

高等院校规划教材

# 采矿新技术

CAIKUANG XINJISHU

(修订本)

主 编 邹光华 王玉怀  
副主编 刘国林 田 多 刘玉德

煤炭工业出版社

高等院校规划教材

# 采 矿 新 技 术

(修 订 本)

主 编 邹光华 王玉怀  
副主编 刘国林 田 多 刘玉德  
主 审 张 麟

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

**图书在版编目 (CIP) 数据**

采矿新技术/邹光华, 王玉怀主编. —修订本. —北京:  
煤炭工业出版社, 2010 (2012. 8 重印)

高等院校规划教材

ISBN 978-7-5020-3642-3

I. ①采… II. ①邹… ②王… III. ①煤矿开采-高等  
学校-教材 IV. ①TD82

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 024939 号

(北京市朝阳区... 100029)

网址: [www.ccipn.com.cn](http://www.ccipn.com.cn)

北京玥实印刷有限公司 印刷

新华书店北京发行所 发行

\*

开本 787mm × 1092mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 印张 13<sup>1</sup>/<sub>4</sub>

字数 312 千字 印数 4 001—7 000

2010 年 3 月第 1 版 2012 年 8 月第 3 次印刷

社内编号 6452 定价 28.00 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

本书主要介绍了薄煤层综采综掘技术、安全高效一次采全高综采技术、放顶煤开采技术、煤炭清洁开采技术、巷道支护与围岩加固新技术、注浆加固新技术，同时还介绍了采矿计算机应用技术、试验与测试技术以及顶板灾害防治新技术等内容。

本书可作为矿业类院校采矿、安全等专业的教材，也可供煤炭行业工程技术人员参考。

# 前 言

近年来，我国煤炭开采与生产技术取得了巨大进步，有力地促进了煤炭工业的发展，为了把有关技术及时传递并使之发扬光大，促进煤炭科学技术水平进一步提高，我们参考了国内外采矿技术的发展情况及科研成果，对《采矿新技术》进行了再版修订。

编写本书的主要目的是适应矿业类专业教学、科研和生产建设的需要，为采矿工程等专业的学生提供教学参考书。编写本书的出发点是强调技术要新，尽可能把新的采矿技术介绍给读者，使读者能够了解国内外采矿技术的最新发展动态。

本教材是作者在多年科研和教学工作的基础上，并广泛参阅国内外的有关论著以及煤矿生产的成功经验之后编写而成的。全书共分九章，由刘玉德（第一章）、王玉怀（第二章、第三章、第四章第一节）、刘国林（第四章第二节）、邹光华（第五章、第六章、第四章第三节和第四节）、石建军（第七章）、田多（第八章、第九章）分工编写，邹光华、王玉怀任主编，刘国林、田多、刘玉德任副主编，全文由邹光华统稿。感谢华北科技学院张骞教授对全书进行了认真的审阅并提出了修改意见。

本书引用和参考了国内外大量文献，对文献作者表示最真诚的谢意！

由于编者水平有限，书中不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

**编 者**

2010年1月

# 目 次

第一章 薄煤层综采综掘技术.....	1
第一节 薄煤层刨煤机综采技术.....	1
第二节 薄煤层滚筒采煤机综采技术 .....	11
第三节 薄煤层螺旋钻采煤机综采技术 .....	15
第四节 薄煤层巷道综合机械化掘进技术 .....	23
第二章 安全高效一次采全高综采技术 .....	29
第一节 概述 .....	29
第二节 安全高效综采工作面参数的确定 .....	33
第三节 安全高效综采采煤工艺 .....	44
第四节 安全高效综采设备配套技术的应用 .....	52
第三章 放顶煤开采技术 .....	57
第一节 国内外应用概况 .....	57
第二节 综采放顶煤开采的主要工艺方式 .....	58
第三节 轻型放顶煤开采技术 .....	63
第四节 其他放顶煤开采技术 .....	65
第五节 综放开采制约因素 .....	69
第六节 《煤矿安全规程》对放顶煤开采的规定 .....	72
第四章 煤炭清洁开采技术 .....	74
第一节 概述 .....	74
第二节 煤层气开采技术 .....	80
第三节 煤炭液化 .....	88
第四节 煤炭气化 .....	90
第五章 巷道支护与围岩加固新技术 .....	93
第一节 巷道支护理论 .....	93
第二节 新型锚杆支护新技术 .....	95
第三节 锚索复合支护新技术.....	104
第四节 拱形桁架复合支护技术及其他支护技术.....	109

第六章 注浆加固新技术·····	114
第一节 概述·····	114
第二节 无机注浆材料·····	124
第三节 有机注浆材料·····	128
第七章 采矿计算机应用技术·····	138
第一节 矿山设计 CAD ·····	138
第二节 数据库技术在采矿中的应用·····	142
第三节 力学分析软件在采矿工程中的应用·····	145
第四节 数字矿山技术简介·····	152
第八章 试验与测试技术·····	159
第一节 采矿试验新技术·····	159
第二节 现场监测新技术·····	168
第九章 顶板灾害防治新技术·····	184
第一节 顶板灾害监测新技术·····	184
第二节 顶板灾害控制新技术·····	189
参考文献·····	204

