

T012
T-215

高等学校教学用书

采掘机械

(矿业机械专业用)

陶 驰 东 主 编

煤炭工业出版社

545189

内 容 提 要

本书介绍煤矿井下采掘机械的工作原理、结构性能、选型原则、基本参数和设计方法。全书共分三篇：第一篇采煤机械；第二篇回采支护设备；第三篇掘进机械。重点内容是采煤机械和液压支架。书中的选材反映了国内外的新成就，并通过实例讲解基本理论。

本书改变了过去逐台机器单独论述的编写方式，而改为按部件横向对比的方法加以论述，因此，对各种结构的特点及适用条件说理比较清楚，有助于深入地掌握和理解。本书是矿业机械专业的专业教材，也可供其他有关专业师生和有关机械厂、煤矿技术人员参考。

责任编辑：王 树 范

高等学校教学用书
采 掘 机 械
(矿业机械专业用)
陶驰东 主编

煤炭工业出版社 出版
(北京安定门外和平北路16号)

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787×1092¹/₁₆ 印张18³/₄ 插页1
字数441千字 印数1—14,130
1985年10月第1版 1985年10月第1次印刷
书号15035·2753 定价3.45元

楠製市 ψ $q\psi = E \cdot h^{-0.5}$

增加大块煤的产量

1. 加大截距，加厚切屑厚度。
 - ① 采用大截距，减少截距次数
 - ② 优选截距参数，改进配置方式，采用CAD技术。
 - ③ 研制新型截距
2. 改进滚筒结构，采用锥形端盘和无端盘滚筒。
3. 改善截割原理：装煤压盘刀，磨煤楔

党的十二大确定了我国工农业总产值在本世纪末实现翻两番的宏伟战略目标。煤炭是我国常规能源的主体。为了保证国民经济的翻两番，煤炭产量要在同一时期内至少翻一番。采掘机械化已经成为煤炭工业增加产量、提高劳动生产率、减少重大恶性事故和改善劳动条件的一项关键性技术。

我国煤炭年产量已达7.72亿吨（1984年），居世界第三位，比1949年的0.32亿吨左右增长了二十多倍。经过长期艰苦的努力，我们已经初步掌握了缓倾斜中厚煤层综合机械化采煤成套设备的设计研究和制造技术，掘进机械也有相当的设计、制造水平。到1983年底，全国统配煤矿采煤机械化程度达41.8%，其中综合机械化程度达21%。据1982年统计，掘进装载机械化程度达39.64%，其中用掘进机完成的掘进量为1.46%。和国际先进水平相比，还有不小的差距，但是毕竟有了一个坚实的基础。现在煤炭部的方针是：要管好用好现有设备，积极扩大综采设备的使用范围；加速改造普通机械化，提高机械设备的可靠性、使用效能和应变能力；研制薄煤层、特厚煤层和急倾斜煤层采煤机械化设备；加速发展掘进机械化；改善机械设备的性能、降低制造成本、提高经济效益。争取在第六个五年计划期间把采煤和掘进机械化程度都提高到50%，“七五”期间再提高到70%，并在本世纪末提高到80%以上。

根据《煤炭工业部（1981~1985）煤炭高等工科院校专业教材编写规划》，这本教材是为矿业机械专业编写的。由于科学技术的发展，采掘机械也在不断的更新之中。所以，我们在注重国内批量生产的几种采掘机械的基础上，还介绍了许多别的情况，以便读者更好掌握采掘机械的工作原理、设计方法和正确选用，为以后进一步开拓和加深专业知识打好必要的基础。不同专业可以根据教学大纲的要求，从本教材选取适当的内容。为了掌握学习的重点，各章附有一些思考题，供读者参考。

根据国务院1984年2月27日《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》的精神，本教材采用国际单位制为基础。为了避免某些可能出现的混乱，对现有产品仍采用国家有关规定容许暂时与国际单位制并用的单位。

基本的感性认识是学好专业课的基础。我们在学习本课之前，认真地进行过生产实习，让学生看到采掘机械的使用条件和运转情况，并参加一定的检修劳动。

我们在教学实践的基础上编成此书。参加编写工作的是中国矿业学院杨长明（第四章）、沈立山（§5-8）、李宾（第九、十章）和陶驰东（其余各章，并负责主编）等同志。编写过程中曾利用或参考了许多文献和资料，初稿写成后，承方慎权副教授和彭立敬副教授审阅。我们谨向这些文献资料的编著者和审阅者表示衷心的感谢。限于我们的水平，缺点和错误在所难免，欢迎读者批评指正。

