第六篇

采矿凿岩工程

第一章　概　　述

第一节　凿岩破碎的分类和原理

凿岩工程是采矿作业中的一个基本工序。大量钻凿的眼孔用于爆破岩石，但眼孔在山还用来作为地质勘探，安装锚杆、管道、电缆或输送物料和水液等用。

凿岩爆破是破碎岩石的一种手段。有时还直接利用机械方法或物理方法来破碎岩石，用来掘进巷道或开采矿石。

用机械方法破碎岩石，又按其工具在孔底破碎岩石的机理不同，可分为冲凿、碾压、切削、磨削四大类，见图 1－1。冲击式凿岩机是利用冲凿破碎岩石，常用于较坚硬的岩石。回转钻机，视所用钻头不同，破碎机理各异。牙轮钻头以碾压为主来破碎岩石，适用于中等到坚硬岩石，翼状钻头以切削破碎岩石，因其易被磨损，只用于软弱岩石，金刚石钻头以磨削破碎岩石，其眼孔规整便于取岩心，常用于岩心钻。

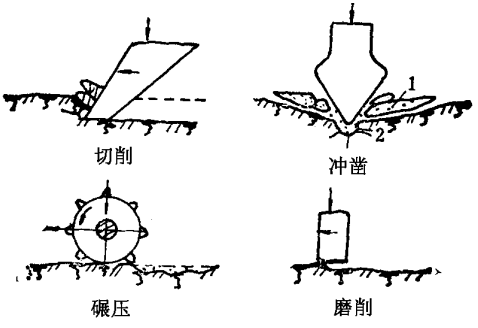


图 1－1　四种机械破碎岩石方法

1—崩碎体；2—密实核

按凿岩机械的工作场所和用途，又可分成露天、地下两大系统，但两者有相同之处。

直接破碎岩石的方法，除机械破碎之外，还利用高压水射流切割岩石，用膨胀剂撑裂岩石，和利用高温高速的火焰逐层剥落岩石。此外，还研究激光、高能电子束、等离子焰等破碎岩石，但未见之于实际应用。

第二节　岩石可钻性及其测定方法

岩石可钻性是表示钻凿眼孔难易的一种岩石坚固性指标。除了岩石抗压强度、普氏坚固性系数、点荷载强度等可以用来作可钻性指标之外，还有岩石的侵入硬度、凿碎比能和微型钻速等数种可钻性指标。

一、史氏侵入硬度

这种硬度是以压头侵入岩石时发生第一次跃进式破碎的压强作为硬度指标。Л.А.史莱涅尔(Шрейнер)对这种硬度作了系统的研究，广泛地用于回转钻孔。测定这种硬度，要先作出压头侵入岩石的载荷－侵深曲线，图 1－2 是在压力机上测定载荷和侵入深度的原理，分别从千分表中读出侵深，在压力机上读出载荷，然后逐点绘制载荷－侵深曲线，如图 1－3。以发生跃进时的载荷 P_1 除以压头端面积 S 便得到侵入硬度。

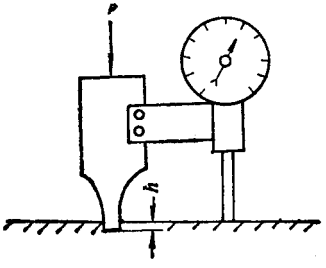


图 1－2　测定载荷－侵深曲线的原理

史氏规定压头端面积 $S = 1 \sim 3\text{mm}^2$，只在多孔性岩石中，采用 $S = 5\text{mm}^2$ 的压头。岩石表面事先要磨平，平常用 p_s 来表示史氏硬度，单位是 kN/mm^2，即