# 第一章 薄煤层综采综掘技术

## 第一节 薄煤层刨煤机综采技术

薄煤层长壁式刨煤机综采设备工作安全，块煤率高，适宜于开采厚度较小且煤层地质条件变化不大的煤层。目前，薄煤层刨煤机综采工作面单产和效率都已接近或达到中厚煤层的水平，在一定条件下，刨煤机的生产能力已接近一般滚筒采煤机的生产能力。

### 一、刨煤机综采工艺

#### 1. 开采工艺

刨煤机采煤技术始于1937年德国，1941年正式应用于煤矿生产，后推广到波兰、奥地利、西班牙等20多个国家。这些国家在刨煤机开发、制造和应用等方面都取得了飞速发展，并使全自动刨煤机系统成为薄煤层开采的一种较为理想的采煤工艺，有些国家刨煤机开采的煤炭产量占总产量的50%以上。

为了尽快改善薄煤层开采状况，赶上世界先进水平，近几年我国煤炭行业紧紧领先科技进步，在解决薄煤层开采方面取得了很大成就。例如，我国多家煤炭生产企业从德国DBT公司引进了多套自动化刨煤机采煤工作面成套设备。该类设备体积和通风阻力小，便于瓦斯管理，降低粉尘浓度，工作面可以实现无人作业，有利于工作面安全生产。自动化刨煤机工作面布置如图1-1所示。

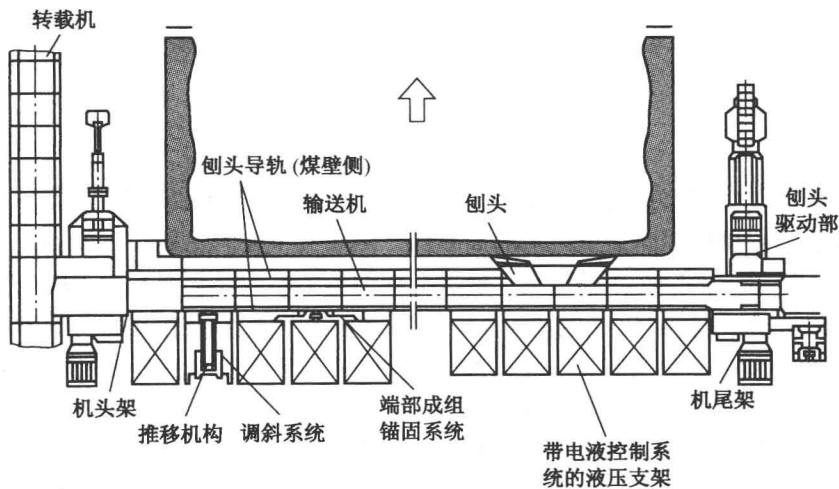


图 1-1 自动化刨煤机工作面布置示意图

刨煤机工作时，刨头在无极圆环链（即刨链）的牵引下，沿着安装在输送机中部槽上的导轨（即滑架）运行，刨刀将煤刨落，刨落的煤在刨头和犁形斜面导轨的作用下被



装入输送机运出工作面。自动化刨煤机刨头工作过程如图 1-2 所示。

刨头沿运行导轨，由刨链牵引，通过机头、机尾传动部在工作面往复运动，依靠刨刀对煤壁形成的静压力将煤刨落，在刨头和犁形斜面导轨的作用下将煤装入输送机运到工作面下端口。底刨刀和液压支架定量推进系统控制刨削深度，电气自动控制系统及电液控制系统控制刨头，并驱动电动机减速、停机、反向和液压支架的推溜、降架、拉架和升架。如此循环往复，实现全自动化连续采煤。图 1-3 所示为刨煤机工作原理。

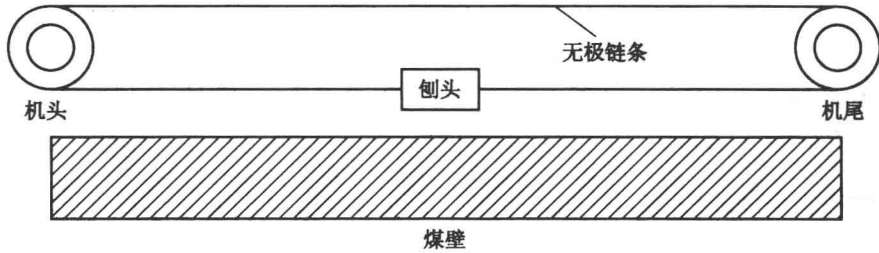
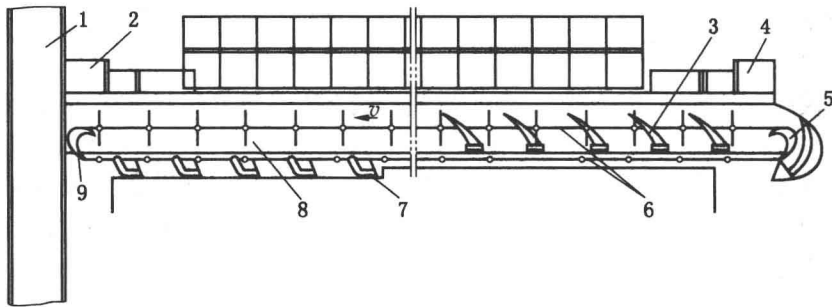