截割阻抗：定义：用标准煤和落煤侧出来的单位切屑厚度对应的截割功率。
比能耗：截割单位体积煤岩所消耗的功率
循环煤：在滚筒中循环的煤

1985年3月

目 录

第一篇 采煤机械

第一章 煤岩的机械性质和截割破碎	1
§ 1-1 煤岩的机械性质	1
一、坚硬度	1
二、截割阻抗	2
三、磨蚀性	3
§ 1-2 煤岩的截割破碎过程	3
§ 1-3 截割条件和截割基本参数 → 控制	5
§ 1-4 刀具受力估算方法	8
第二章 采煤机的总体结构和基本参数	11
§ 2-1 机械化采煤过程及主要设备	11
§ 2-2 对采煤机械的基本要求	14
§ 2-3 采煤机械的工作机构	15
§ 2-4 滚筒采煤机总体结构	17
一、滚筒的数量和位置	17
二、调斜和调高	18
三、调高油缸的位置	21
四、摇臂的支承	22
五、开缺口问题	24
六、牵引方式	26
七、驱动方式	27
八、与运输机的配合方式	29
§ 2-5 综采设备的配套关系及采煤机的基本参数	30
第三章 螺旋滚筒 △ 骑溜, 爬底	34
§ 3-1 螺旋滚筒的工作原理 → 控制	34
§ 3-2 螺旋滚筒的参数	36
一、滚筒的转向	36
二、滚筒的“三个直径”	37
三、螺旋升角	38
四、螺旋头数	40
五、滚筒转速	40
六、验算滚筒转速	41
§ 3-3 截齿 → 控制	42
§ 3-4 截齿的配置 新式影响	45
§ 3-5 滚筒的结构	47
第四章 截割部减速器	51

§ 4-1	截割部减速器传动系统特点	51
§ 4-2	MLS ₃ -170型采煤机截割部减速器	54
§ 4-3	机械传动系统的拟定	58
§ 4-4	截割部减速器的设计载荷	59
§ 4-5	截割部减速器传动件设计	61
§ 4-6	截割部减速器的润滑	63
第五章	牵引部	66
§ 5-1	对牵引部的基本要求	66
§ 5-2	圆环链、链轮和链接头	68
一、	圆环链	68
二、	链轮	67
三、	链接头	72
§ 5-3	牵引链的固定	74
一、	刚性固定	74
二、	弹簧张紧	75
三、	油缸张紧	76
四、	自由悬挂	77
§ 5-4	液压牵引部基本回路	77
一、	主回路型式	77
二、	主油泵和油马达选型	78
三、	确定主回路参数	80
四、	补油和热交换	81
五、	压力保护	84
六、	防止“反链敲缸”	85
七、	实例	87
§ 5-5	液压随动机构	89
§ 5-6	MLS ₃ -170型采煤机牵引部	90
§ 5-7	DTS-300牵引部液压系统	96
§ 5-8	自动调速及理论研究方法简介	99
§ 5-9	无链牵引	103
§ 5-10	电牵引	111
§ 5-11	机械牵引	113
§ 5-12	外牵引	115
§ 5-13	牵引阻力的估算	120
§ 5-14	使用和维护	122
第六章	采煤机的附属设备	125
§ 6-1	灭尘设备	125
一、	喷雾灭尘	126
二、	泡沫灭尘	129
三、	吸尘器捕尘	130
§ 6-2	挡煤板及其翻转机构	131
§ 6-3	防滑装置	132
§ 6-4	电缆拖移装置	135

§ 6-5 辅助液压系统	136
第七章 采煤机的型式试验	139
§ 7-1 型式试验的内容	139
§ 7-2 截割部试验的加载方法	140
§ 7-3 牵引部试验的加载方法	143
第八章 刨煤机	144
§ 8-1 刨煤机的工作原理	144
§ 8-2 牵引方式和煤刨结构	145
§ 8-3 煤刨的速度	148
§ 8-4 煤刨的驱动装置	150

第二篇 回采工作面支护设备

第九章 回采工作面顶板分类和支护设备	152
§ 9-1 回采工作面顶板矿压显现	152
§ 9-2 缓倾斜回采工作面顶板分类	153
一、直接顶分类	153
二、老顶分级	154
§ 9-3 液压支架的工作原理	154
§ 9-4 液压支架的分类	156
一、支撑式支架	156
二、掩护式支架	156
三、支撑掩护式支架	157
§ 9-5 液压支架的结构	159
一、TZ II 型垛式支架	159
二、QY型掩护式支架	161
三、T ₁₃ K ₁₁ 型掩护式支架	165
四、ZY35型支撑掩护式支架	167
五、DZh ₁ 型端头支架	169
§ 9-6 单体支柱和铰接顶梁	170
一、金属摩擦支柱	170
二、单体液压支柱	174
三、金属铰接顶梁	176
四、单体支柱支撑高度的确定	177
第十章 液压支架的设计	179
§ 10-1 液压支架支护性能分析	179
一、支撑式支架	179
二、掩护式支架	180
三、支撑掩护式支架	181
四、影响支撑力的因素	183
§ 10-2 架型和基本工作参数的确定	183
一、架型选择	183
二、支护强度和工作阻力	185

三、初撑力	185
四、伸缩比系数	185
五、梁端距与梁端支撑力	185
六、移架力和推溜力	186
§ 10-3 支架连杆机构的分析和设计	186
§ 10-4 主要结构件的设计	188
一、顶梁	188
二、掩护梁	195
三、连杆	196
四、底座	197
五、推移装置	199
六、辅助装置	201
§ 10-5 支架的基本回路和典型液压系统	202
一、立柱控制回路	202
二、带压移架回路	202
三、提高初撑力回路	203
四、典型液压系统	204
§ 10-6 立柱和“三阀”	205
一、立柱和千斤顶	205
二、液控单向阀	207
三、安全阀	210
四、操纵阀	213
§ 10-7 乳化液泵站	217
一、泵站主要参数	217
二、XRB _{2B} 型乳化液泵站	218
§ 10-8 乳化液	223
一、乳化油	223
二、配制乳化液用水	224