$$p_s = \frac{P_1}{S} \tag{1-1}$$

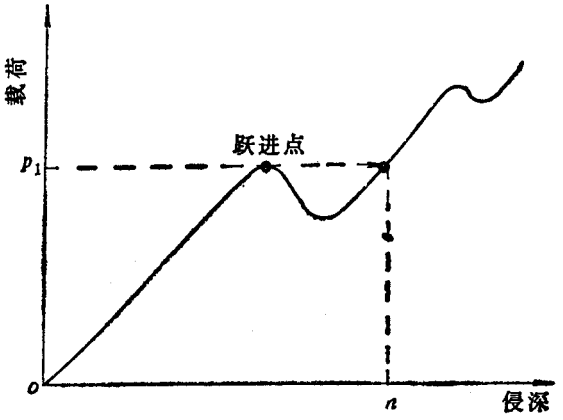


图 1－3　载荷－侵深曲线

利用压力和侵深传感器,可以自动绘制载荷—侵深曲线。接入微型电机,还可以作到自动整理和存贮数据。

在表 1－1 中给出了史氏硬度的一般范围。

表 1－1　史氏岩石硬度一般范围

岩石名称	侵入硬度范围(kN/mm^2)
石英岩	5.6～8.1
花岗岩	2.0～5.0
矽卡岩	4.0～5.0
大理岩	0.8～1.3
白云岩	2.0～3.0
石灰岩	1.0～2.0
砂岩	
粘土胶结	0.1～1.0
碳酸盐胶结	0.75～3.0
接触胶结	1.0～2.0
再生胶结	3.0～5.0
矽化灰岩	4.0～7.0
粘土页岩	0.1～0.25
粘土	<0.1

二、巴氏侵入深度

Л.И. 巴隆(Барон)所倡导的侵入硬度,其原理和史氏的相同,但放大了压头尺寸,并

采用岩石自然表面进行测定,因较为省事而受到欢迎。

巴氏硬度的压头尺寸 S 不小于 $10mm^2$。当侵入硬度 $p_k > 2.0kN/mm^2$ 时,可采用 $5mm^2$ 的压头;$p_k < 1.0kN/mm^2$ 时,要采用两种压头试验,两种压头的端面积差 3～4 倍。测定岩石的硬度时要多次平均,以达到足够的精度。巴氏硬度 p_k 和史氏硬度 p_s 之间,并无准确的一一对应关系,只在统计上有:

$$p_k = 0.7p_s \tag{1-2}$$

三、R.I. 莫里斯(Morris)侵深可钻性指标

莫氏也采用侵入岩石试验来度量岩石的可钻性。他以发生跃进式侵入之后,所侵入的深度除以跃进时的载荷(h/p)作为指标。此指标在美国的一些钻头制造厂家得到应用。

莫氏试验采用硬质合金的压头,其端面具有 3.18mm(1/8in)的曲率半径。

以上三种侵入硬度或指标,在预估钻速上的应用将在五章中给出。

四、凿碎比能

在某种规定的常用参数下,测定冲击凿碎单位体积岩石所耗之能,可以表示岩石凿岩破碎的难易。凿碎比能和冲击式凿岩有密切的关系;可得出比较准确的可钻性指标。

东北工学院岩石破碎研究室,研究了一种能在现场测定凿碎比能的简易方法,见图 1-4。以 4kg 重的落锤,中心有个孔,穿在导杆上坠落冲击钻头,构成一个便于携带的岩石凿测器。落锤坠落高度 1m,钎头直径 40mm,嵌有 YG11C 的硬质合金,刃角 110°。

测定时先开好孔口,冲击 480 次,每次转动钎头 15°,每冲 24 次清除孔底岩粉,量取凿孔增加的深度 H(以毫米为单位)便可用式(1-3)求出岩石的凿碎比能 α(J/cm^3)

$$\alpha = \frac{14249}{H} \tag{1-3}$$

岩石的凿碎比能 α 值,在 200～900J/cm^3 范围。表 1-2 给出了不同凿碎比能的代表性岩石。我国金属矿山的岩石,α 在 245～540J/cm^3 范围的占 79%左右。

各种设备每钻凿 1m 所需时间 t,和凿碎比能成正比例的关系,即

$$t = K_t\alpha \tag{1-4}$$

式中　K_t——系数,$min\cdot cm^3/J$ 随钻凿设备而异,可参考表 1-3;

