 25 m。在 20 世纪 90 年代后期,美国 BryDet Development 公司与澳大利亚 CET 公司联合开发了单、双钻式采煤机(The Super Twin and Super Singer Auger)^[7]。开发的新钻式采煤机不仅加大了设备尺寸和容量,而且使钻孔位置和切割头可控制。该设备的切割头直径范围在 1.5~1.85 m 之间,钻进深度超过 160 m。钻孔导向系统引进激光陀螺仪和 Gamma 传感器,对工作面进行实时瓦斯监测,允许在高瓦斯煤层中作业。这种高性能的钻式采煤机在 NSW 的 Workworth 煤矿进行生产测试。该矿地质条件较差且煤层和顶底板强度较低,煤层厚度为 2.1 m、钻孔直径为 1.85 m、煤柱宽度为 1.2 m。开采中未发现不稳定迹象,而且经过一段时间后钻孔和煤柱仍然保持很稳定。由于该钻机采用实时钻孔导向和定位技术,从而加大了钻进深度,提高了资源回收率,该技术的成功应用为露天煤矿边帮下压煤的回收提供了新的技术。但是这种先进的机型由于其体积较大,在井下使用还需进一步改进。

20 世纪 50 年代末期,英国研制了多螺旋钻具的 Collins 钻采机,其截割机构由三个螺旋钻具组成,并排安装在机器前部,中心螺旋钻较两侧螺旋钻稍前一些。该机最早的设计即为远控机,机内装有探测和方向控制装置,用 γ 射线进行垂直探测,水平调整是利用观测机体后面的一目标,调整机体一侧的液压缸进行。该机型在试验过程中表明,钻孔深最长为 27 m,最优长度为 15 m。

1958 年前苏联开始在井下采用钻式采煤机钻采技术^[4],并进行大量的研究工作。最早的 BUG 型是一种简单的钻采机,该机设计可钻孔长 50 m,但由于钻采过程中的导向问题,钻孔长度很少超过 35 m,一般平均长度为 24 m。20 世纪

70 年代,前苏联顿巴斯矿区顿涅茨克矿业研究院开发采用钻式采煤机开采薄煤层的采煤方法,并于 1979 年在顿巴斯矿区马斯宾斯克矿试验成功,进而推广应用^[8]。1980 年顿涅茨克煤科院等单位共同合作研制出结构更为合理、性能更完善的 БУГ—3 型钻式采煤机,该机为双向双主轴钻机,钻机工作时,四个水平油缸使钻机固定,四个垂直油缸调整钻进角度,设有通风除尘装置,保证钻机在高瓦斯矿井使用,机组可以靠履带自行行走。为防止钻具偏离,在钻头和钻杆上均设细杆铰接。单轨吊完成搬运钻杆任务。该机型的钻头为三角辐射型扩孔钻头,钻头体的结构如图 1-8 所示,其上的齿座中装有刀型截齿,并用螺栓将截齿固定在钻头体上。该机型的钻具在使用中跑偏仍十分严重。БУГ—5 型钻式采煤机是 БУГ—3 型的改进型^[5,9],它与 БУГ—3 型的主要区别在于螺旋钻头,这种钻头带有特殊的偏转式截割机构,即在钻孔达到预定深度后,通过远程控制装置,将钻头与首节钻杆向一侧转动一定的角度(如图 1-9 所示),在钻杆的回程中,可以采出钻孔间的煤柱^[10]。研制这种钻头的目标在于提高煤炭的回收率,但由于忽略采空后上覆煤岩的塌陷问题,使用中出现过卡钻现象;同时由于钻头及首节钻杆没有固连在一起,工作过程中两排首节钻具之间还可能发生干涉、跑偏等问题。

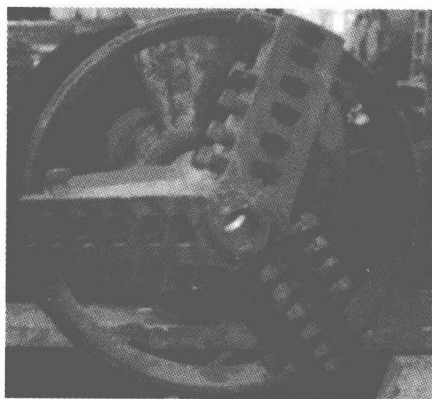


图 1-8 БУГ—3 型钻机的钻头体结构

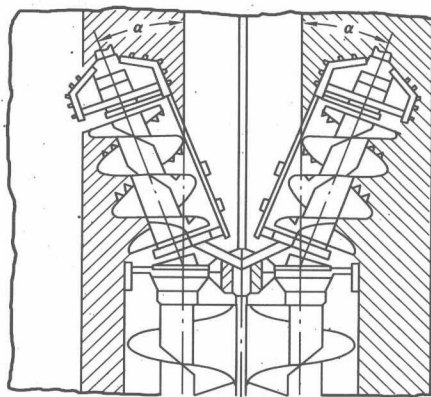


图 1-9 БУГ—5 型钻机的钻头扩孔原理

在 20 世纪 80 年代以前钻式采煤机采煤技术在德国 Hirschberg 等矿被采用^[7],但由于开采时缺乏方向控制及较低的切割能力等技术问题,制约了该技术的应用。

国外钻式采煤机主要机型的技术参数列于表 1-2 中。