第三篇 掘进机械

第十一章 凿岩机	226
§ 11-1 凿岩机类型	226
§ 11-2 配气机构	230
§ 11-3 转钎机构	232
§ 11-4 凿岩台车	233
第十二章 装载机	236
§ 12-1 耙斗装载机	236
一、组成与装载方法	236
二、绞车	238
三、耙斗	241
§ 12-2 铲斗装载机	243
一、概述	243
二、铲斗的起落	244

三、铲斗回中机构	246
四、行走机构	246
五、铲斗的形状	246
六、斗臂曲线	249
七、铲斗回中机构设计	251
八、牵引力	251
九、运行阻力	252
十、稳定性	255
十一、侧卸式铲斗装载机	256
§ 12-3 蟹爪装载机	258
一、ZMZ ₂ A-17型蟹爪装载机	258
二、蟹爪装载机构	262
三、履带行走装置	268
第十三章 巷道掘进机	271
13-1 部分断面巷道掘进机	271
一、ELMA型煤巷掘进机	272
二、工作机构	275
三、装载和转运机构	277
四、行走装置及其传动	279
§ 13-2 全断面巷道掘进机	280
一、盘形滚刀破岩机理	280
二、EJ-30型岩巷掘进机	283



第一篇 采煤机械

第一章 煤岩的机械性质和截割破碎

§ 1-1 煤岩的机械性质

煤和岩石是采掘机械的工作对象。它们的机械性质对采掘机械的载荷有直接影响。煤和岩石都是各向异性和非均质的脆性物质,构造复杂。以煤炭为例,它是远古时代沉积的生物(主要是植物),在与空气隔绝,在高压、高温的条件下,经过漫长的碳化变质过程形成的。原始沉积物的不同,碳化变质程度的差异,使煤炭的机械性质也不同。煤层含有矽石和硫化铁等夹杂物,沉积过程中形成的分层面(称为层理),地质力使煤层破碎形成的断裂面(称为节理裂缝),使煤层具有各向异性。垂直于层理方向比平行于层理方向的强度一般约高30~50%,所以较难破碎。

为了较全面地说明煤岩的机械性质,除了强度、弹性模量和硬度等指标外,还需要采用坚硬度、截割阻抗等综合性的指标。所以考虑这些指标是因为煤层的埋藏深度和厚度、顶板和底板的性质(参见§ 9-2)、回采工艺和工作面推进速度、工作面支护型式和支护强度等,会影响矿山压力的大小和分布规律,因而对煤的破碎过程也有影响。综合性指标,可以反映这些因素的影响。

用材料力学的方法测定煤或岩石的抗压强度、抗拉强度或抗剪强度,需要制备一定形状和尺寸的试件。当然这种试件与自然状态下的煤差异很大,而且由于试件形状和尺寸的误差、实验条件的差异,都可能使实验结果产生很大的偏差。但是这些单项强度指标的力学意义非常清晰。作为脆性物质的煤岩,抗压强度最高,抗拉强度最弱。若以煤的抗压强度为1,则其抗拉强度约为0.02~0.10,抗剪强度约为0.1~0.4。

一、坚硬度

坚硬度说明煤岩在外力作用下破碎的难易程度。它综合反映了强度、硬度、弹性和塑性等因素。它由苏联普氏(М.М.ПротоДьяконов)最先提出,后为一些国家所采用。我国用坚硬度进行煤层分类、顶板分级和岩石分类。英国的冲击强度指数(ISI)、美国的岩石强度系数和日本的可碎性指标等,和坚硬度的原理是相同的。

坚硬度的测法是这样的:用手锤把从煤壁或岩层采出的试块轻轻敲碎,取出块度20~25毫米、重50~60克的小块共五份。每份用捣碎筒(图1-1, a)分别捣击 n 次(一般 $n=5$)。再用 0.5×0.5 毫米的筛子过筛。五份的筛下物合并在一起,用量筒(图1-1, b)测出粉煤柱长度 l 毫米。则可由下列经验式算出坚硬度

$$f = 20 \cdot n / l \quad (1.1)$$

式中, 20是实验系数。坚硬度 f 无量纲。

坚硬度的物理意义可用里丁格尔(Rittinger)原理来说明。该原理认为破碎过程中新增加的表面积正比于破碎过程所消耗的能量。由于捣锤3有一定的重量(2.4公斤),从一定的

高度(0.6米)自由下落,故每次的冲击功是一定的,上式的分子正比于捣碎过程所消耗的能量。大量实验的结果说明,捣碎新增加的试样表面积正比于粒度小于0.5毫米的粉煤量。所以上式的分母正比于捣碎使试样增加的表面积。可见,坚硬度正比于使试样增加单位表面积所需消耗的能量,所以能够说明破碎的难易程度。

按取样规则从工作面煤层靠近顶板和底板处及从煤层中部均匀地各取十块试样,分别测出各块试样的坚硬度,再进行平均,即为整个工作面煤层的坚硬度。

测定坚硬度的方法很简单,可以在现场取样和测量。但是为了测得准确,操作要细心。比如捣碎时,杯1应放在实处,捣锤3下落时不能擦到导筒2;若煤太软,捣击次数可减为三次,太硬则可增多至七次,以免筛下物太多或太少;不要故意压实或墩实量筒中的粉末。