t——钻凿 1m 深孔时所需时间,min。

凿碎比能测定的数据稳定,简单易行。和普氏岩石坚固性系数 f 之间,可用下式换

算：

$$f \approx \frac{a}{40}(1-5)$$

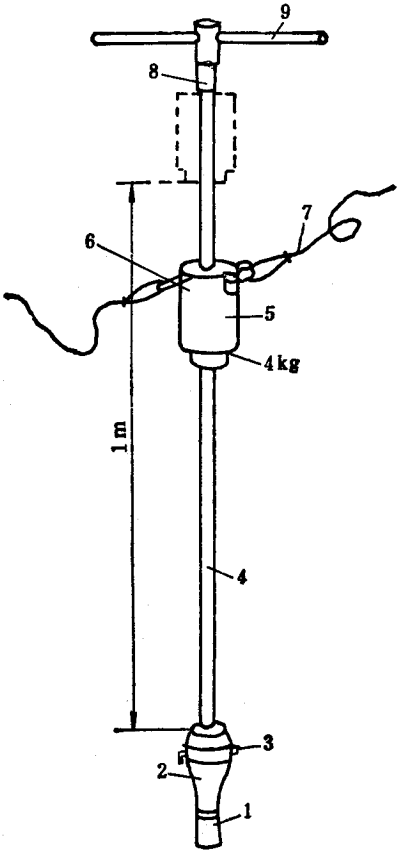


图 1－4　岩石凿碎比功测定器
1—钎头；2—承击台；3—插销；4—导向杆；5—落锤；
6—△形环；7—操作绳；8—导杆顶；9—转动手把

表 1－2　各级可钻性的代表性岩石

级别	凿碎比能 α（J/cm³）	可钻性	代表性岩石
Ⅰ	~ 186	极易	页岩、煤、凝灰岩
Ⅱ	187 ~ 284	易	石灰岩、砂页岩，橄榄岩（金川），绿泥角闪岩（南芬）、云母石英片岩（南芬）、白云岩（大石桥矿）
Ⅲ	285 ~ 382	中等	花岗岩（大孤山），石灰岩（大连甘井予、本溪），橄榄岩片岩，钼土矿（洛阳）、混合岩（大孤山、南芬），角闪岩
Ⅳ	383 ~ 480	中难	花岗岩、硅质灰岩，辉长岩（兰尖），玢岩（大孤山），黄铁矿（白银）铝土矿（阳泉），磁铁石英岩（北京），片麻岩（云南苍山），矽卡岩（杨家杖子）、大理岩（青城子）

级别	凿碎比能 α（J/cm³）	可钻性	代表性岩石
Ⅴ	481～578	难	假象赤铁矿（姑山，白云鄂博）、磁铁石英岩（南芬三层铁，弓长岭），苍山片麻岩、矽卡岩、中细粒花岗岩（湘东钨矿），暗绿角闪岩（南芬）
Ⅵ	579～676	很难	假象赤铁矿（姑山，白云鄂博富矿）、磁铁石英岩（南芬一、二层铁）、煌斑岩（青城子），致密矽卡岩（杨家杖子松北）
Ⅶ	≥677	极难	假象赤铁矿（姑山，白云鄂博），磁铁石英岩（南芬）

表 1－3　设备的时间系数 K_t

设备型号	钻头直径（mm）	K_t（min·cm³/J）
凿岩机①01－30	40	0.0188
凿岩机①7655	40	0.0102
潜孔钻①KQ200	200	0.0233
牙轮钻　60R	310	0.0126
牙轮钻　45R	250	0.0112
掘进机　SJG58	5800	0.1735

①工作气压 0.5MPa。

五、微型钻钻速

由于钻机很大，难以用来测定各种岩石的可能性。常常作成和实际钻机基本相似的微型钻机。A.G，罗洛（Rollow）研究的微型钻钻速，是用来模拟牙轮钻的。它在美国休斯公司得到应用，在国内也有所研究和应用。

罗氏的微型钻，用八片零号的星形砂轮修整片，互相之间隔一片零号垫片，串在一根轴上：再安装在支架上当作微型钻的钻头。钻头直径 31.8mm（$1\frac{1}{4}$in），每分钟回转 55 转，在转动轴上施加钻压 889N，测定的钻速折合成英制单位 n/h，或公制单位 m/h。钻孔深度 2.38mm，在钻孔同时吹出岩粉。

第二章　露天钻孔

第一节　露天牙轮钻机

牙轮钻机的钻头连续破碎岩石，钻孔速度快，生产效率高。它能钻出较大直径的炮孔，与大区爆破、大型装载设备相配套，是大型矿山主要设备之一。

牙轮钻机的钻孔直径，一般在 250～455mm 范围内，常用的孔径为 250～380mm。

80 年代以来，国外大型露天煤矿和金属矿广泛使用牙轮钻机，美国和苏联分别达 90%以上。

表 2－1 和表 2－2 分别给出了国产和国外牙轮钻机蹬技术性能。

美国是生产牙轮钻机最多的国家，主要厂家有 B－E 公司，G－D 公司和马里昂机铲公司等。产销量最多的牙轮钻机是 60－R 型、45－R 型和 GD－120 型，其次是 61－R 型、GD－130 型和 M－4 型等。80 年代初期，B－E 公司生产的 60－R 型牙轮钻机已发展到Ⅳ型，先进的 47－R 型钻机将代替 45－R 型牙轮钻机。47－R 型钻机以两台直流电动机驱动钻机回转机构，并具有推进速度高，排碴能力大的特点。

苏联 1986 年在矿山使用的牙轮钻机，以 СБШ－250МН 型占大多数，其次是 2СБШ－200 型和 СБШ－320 型，台年效率为 4～5 万米。新型牙轮钻机 СБШ－250－20 型和 СБШ－250－32 型正在推广，逐渐替换老型号的钻机。