图 1-2 自动化刨煤机刨头工作过程示意图



1—转载机；2、4—传动装置工作面输送机；3、7—煤刨推移千斤顶；  
5、9—导向体与斜置链轮；6—圆环链；8—输送机

图 1-3 刨煤机工作原理示意图

传统采煤机设备截深较大，回采工艺要求十分严格，而刨煤机刨深远小于采煤机截深，从而减小了刨煤机在回采工艺上的局限性。刨煤机工作时，通常工作面两端均采用端头斜切进刀，刨头沿工作面往返刨煤，然后合理调整工作面两端头和中部段刨深，使工作面输送机始终处于平直状态。在刨头运行轨道采空区一侧，安装在液压支架推移杆上的调斜千斤顶可实现底刨刀的调斜，在正常生产中调斜千斤顶可人工操作，使刨头下切或上仰，以适应工作面在纵向上的起伏不平。

刨头在工作面往返自动运行，液压支架的各种动作及输送机的推移均由计算机远程控制系统控制，工作面内每 3 个支架上安装一台 PM4 支架控制单元，每台支架上配有电磁阀和推移测控杆，用以实现支架的各种动作，且每个 PM4 支架控制单元均有自身的地址和编码。当刨煤机通过当前支架一段距离后，PM4 开始控制工作面支架进行相应动作，当推移千斤顶剩余行程小于下次刨深时，液压支架就会自动前移。输送机的推移距离由上行刨深和下行刨深决定，每次输送机的推移量即为下次的刨深。通过 PM4 对支架的控制，

可以实现刨煤机对煤壁的定量刨削，从而达到整个刨煤机系统的定量刨煤，其具体过程如图 1-4 所示。

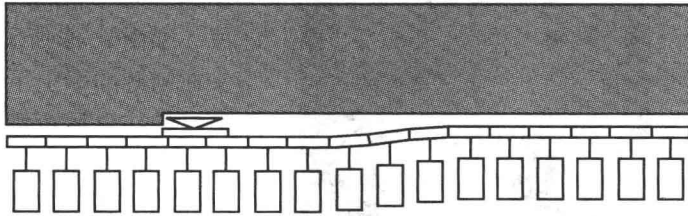


图 1-4 刨煤机定量刨煤及推进机制示意图

刨煤机开采系统由掩护支架上的 PM4 支架控制单元控制，PM4 支架控制单元，通过电磁阀可使切割头保持设定的截深（不管是硬度一致的煤还是硬度变化不均的煤或煤矸石，截深均相同）。输送机可推进到刨煤机后面规定的一定距离，避免了刨煤机机体被挤压，同时也便于刨煤机自动翻转（如在工作面端头）。

自动刨煤系统由位于遥控站的中央控制装置（MCU）控制。遥控站一般布置在采区运输巷内，也可布置在井下任何位置或地面上。刨头位置和工作面自动控制的主要参数由刨煤驱动系统连续监测。

## 2. 开采工艺设计

刨煤机的开采工艺主要由刨头运行速度、工作面刮板输送机链速以及刨深等因素决定。刨煤机上行刨煤和下行刨煤时，根据刨头运行速度与刮板输送机链速之间的关系，刨煤机开采主要有以下两种方法：