坚硬度与单向抗压强度的近似关系为

$$\sigma_D = 10 \cdot f (\text{兆帕}) \quad (1.2)$$

二、截割阻抗

截割阻抗是用图1-2所示的装置直接在现场测量的。锋利的标准刀具(截角 40° ,后角 10° ,刃宽20毫米)装在刀杆2上,绕立柱1作弧形截割。移动锁箍3可以调节刀杆的位置。刀具伸出刀杆的长度也可调节。用手持式煤电钻驱动的绞车8,由立柱9稳住,以牵引刀杆摆动。截割阻力 Z 由装在丝杆和钢丝绳之间的液压传感器5,向记录器6发送信息。截割阻抗,被定义为单位切屑厚度所对应的截割阻力,即

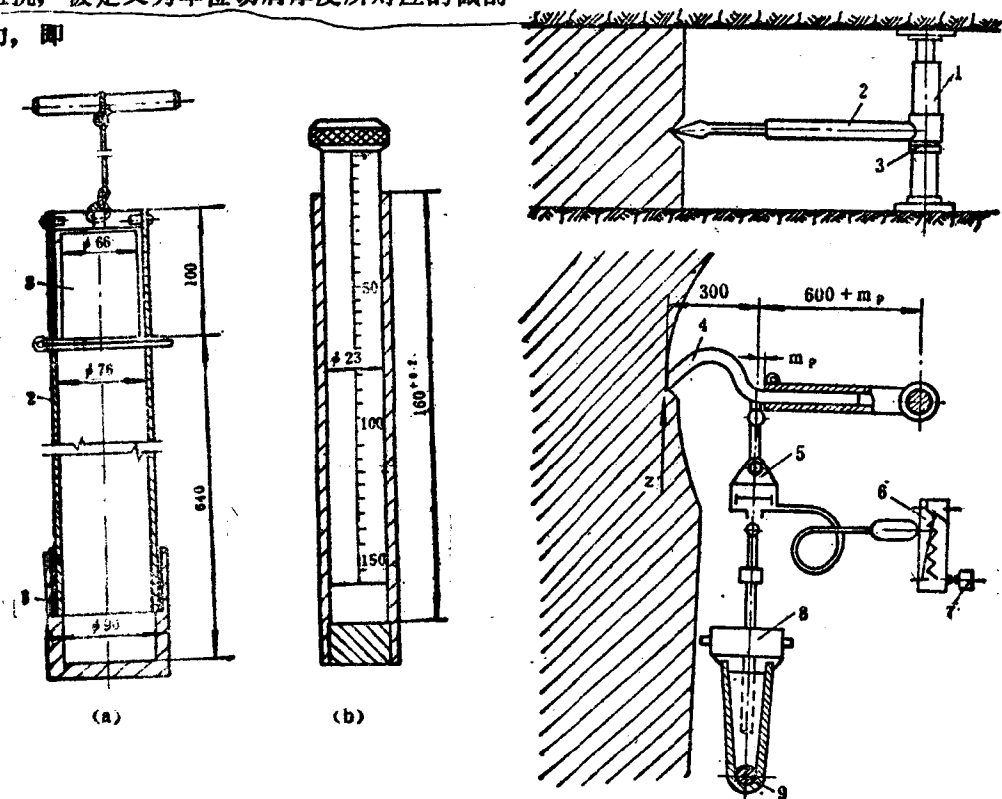


图 1-1 测量坚硬度的装置

1—杯; 2—导筒; 3—捣锤

图 1-2 测量截割阻抗的装置

1、9—立柱; 2—刀杆; 3—锁箍; 4—标准刀具;
5—液压传感器; 6—记录器; 7—微型电动机; 8—绞车

$$A = \frac{Z}{h} \text{ (牛顿/毫米)} \quad (1.3)$$

式中 Z ——截割阻力(牛顿);

h ——刀具切进煤壁的深度(切屑厚度)(毫米)。

三、磨蚀性

磨蚀性说明煤(岩)磨损金属和硬质合金的能力。在相同的截割条件下,磨蚀性越强的煤(岩)对刀具的磨损越强烈,截割阻力较大,机器的工作效率较低。目前还没有磨蚀性的统一定义和测定方法,苏联采用的一种方法是:试验机的转台带着试样转动,标准金属试棒以规定的压力紧压试样,定义磨擦路程和标准试棒磨损长度的比值为磨蚀性系数 ρ (毫米/千米)。

我国按坚硬度把煤层分为软($f < 1.5$)、中硬($f = 1.5 \sim 3.0$)和硬($f > 3.0$)三类。岩石和回采工作面顶板分级,也用到坚硬度。苏联按平均截割阻抗、磨蚀性系数 ρ 、坚硬夹杂物含量(%)和脆韧性把煤层分为三级七类(表1-1)。脆性煤层在采高小于1.5米时,可优先选用刨煤机,脆性-韧性煤层,应选用大功率滚筒采煤机,韧性煤层需先爆破或注高压水把煤层松动后,才能用采煤机开采,且截齿消耗量大,机械生产率较低。截割阻抗还用于计算刀具受力。