美国的牙轮钻机在坚硬岩层的台时效率为 9～15m，在中硬岩层中为 15～25m，在软岩层中达 30m。台年效率约为 5～6 万米，高的可达 8～10 万米。

表 2-1 国内牙轮钻机技术特征

机型	KY-120①	KY-150	KY-150	KY-200	KY-250	KY-250A	KY-310	YZ-12	YZ-35	YZ-55
加压方式	油缸加压	油缸-钢绳-滑轮组式	滑差电机-封闭链-齿条式	油缸-链条-链轮组式	滑差电机-封闭链-齿条式			液压马达-封闭链-齿条式		
适应岩性	$f=8\sim12$	$f<12$	$f=8\sim12$	$f<16$	$f=6\sim20$	$f=6\sim20$	$f=6\sim20$	$f=4\sim14$	$f=6\sim20$	$f=6\sim20$
钻孔直径 (mm)	钻118扩300	150～170	120～150	150～200	220～250	220～250	250～310	95～171	170～270	250～380
钻孔方向 (°)	60～90	90	70～90	70～90	90	90	90	70～90	90	90
钻孔深度 (m)	50	21	18～20	15;21	17	17	17.5	15;22.5	17.5	16.5
轴压力 (kN)	90	137.2	127.4	156.8	411.6	411.4	490	117.6	343	539
钻具提升力(kN)	扩180		125	66.1	421.4	421.4	500	142.1	230	400
钻具推进速度(m/min)	0.1～0.3	0～2.5	0～0.17～3.4	0～3/10	0～1.17 0～2.34	0～1 0～2.1	0.1～1 0.1～3	0～1.8	0～1.2	0～1.2
钻具提升速度(m/min)	扩0.01～0.05	0～18.63	0.8～16	0～20	10	10	20	0～18	0～36.7	0～34
钻具转速(r/min)	0～100	0～115	45;60;90	0～120	0～115	0～115	0～100	0～140	0～90	0～120
回转扭矩 (kN·m)	3310		4770;4060;3020	3870	6546	6546	7840	4410	6500	8500
回转功率 (kW)		30	28	30	50	50	54	20	50	95
回转动力	液压马达	直流电机	交流电机	直流电机						
钻杆直径 (mm)	91	114	104,114,168	114,140,159	194,219	194,219	219,273	70,133	140～219	219,273,325
钻杆长度 (m)	1.07	7.5	9.5	7.55	9.2	9.2	9	7.5	17.5	16.5
钻杆数 (根)		3	2	2	2	2	2		2	2
主空压机气量(m^3/min)	水排碴	18	25	18	30	30	40	18	28	37/56
工作气压 (MPa)		0.35	0.4～0.7	0.4	0.35	0.35	0.35	0.28	0.28	0.28
行走方式	轨轮	履带								
行走速度 (km/h) 爬坡能力 (°)		1 15	0.85 14	1 12	0.72 12	0.73 12	0.72 12	0～1.8 30%	1.3 15%	1.1 25%
外形尺寸 (m) 工作时	0.96×0.65×3.00	7.78×3.341×12.5	7.8×3.2×14.5	8.72×3.58×12.34	11.9×5.48×17.91	12.04×6.29×27.6	13.67×5.7×25	8.1×4.38×13.7	13.3×5.91×24.57	14.248×6.11×27.085
长×宽×高 运输时	0.96×0.9×1.6	11.78×3.341×4.625	13.6×3.2×5.68		17.1×5.48×6.62	24.03×6.29×7.2	26.6×5.7×7.62	13.05×4.38×4.94	23.7×5.91××6.3	27.033×6.11×7.547
总安装功率 (kW)	35.5	216	304.1	227.4	385	351	416		335	399.5
动力型式	电驱动									
机重 (t) 投产年度	6.240 1985	32 1985	40 1983	39 1983	85;90 1977	93 1984	114;120 1982	30 1985	85 1982	140 1985
制造厂	长沙新中机械厂	吉林重型机器厂	江西采矿机械厂		江西采矿机械厂			衡阳冶金机械厂		