### 1) 重叠或超载方法

特点：刨头速度始终大于输送机链速。

应用范围：通常适用于坚硬的薄煤层。

刮板输送机载荷情况：输送机上载荷重叠。

### 2) 混合方法

特点：上行刨煤时刨头速度大于输送机链速，下行刨煤时刨头速度小于输送机链速。

应用范围：通常只用于松软的厚煤层。

刮板输送机载荷情况：输送机上载荷分布较均匀。

## 二、刨煤机结构

刨煤机是薄煤层工作面刨削煤层的动力设备，主要由刨头、采煤工作面两端驱动装置、刨头运行导轨及无极牵引链（刨链）组成，其具体结构如图 1-5 所示。

### 1. 刨头

刨头是刨煤机的截割部，是直接刨削煤壁的关键部件，主要由刨

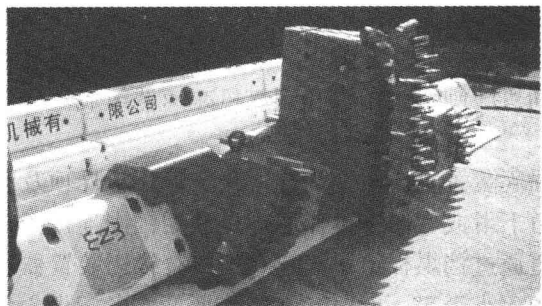


图 1-5 刨煤机结构

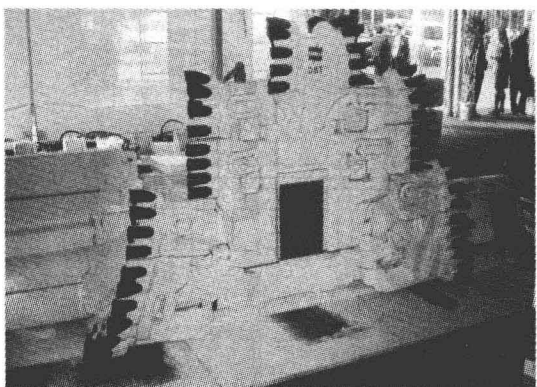


图1-6 刨头结构

刮板输送机上，提高煤炭采出率。

### 2. 刨头运行导轨（滑架）

刨头运行导轨是采煤工作面运煤和刨头赖以滑动的装置，由中间标准运行导轨、两端运行导轨、链条、刮板、电缆槽、调斜装置、锚固装置、机头驱动装置、机尾驱动装置等部分组成。刨头运行导轨接受刨头刨削的煤块，由链条刮板将落煤运到工作面下端口，并尾随刨头向工作面推进方向自动迁移。

### 3. 无极牵引链

无极牵引链是隐藏在刨头导轨腔内，连接刨头和机头、机尾驱动装置的传动链索。运行前必须由液压紧链装置按设定的值对其进行张紧，使其处于最佳工作状态。

### 4. 调斜装置

调斜装置是由调斜千斤顶、连接球头、球窝及液压控制阀组成。调斜液压控制阀组控制调斜千斤顶活塞杆的伸缩，使刨头运行轨道和刨头上仰或下切，适应煤层起伏不平的变化，达到少丢煤、不丢煤、不啃岩石，减少刨刀磨损的目的。

### 5. 紧链装置

紧链装置的主要作用是对刨链在工作之前进行必要的预紧，从而使刨头能够安全可靠的工作。刨煤机的紧链过程实际上是液压系统对刨煤机链轮位置进行改变的过程。

### 6. 驱动装置

驱动装置是刨头的动力源，位于采煤工作面两端，由功能和构成完全相同的两部驱动装置组成，按其所在位置，通常称为机头驱动装置和机尾驱动装置。驱动装置主要由刨煤机电动机、刨煤机链轮和刨煤机减速器组成。

### 7. 锚固装置

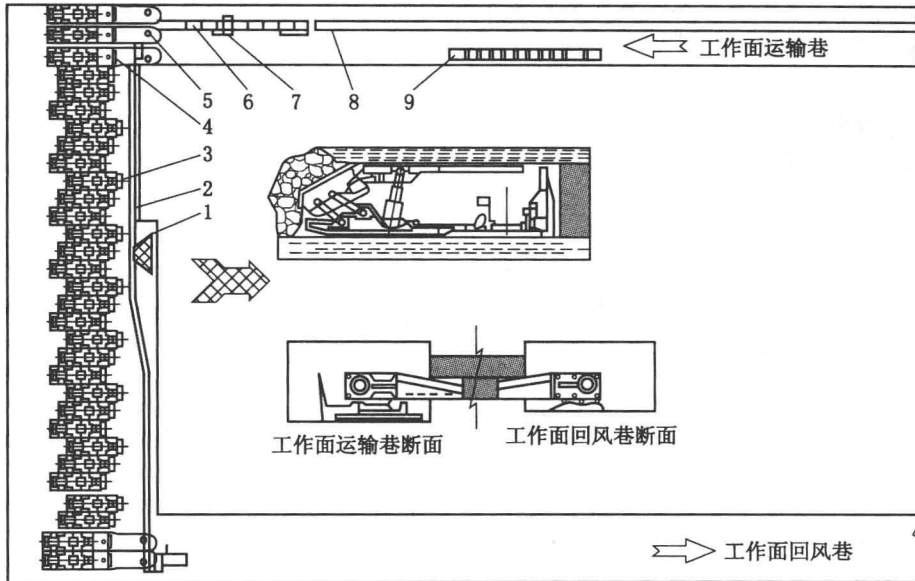
锚固装置主要由锚固连接板、液压千斤顶及固定连接部件组成，其作用是防止刨头运行轨道下滑或弯曲，工作原理是利用锚固连接板及液压千斤顶，将液压支架底座与刨头运行轨道通过挡煤板给予固定和连接。锚固装置数量由工作面倾角大小确定，当工作面煤层底板倾角小于 $5^{\circ} \sim 8^{\circ}$ 时，在工作面两端各安设3套锚固装置，即可有效防止刨头运行轨道下滑或弯曲。