表 1-1 采煤机选型用煤层分类法

煤 层		截割阻抗A	磨蚀性系数	坚硬夹杂物含量 (%)	脆韧性	采煤机械选型
级别	类别	(牛·吨/毫米)	ρ (毫米/千米)			
一 (脆性煤层)	1类 (极软)	60~120	<100	0	脆性	采高小于1.5米时优 先选用刨煤机
	只含软夹矸					
	3类 (中硬)	120~180	100~200	含软的泥质页岩夹矸,细碎硬夹杂物含量<0.5%	韧性 脆性	
二 (脆性-韧性煤层)	4类	180~240	200~300	细碎硬夹杂物<1%	韧性	滚 筒 采 煤 机
	(超中硬)	60~120		细碎硬夹杂物含量<2.5%	脆性	
		120~180				
	5类	180~240	300~400	硬或结团硬夹杂物含量<2.5%	韧性	
	(硬)	240~300			脆性	
三 (韧性煤层)	6类	240~360	400~500	砂质页岩、砂岩或结团硬夹杂物含量<2.5%	韧性	需先爆破或注高压 水把煤层松动后,才 能选用滚筒采煤机
	(极硬)	180~240		断面积小于1000cm ² 的大块夹杂物含量2.5~5%		
	7类 (特硬)	不 论	>600	硬夹矸和大块结团夹杂物含量8~10%		

§ 1-2 煤岩的截割破碎过程

所有采煤机、刨煤机、回转式钻机和大多数掘进机,都采用刀具截割破碎煤岩的方

法。这一节讨论截割破碎过程的机理。用这种方法破碎坚硬度大于5和磨蚀性强的岩石时，刀具损耗严重，破碎效率也较低。此外，冲击破碎方法，仅用于冲击式凿岩机；挤压和剪切破碎方法，仅用于全断面岩巷掘进机；水力破碎方法仅用于水力采煤，且水力采煤在全国煤产量中所占比重很小，而高压细射流破碎煤岩的方法目前尚处于试验研究阶段。所以，截割破碎的方法是一种重要的方法。

煤岩的机械性质，不同于钢铁等金属材料，截割破碎煤岩的过程，完全不同于金属切削。为了理解煤岩截割过程的机理，下面介绍“密实核”学说^[3]。根据实验观察，在刀具连续运动的过程中，在刀尖开始接触煤(岩)体的极短时间内，刀尖接触的局部范围内产生弹性变形，接着产生集中接触应力并逐渐增大。当它超过某个极限值时，被压碎成很细的粉末而形成密实核(图1-3)。刀具继续向前移动，密实核积聚的能量越多，核的体积越扩大。量变积累到一定极限而引起质变，在密实核与煤(岩)体表面交点c处发生小块剥落。密

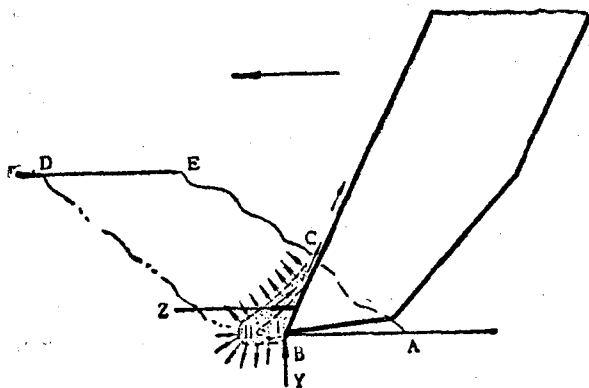


图 1-3 截割破碎过程

头移动到B点时，由于密实核得到充分的发育，积聚的能量相当大，以致引起CBDE大块剥落，整个核也随即消失。

在截割过程中，刀头的前面、背面和侧面都受到压力和摩擦力的作用。通常把这些力在空间坐标系三坐标轴方向分力的合力称为：截割阻力Z、推进阻力X和侧向力(图中未画出)。在密实核从形成发育到消失的过程中，截割阻力的变化规律如图1-4所示。在小块和大块剥落时，截割阻力要突然减小，在A和B点时，截割阻力最小，它的具体值，决定于刀头与煤(岩)体的接触面积大小。截割阻力的大小和产生大块和小块剥落的频率带有随机

密实核中前部II中的粉末高速喷出。由于摩擦力的作用，后部I贴附在刀头前面，成为刀瘤，而对煤(岩)体有楔开的作用，并使刀头的前面比较不容易磨损。

小块剥落和部分粉末喷出后，密实核的体积缩小，压力降低。但随后又扩大体积，增强压力，再次发生小块剥落和喷出粉末。总的趋势是密实核的体积和压力逐渐增加。这样的情况重复若干次以后，当刀

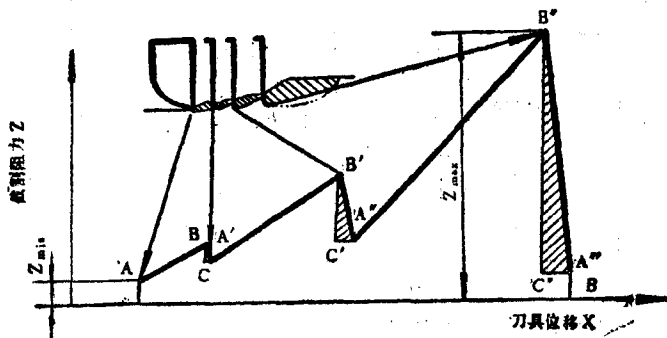


图 1-4 截割阻力的变化规律

的性质, 与所截割煤(岩)的机械性质、刀头的几何形状和切屑厚度等因素有关。由表1-2可知, 大块剥落的频率相当高, 小块剥落的频率则更高。这就是刀具在截割过程中, 受到高频动载的基本原因。