体、加高刨刀座、中心顶刨刀架、左（右）底刨刀架、顶刨刀座、刨链连接器、煤粉清扫器等部件组成，如图1-6所示。安装刨刀的刨头在刨链的牵引下，沿刨头运行轨道自动往返运行刨削煤壁。当煤层厚度发生变化时，可通过安装不同形式的加高刨刀座或调节中心顶刨刀架，改变刨头的工作高度，实现对不同厚度煤层的有效开采；当煤层起伏较小时，可通过调节底刨刀架位置，使底刨刀实现“上飘”和“下啃”，将刨落的煤一次性地装到

### 三、配套设备

自动化刨煤机采煤工作面配套设备主要有输送机（1部）、转载机（1部）、破碎机（1部）、电液控制系统（1套）、电气控制操作台（1套），以及与刨煤机配套、带有液压/电磁控制系统的工作面液压支架。

图1-7所示为刨煤机工作面配套设备布置示意图。



1—刨煤机；2—刮板输送机；3—液压支架；4—调节支架；5—端头支架；  
6—转载机；7—破碎机；8—带式输送机；9—变电列车

图1-7 刨煤机工作面配套设备布置示意图

#### 1. 配套原则

从高产高效、一井一面、集中生产、集中控制的薄煤层综采发展趋势要求出发，应增大工作面设计长度，选用能刨硬煤的刨煤机组，合理调整刨深，提高刨煤速度，相应提高液压支架的移架速度，与大运输量、高强度的工作面刮板输送机相匹配；采用长距离运输巷道和相应运输量的带式输送机，从设备技术性能要求出发，所选综采机械设备必须技术先进、性能优良、可靠性高，同时各设备间相互配套性好，能保持采运平衡，最大限度地发挥薄煤层综采优势。

在对自动化刨煤机进行技术配套时，首先应明确全自动化刨煤机系统对每台设备技术性能、生产能力、安全可靠性的要求，从而确定配套设备之间的相关技术参数，具体要求有以下几点：

(1) 设备生产能力要满足高产高效要求。薄煤层刨煤机工作面的生产能力决定了刨煤机系统其他设备的生产能力，因此要求配套设备的额定生产能力都要满足刨煤机的生产能力。

(2) 相关配套设备能实现自动化控制。对于薄煤层开采，如果无法实现自动化控制，

一方面会给生产人员带来较大的劳动强度，另一方面也无法达到高产高效的目标。

(3) 配套设备安全性、可靠性高。安全是煤矿生产的第一责任，所有刨煤机系统设备必须符合《煤矿安全规程》的要求。另外，由于薄煤层工作面人员作业空间狭窄，设备维护不方便，因此必须要求配套设备的可靠性高，故障率低。

(4) 国产设备能够与引进设备实现可靠连接。因为引进的某些零部件标准制度与我国的相关标准有所差异，刨煤机对零部件材质、热处理、加工精度、供电、供液压、供水、油脂等都有很高的技术要求，因此要充分考虑与之配套的设备、零部件等能充分满足全套设备的整体要求，以达到高产高效的目的。

## 2. 配套设备的主要技术特征

### 1) 刨煤机

刨煤机主要技术特征见表 1-1。

表 1-1 刨煤机主要技术特征

序号	项 目	技 术 特 征
1	刨头	最小高度为 880mm，最大高度为 2010mm
2	额定生产能力/(t·h <sup>-1</sup> )	750 (煤层厚度为 1.8m)
3	刨链速度/(m·s <sup>-1</sup> )	上行 1.92，下行 0.96
4	刨链	单链 φ38mm × 137mm
5	链环材质	23MnNiCrMo52
6	链条质量/(kg·m <sup>-1</sup> )	29
7	链环	破断力为 1810kN
8	链接头	最小破断力为 1810kN
9	刨头导轨	焊接在运行轨道工作面侧，导轨材质为 WL70，导轨高度为 548mm
10	中部槽接头破断力	工作面侧哑钎销 2000kN，拉力为 1230 ~ 1410MPa
11	导轨弯曲度/(°)	水平 +1.2，垂直 +6.0
12	接近底链方式	打开上导轨
13	电动机台数	2
14	机头驱动部安装功率	200/400kW，1140V，50Hz 持续功率
15	电动机绝缘等级	H
16	电动机保护等级	IP56
17	额定电流/A	160/267
18	启动电流	550% /660% FLC
19	额定转速/(r·min <sup>-1</sup> )	740/1485
20	过热保护	3 × PTC 绕组
21	冷却水流量/(L·min <sup>-1</sup> )	15
22	刨煤机机头驱动架	HK30-2 整体链轮
23	电动机最大功率	1 × 400kW
24	链轮	50CrMo4V 铸造齿数为 6