由于密实核的挤压和磨损的刀头呈圆弧形(图1-5), 刀头在截割过程中受到相当大的推进阻力。推进阻力的变化规律与截割阻力相仿, 也与密实核的形成发育和大块、小块剥落的发生频率有关。刀具截割之后, 常能看到残留在煤(岩)体上的刀痕, 这就是磨损刀头使煤(岩)表面受到碾压的证明。

侧向力的产生主要与刀具的配置和安装有关, 以后再加以讨论。

截割阻力曲线和水平坐标轴之间所包围的面积(图1-4), 代表截割过程中所消耗的能量, 其中小块剥落和大块剥落所消耗的能量(用带阴线的面积表示)只占很小的部分, 大部分能量是消耗在密实核的形成发育上。为了减少能量消耗和产生的粉尘, 提高机器的效率, 应该采取措施, 不让密实核发育得太大。

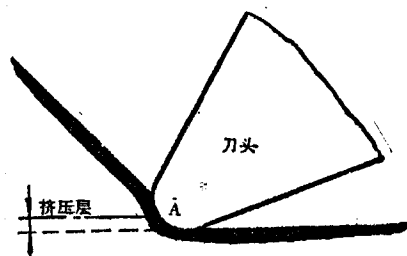


图 1-5 磨损刀头的碾压作用

常用截割比能耗的大小来说明截割过程的效率。它被定义为截割单位体积煤岩所消耗的能量。因此, 截割比能耗。

表 1-2 每米截割长度发生大块剥落的次数

煤 的 种 类	切 屑 厚 度 (厘 米)		
	2~3	4~6	8~10
脆性无烟煤	36~45	30~36	25~30
韧性无烟煤	22~32	24~31	15~20
韧性褐煤	~21	~19	~18

$$H_w = Z \cdot L \cdot \gamma / G \quad (\text{焦耳/米}^3) \quad (1.4)$$

式中

Z ——平均截割阻力(牛顿);

L ——截割路程(米);

$\gamma = (1.3 \sim 1.35) \cdot 10^3$ ——煤的重率(公斤/米³);

G ——截割破碎的煤(岩)重量(公斤)。

截割比能耗、截割阻力和单位截割路程的破碎煤(岩)量, 都随着截割条件和截割参数的不同而变化, 它们之间不存在简单的比例关系。

§ 1-3 截割条件和截割基本参数

截割过程中, 刀头的侧面也受到煤(岩)体的挤压(图1-6)。形成的截槽一般比刀刃宽, 截槽两侧崩裂角 ψ 的大小决定于煤质和切屑厚度(表1-3)。

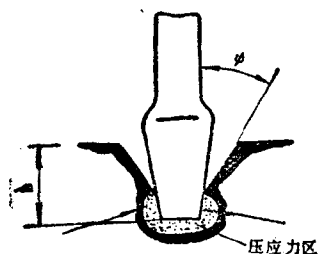


图 1-6 截槽的断面形状

相邻截槽的间距 t ，称为截距。截距和切屑厚度是截割过程的两项基本参数。它们的不同搭配，以及煤(岩)体自由表面的情况，可以造成不同的截割条件。

在开始截割的短暂时间内，如果截距 $t > b + (5 \sim 6)h$ ，相邻截槽的截割过程互相没有影响，就产生平面截割(图1-7 c)的情况。它的特点是：煤(岩)体的自由表面是平坦的，截槽两侧可以自由崩裂。平面截割常作为比较的基准。

表 1-3 截槽崩裂角与煤质和切屑厚度的关系^[3]

切屑厚度(厘米)		0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3	4	5	6	8	10	15	20	25
煤质	崩裂角 ψ°														
		脆性煤	脆性煤	脆性煤	脆性煤	脆性煤	脆性煤	脆性煤	脆性煤	脆性煤	脆性煤	脆性煤	脆性煤	脆性煤	脆性煤
		82	77	73	71	68	65	61	58	55	52	49	43	38	34
		69	63	58	55	52	49	45	42	41	38	36	32	29	25

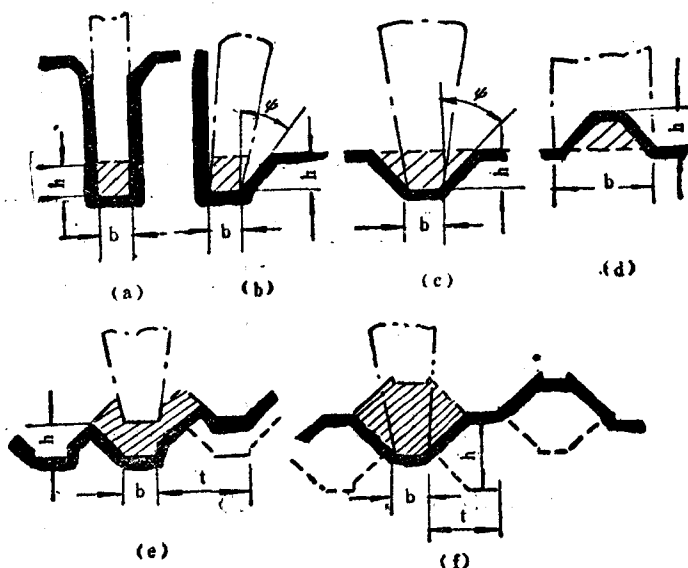


图 1-7 典型的截割条件

采掘机械工作机构[●]的边缘刀具多在半封闭截割的条件下工作(图1-7, b)。它的特点是：截槽的一侧受到煤(岩)体或顶板、底板的限制，截槽只有一侧可以自由崩裂。因而和平面截割的条件相比，截割阻力较大，截割比能耗也较高。

截冠等钻削式工作机构的刀具常在封闭截割的条件下工作(图1-7, a)。它的特点是相邻截槽的截割互不影响，随着工作机构的推进，截槽不断加深，截槽两侧几乎都不能崩裂。这是比能耗最高的截割条件。但若能在工作机构上设置挤落器，当截槽达到一定深度

●采掘机械破碎煤岩的机构，称为工作机构。任何工作机构都有数量较少的边缘刀具，如煤刨的底刨刀等。现代采煤机械的工作机构一般兼有把碎落煤炭装进运输机的功能。

时,把残留在截槽间的煤(岩)心挤碎,那么由于主要是拉伸或剪切破碎,碎下的块度也较大,总的能量消耗可能比较省。如果所截割的煤(岩)节理裂缝较发达,坚硬度不高,采用挤落器的封闭截割的优点就更加明显。

自由截割(图1-7,d)的截割阻力和截割比能耗都是最小的。它的特点是:刀具截割的部分只有一面和煤(岩)体相连,其余各面都是自由的。实际工作机构上不会出现这样的截割条件。

工作机构上的大多数刀具是在重复截割的条件下工作(图1-7,e和f)。它的特点是:相邻截槽互相有影响,煤(岩)体有两个自由面,截槽能向两侧崩裂。在连续截割条件下,煤(岩)体表面不平整,重复出现一定的表面形状。根据刀具的配置情况,切屑的断面形状是不同的。切屑断面形状接近对称且面积较大的棋盘式配置(图1-7,f),可以保证刀具受到的侧向力较小,截割比能耗较低,明显地比顺序式配置(图1-7,e)的情况好。刀具配置问题将在第三章中加以讨论。

切屑厚度和截距不同搭配对截割过程的影响,主要表现在重复截割的情况。当在切屑厚度保持不变的条件下增大截距时,由于切屑断面增大,而相邻截槽的相互影响减弱,截割阻力随着增大。当截距增大到 $b + (5 \sim 6)h$ 后,相邻截槽的影响已减弱到可以忽略,截距再增大,截割阻力也增加得很小。截割比能耗在截距为 $b + (1 \sim 1.4)h$ 时最小,这个截距 t_{opt} 被认为是最佳截距。当截距小于最佳截距时,由于切屑断面太小,截割比能耗较高,且截距越小,截割比能耗越高。当截距大于最佳截距时,因相邻截槽的相互影响减弱,截割阻力增大,故截割比能耗反而增大,并趋近于某个极限值。

切屑厚度的影响可由图1-9来说明。如果把不同切屑厚度下最佳截距所对应的截割阻力和截割比能耗逐一找出,则截割比能耗和切屑厚度有近似双曲线的关系。随着切屑厚度的加大,利用层理和节理裂缝等,实现大块剥落的可能性也增加,形成和发育密实核所消耗的能量就减少,所以截割比能耗渐趋降低。

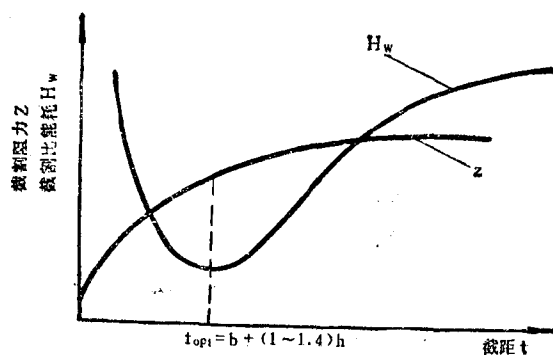


图 1-8 截距的影响

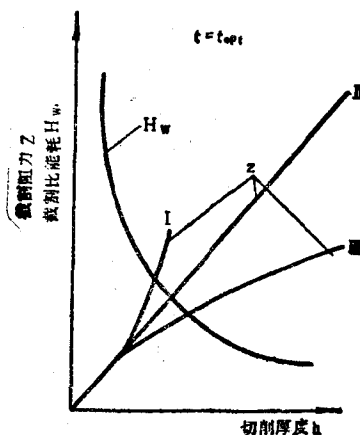


图 1-9 切屑厚度的影响

截割阻力将随切屑厚度一起增大,但根据截割条件而情况有所不同。切屑厚度较小和工作面暴露程度较差(如截链掏槽)的条件下,变化规律比较接近曲线I。在封闭和半封闭截割的条件下,变化规律接近曲线II。在正常重复截割的条件下,变化规律接近曲线III。

截割比能耗是评价采掘机械工况的一项基本指标。截割比能耗较低,意味着用较少的

能量, 可以采出较多的煤炭或掘进较长的巷道, 工作过程中产生的粉尘也较少。合理的切屑厚度, 既应使截割比能耗较低, 又应使截割阻力不过大, 为刀具的强度所能容许, 且要为刀具伸出刀座的长度所容许。

§ 1-4 刀具受力估算方法

由于煤岩机械性质的特殊, 刀具在截割过程中受到较大的动载, 且具有随机性。因而用解析方法计算刀具受力有很大困难。目前主要用实验和数理统计的方法来解决这个问题。单刀受力计算又是计算采掘机械工作机构载荷的基础。