## 2) 刨煤机工作面液压支架

液压支架是综采工作面的主要设备之一，它与采煤机、刮板输送机并称为“三机配套”，是综采工作面安全高效得以实现的关键设备。我国薄煤层刨煤机综采工作面使用的架型主要有 ZZ 系列支撑式支架和 ZY 系列掩护式支架。

(1) ZZ 系列支撑式支架。该系列支架切顶能力强，稳定性好，支护强度大，易于操作。支架的工作阻力为 2000 ~ 10000kN，支架高度为 0.9 ~ 4.7m，一般在工作面倾斜 15° 以上时配防倒、防滑装置。支架的结构特点为：立柱呈 X、V 型布置，两柱支顶、两柱支撑式或四柱支顶；顶梁为整体、楔体或铰接型，有前伸缩梁或挑梁；底座有整体分体、半刚性分离底座，可设抬底座机构。

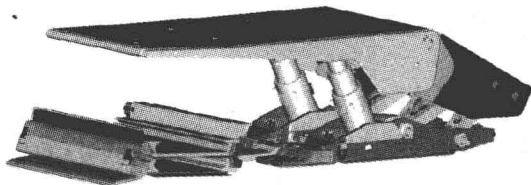


图 1-8 薄煤层掩护式液压支架

(2) ZY 系列掩护式支架。该系列支架采高范围大，支架长度短，相对成本低，操作灵活(图 1-8)。支架的工作阻力为 1800 ~ 6000kN，支架高度为 0.75 ~ 3.8m。支架的结构特点为：两立柱支顶，个别有一柱支撑掩护梁代替平衡千斤顶；整体和铰接（或楔型）顶梁，有前挑梁或伸缩梁；整体分体、半刚性分离底座，设抬底座机构；本架或邻架操作。

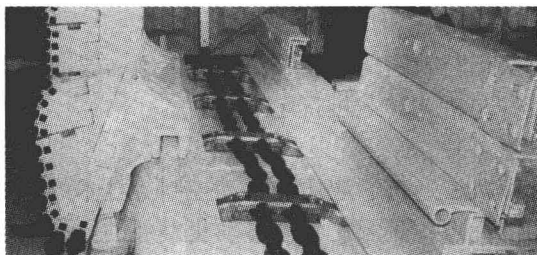


图 1-9 刨煤机工作面刮板输送机（局部）

## 3) 薄煤层刨煤机工作面刮板输送机

刨煤机工作面刮板输送机是以牵引构件和中部槽为支承机构的连续运输机械，由机头部机头架、传动装置和链轮组件等部件组成(图 1-9)。

机头架的作用除卸载外，还对传动装置、链轮组件、盲轴和其他

附属部件等起着支承装配的作用。

传动装置包括电动机、减速器和液力联轴器。电动机均采用三相异步防爆电动机，减速器采用大功率行星减速器。

当前，刮板输送机多采用液力偶合器作为联轴器，或采用双速电动机。

为了研制高可靠性的薄煤层输送机，将用于重型刮板输送机的铸造槽帮整体组焊式中部槽的成熟技术移植到薄煤层输送机上，并获得成功。与轧制槽帮相比，整体铸焊中部槽 630 槽宽系列输送机有了跨越式进步。薄煤层铸造槽帮输送机性能参数见表 1-2。

薄煤层铸造槽帮输送机的特点如下：

- (1) 整体中部槽高度较小。
- (2) 不增加输送机机头的卸载高度。
- (3) 配置结构更加紧凑的行星减速器。
- (4) 刮板链的安全裕度增大。

表 1-2 薄煤层铸造槽帮输送机性能参数

项 目	SGB630/150	SGZ630/220	SGB630/220	SGZ630/220	SGZ630/264	SGD630/180
长度/m	150	150	150	150	150	150
功率/kW	150	220	220	220	264	180
输送能力/(t·h <sup>-1</sup> )	250	450	450	450	600	350
圆环链规格/mm	φ18	φ22	φ22	φ26	φ26	φ26
减速器型式	定轴		定轴	行星		定轴

(5) 生产能力增强。

(6) 具有更高的可靠性，大幅度降低设备的故障率。

(7) 具有更广泛的适应性。

(8) 铸造槽帮输送机采用销轨式无链牵引机构，淘汰链牵引机构，有利于煤矿的安全生产。

#### 四、刨煤机系统的核心技术

全自动化刨煤机系统的核心技术是薄煤层采煤工作面实现“采、运、移”自动化的技术关键，由刨煤机、刨头运行轨道、电液控制系统和电气自动化控制系统 4 大部分组成。

##### 1. 刨煤机和刨头运行轨道

刨煤机的工作是刨削煤壁、装煤。刨头运行轨道既是刨头的运行导轨，又是工作面煤块着落、连续运煤的装置，沿工作面铺设，与桥式转载机首尾搭接。

##### 2. 电液控制系统

电液控制系统是综合运用了电子、计算机、通信、液压和自动控制等技术的机电一体化自动控制系统，具有安全、高效、实用的优点，是煤矿生产自动化发展的方向。电液控制系统主要有全工作面自动化控制系统、双向邻架控制系统和双向成组控制系统等类型。