苏联制订了计算采煤机刀具受力的国家标准 (OCT 12.47.001-73), 在目前是比较完善的。现简单介绍于后^[1]。

钝刀的平均截割阻力 $\bar{Z} = Z_0 + f'(\bar{Y} - Y_0)$

式中 $\bar{Z}$ ——钝刀的平均截割阻力(千牛顿);

Z_0 ——锐刀的平均截割阻力(千牛顿);

$\bar{Y} - Y_0$ ——刀具磨损引起的推进阻力增量(千牛顿);

$f' = 0.38 \sim 0.44$ ——截割阻力系数, 为刀具磨损端面上的摩擦力与推进阻力的比值。

截割阻抗较大的煤, 应取较小的 f' 值。

锐刀的平均截割阻力可按下列经验公式估算:

$$Z_0 = \bar{A} \cdot \bar{h} \cdot \frac{0.35b + 0.003}{(b + \bar{h} \cdot \operatorname{tg} \psi) K_\psi} \cdot \bar{t} \cdot K_m \cdot K_a \cdot K_x \cdot K_c \cdot K_v \cdot \frac{1}{\cos \beta} \quad (\text{千牛顿})$$

式中 $\bar{A}$ ——煤层非压张区的平均截割阻抗(千牛顿/米);

$\bar{h}$ ——平均切屑厚度(米);

b ——刀具的截刃宽度(米);

ψ ——截槽侧向崩裂角(度);

K_ψ ——考虑煤的脆塑性的系数;

$\bar{t}$ ——平均截距(米);

K_m ——工作面暴露系数;

K_a ——考虑刀具截角 α 影响的系数;

K_x ——刀具前面形状系数;

K_c ——考虑刀具配置型式的系数;

K_v ——考虑工作机构截割范围内煤的压张影响的系数;

β ——刀具相对于工作机构移动方向的安装角度(度)。

上述各项系数的推荐值为:

$$\text{当 } \bar{t} \text{ 小于最佳截距时 } K_m = \left[1 + 1.6 \left(\frac{\bar{t}}{t_{opt}} - 1 \right)^2 \right] \cdot \bar{K}_m$$

$$\text{当 } \bar{t} \text{ 大于最佳截距时 } K_m = \left[1 + 21 \cdot \bar{h} \left(\frac{\bar{t}}{t_{opt}} - 1 \right)^2 \right] \cdot \bar{K}_m$$

式中 t_{opt} ——最佳截距(米);

$$\bar{K}_m = 0.32 + \frac{0.002}{\bar{h}}。$$

K_a 可按表1-4查出。脆性煤应取较大值，韧性煤应取较小值。

表 1-4 系数 K_a 的值

刀具截角 α , (度)	50	60	70	80	90
系数 K_a	0.85~0.89	0.9~0.92	0.93~1.06	1.08~1.26	1.24~1.34

系数 K_x 在刀具前面平坦时取 $K_x = 1$ ；刀具前面为圆弧形 $K_x = 0.9 \sim 0.95$ ；刀具前面为楔形 $K_x = 0.85 \sim 0.9$ 。

系数 K_c 在顺序配置时取1.0，棋盘配置时取1.25。

系数 K_v 按下式决定

$$K_v = K'_v + \frac{J/H - c}{J/H + d}$$

式中 K'_v ——工作面边缘处的压张系数，与煤质有关；

J ——工作机构的截深(米)；

H ——平均煤层厚度(米)；

c 和 d ——与煤质有关的数值。

韧性煤 $K_v = 0.48$ ， $c = 0.1$ ， $d = 1.0$ ；脆性煤相应为0.36, 0.36, 0.1；极脆煤为0.28, 0.05和0.3。

系数 K_v ：韧性煤为0.85，脆性煤为1.0，极脆煤为1.15。

截槽侧向崩裂角的正切为 $\operatorname{tg}\psi = \frac{0.45\bar{h} + 0.023}{\bar{h}}$

对于在半封闭条件下工作的边缘刀具

$$Z_0 = \bar{A} \cdot \frac{0.35b + 0.003}{(b + \bar{h}\operatorname{tg}\psi)K_p} \cdot \bar{h} \cdot \bar{r}' \cdot K'_m \cdot K_c \cdot K_x \cdot K_v \cdot \frac{1}{\cos\beta} \text{ (千牛顿)}$$

式中 $\bar{r}' = \bar{r} + \frac{b}{2} \cos\beta$ ；

$K'_m = 1.1 \sim 1.25$ ，且韧性煤应取较大值。

锐刀的推进阻力 $\bar{Y} = Y_0 + \sigma_D \cdot S_m \cdot K_t$

式中 Y_0 ——锐刀的推进阻力(千牛顿)；

σ_D ——煤的单向抗压强度(兆帕)；

S_m ——刀具磨损端面在截割平面上的投影(米²)；

K_t ——矿体应力状况的容积系数。

锐刀的推进阻力 $Y_0 = K_p \cdot Z_0$ (千牛顿)

式中 K_p ——锐刀推进阻力与截割阻力的比值。韧性煤可取0.7，脆性煤可取0.6，极脆煤可取0.5。

在缺乏资料的情况下，可按式确定 σ_D 的近似值：

$$\sigma_D = a \cdot \bar{A} + e$$

式中的 a 和 e 是由煤质决定的常数，目前还没有我国自己的资料。可按式(1.2)估计 σ_D 之值。

当刀具截刀宽度为 b ，刀具后面的磨损长度为 Δ (均按米计)时，刀具磨损端面在截割平