电液控制系统由 PM4 控制单元、电液控制阀组、电缆、电源、电气控制元件等组成，分别与相关装置连接，使非电力设备完成回采过程中不同形式的动作要求。PM4 电液控制系统的布置情况如图 1-10 所示。电液控制系统的工作框图如图 1-11 所示。

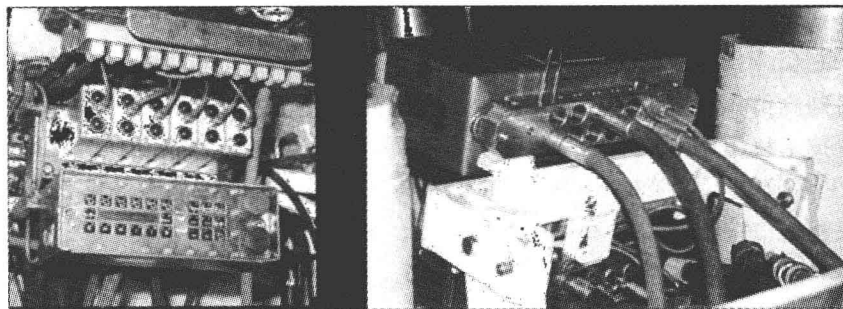


图 1-10 PM4 电液控制系统布置示意图



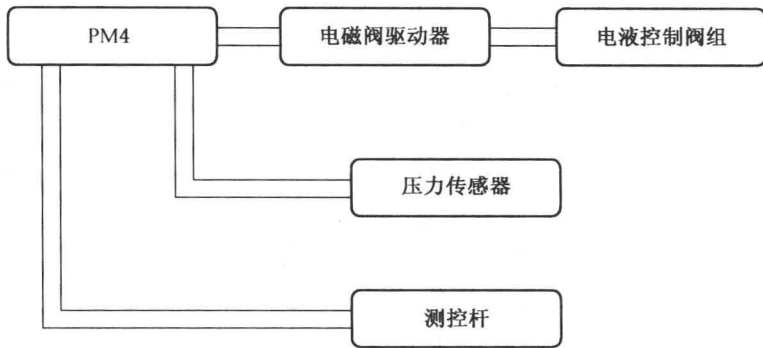


图 1-11 电液控制系统工作框图

(1) PM4 是液压支架电液控制系统的核心，是控制回采工作面液压支架、刨头运行轨道、机头（机尾）驱动托架移动的智能装置。正常情况下，每一台液压支架配备一台 PM4，每一台 PM4 接收与本架有关的监测数据，并编译这些数据，且确定由电液控制阀组执行的各种操作程序所要求的命令。它能够控制液压支架所有的功能，如同一个人机对话系统，可使操作人员执行单个的支架动作和自动化功能，连续不断地显示出程序数据。

(2) 电液控制阀组布置形式为每个液压支架安装 1 组。

(3) 电气控制元件包括稳压电源、电耗适配器、绝缘适配器、立柱压力传感器、推移位移传感器、数据传输耦合器等。

电液控制系统由设在工作面运输巷的主控台（MCU）控制，主控台（MCU）不但控制全工作面，而且还能够在图形显示屏幕上监控工作面，如刨头位置、输送机位置、支架位置、立柱压力、推移千斤顶行程等，并可向支架控制器 PM4 输入程序指令，并控制 PM4，使之执行各种自动控制功能。PM4 接收压力传感器传输的信号并判断支架是否达到初撑力，如达不到初撑力，PM4 将不执行自动控制功能。当 PM4 接收到刨头位置信号、压力传感器信号时，PM4 指令电液控制阀组动作，从而使支架完成降架、推移输送机、拉架、升架等功能。支架自动控制程序如图 1-12 所示。

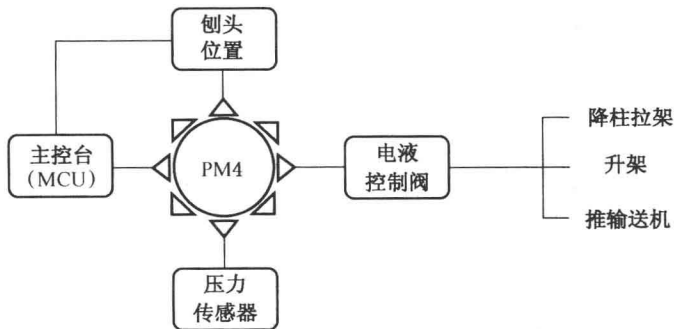


图 1-12 支架自动控制程序

### 3. 电气自动化控制系统

电气自动化控制系统包括 PROMOS 控制系统和 PM4 液压支架控制系统。图 1-13 所



示为刨煤机自动控制系统。

(1) PROMOS 控制系统是整个自动化工作面的控制核心，主要包括 PE2000E 控制器、控制系统电源 PE2397AR、操作控制台 PE4007C、KE1004 开关、KCC1C 控制接口、辅助控制器 PE4021、急停开关 PE7121、扩音电话 PE9354W、扩音电话 PE9351K、控制接口 PE4110、电控水阀 GH6020D、流量计 HRS20MI、选择开关 PE3010、起停开关 PE3011S、电磁传感器 1N22-1-165-10、同步开关、终端停止开关。

(2) PM4 支架控制系统包括的设备有 MCU 主控单元、PM4 服务器、5V 直流电源、12V 直流电源、交流滤波器、电源适配器、绝缘适配器、数据耦合器、电磁阀驱动器及相关电源。其中，电源适配器位于变电列车上的控制室内，其余设备位于工作面内。

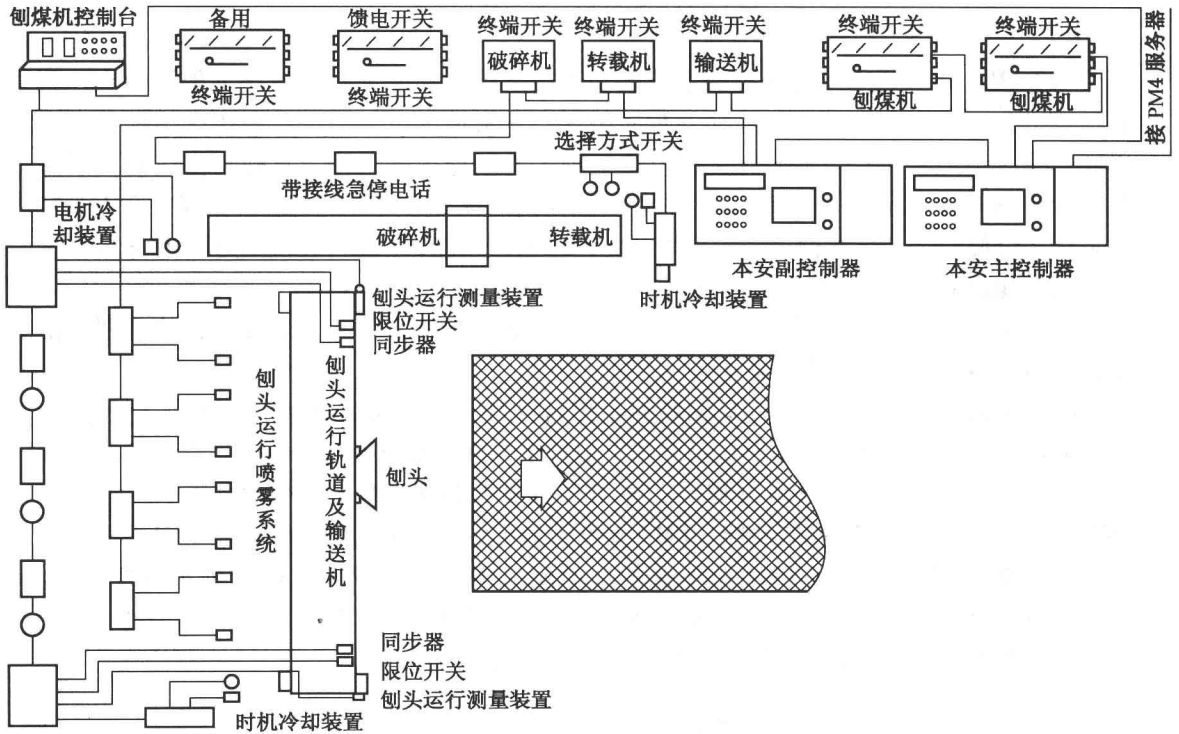


图 1-13 刨煤机自动控制系统示意图

## 五、刨煤机综采技术发展趋势

刨煤机向着大功率、快速度、高强度方向发展，刨煤功率越来越大，自动化程度越来越高，各种保护装置日趋完善。同时，提高了刨煤机刨硬煤的能力（增大装机功率，提高部分元部件的可靠性）和刨头调向装置的灵敏度。

刨煤机不仅可以成功地用于薄煤层开采，而且也应用于中厚煤层的开采。例如，德国在 1.5 ~ 1.8 m 的煤层中使用刨煤机开采，平均日产原煤 2312 ~ 4899t。在较厚的煤层中，刨煤机工作面的最高工效可达 37t/工。我国新汶矿业集团华丰煤矿在大倾角厚煤层倾斜分层开采中使用国产刨煤机，平均采高 2.1m，煤层平均倾角为 31°，5 个月共产煤 11.84 ×