①地下矿用型。

表 2-2　国外牙轮钻机技术特征

机　　型	HBM-120	HBM-160	SK-35	45-R	47-R	60-RⅣ	61-R	GD-120	GD-130	M-4	M-5	RRC-40	СБШ-250МН	СБШ-320
加压方式	油缸-链条-链轮组式			油马达-封闭链-齿条式						油马达-链条-链轮组式		油马达-钢绳-滑轮组式	油缸-钢绳-滑轮组式	油缸-链条-链轮组式
钻孔直径 (mm)	65～159	130～137	159～200	171～279	311	311～381	381～445	251～560	251～444	311	381	158～200	243～269	320
钻孔方向 (°)	60～90	60～90		60～90	60～90	60～90	60～90	60～90	60～90	60～90	60～90	60～90	60～90	60～90
钻孔深度 (m)	44	40	45.6	50.3	16.76	15.24;19.81	45.7	15.2～20.1	45.7	79.3	79.3	38	32	40
轴压力 (kN)	120	160	155.9	306	363	567	569	534	578	460	525	175	300	588
提升钻具的力 (kN)	60	96		241	241	420	420	342	342	372	438	85		
钻具推进速度(m/min)	0～35	0～38	0～3/20	0～2.1	0～5.2	0～30	0～30	0～4.1	0～4.1	0～22.95	0～19.85	4.4～30.5	0～1.1	0.7
钻具提升速度(m/min)	0～75	0～38	0～28	0～29.9		0～31.4	0～31.4	0～38.1	0～34	0～45.7	0～39.6	4.4～30.5	0～5	0～13
钻具转速 (r/min)	0～159	0～134	0～135	0～100	0～110	0～121	0～121	0～121	0～121	0～110	0～110	0～150	0～150	0～130
回转扭矩 (kN·m)	5230	6900	5830	10376	额定7050	15551	31184	16961/33923	33923	12870	25740		4200	9630
回转功率 (kW)				2×50	2×50	78	2×52	77.2;95.6	2×78	78	2×78		60	100
回转动力	直流电机									油马达			直流电机	
钻杆直径 (mm)				138～228	159～273	273		184～273	197～380	197～380	273	273		
钻杆长度 (m)	4.7	8	7.6	9.9;13.6 16.8		15.2/19.8		15.2/19.8	15.3;20.1	15.3;20.1	17	17	7.6	8;18	20;14
钻杆数 (根)	5～10	4	6	3	1	3		3	1	1	1	1	4	3	3
主空压机气量(m^3/min)	7.9～12.5	16.8～25	21.2	27.8	41.6	44;50	60	74	42;50;55;73	82.9	37.1	74	23	25	2×25
工作气压 (MPa)	0.7/1.2	0.7～2.0	0.7	0.28	0.456	0.28	0.456	0.28	0.387	0.378	0.28	0.28	0.34～0.86	0.7	0.7
行走方式	轮胎和履带		轮胎/履带	履带										
行走速度 (km/h)	3.9	2.6		1.0		1.0	1.0	1.2	1.2	1.6	1.6	3.2	0.7	0.5
爬坡能力 (%)	30	30		25		25	25			20	20	35	10(°)	15(°)
外形尺寸 工作时 (m)	8.4×2.6×12.9	10.2×3×14.8	10.4×2.4×11.2	11×5.9×17.5～24.4	11.89×6.25×24.59	13×6.2×24.6～27.7	13×6.2×23.2～27.7	13.1×5.97×23.8	13.1×5.97×23.8	13.6×6.3×25.4	13.6×6.3×25.4	9.3×3.5×11.4	9.2×5.45×15.4	10.2×5.45×22.7
长×宽×高 运输时 (m)	12.6×2.6×4	14.8×3×5	10.7×2.4×4	23.7×5.9×4.4	24.28×6.25×6.04	22.8×6.2×7.1	22.8×27.3×6.2×7.1	23.77×5.97×6.02	23.77×5.97×6.02	25.5×6.3×6.7	25.5×6.3×6.7	10.7×3.5×4.4	15×5.5×5.5	19.5×5.45×1
总功率 (kW)				228		485		505	860	465	765		384	550
动力型式	柴油机驱动或电机驱动						电动	柴油机或电机驱动	电动	柴油机或电机驱动	电动	Cummins 855C	电动	电动
机重 (t)	22.24	36	28.2	68～71	113	145	125	136	136	91～120	102～127	32.4	65	130
制造单位	联邦德国豪斯公司		美国里德工具公司	美国布塞路易-伊利公司				美国加登纳-丹佛公司		美国马里昂动力机铲公司		美国乔伊公司	苏联沃罗涅什矿机厂	

对现代牙轮钻机开展下列方向研究,以进一步提高其性能:

(1)用静态直流传动系统、静态交流变频传动系统代替传统的液压马达传动或普通交流电动机传动和直流电动机传动驱动钻具回转。

(2)在钻机上安装过程监控自动化仪表。指示司机按最优的速度进行钻孔,并能自动记录,打印钻孔过程的诸参数。

(3)应用整体小车式回转加压提升系统,取代常规的封闭链—齿条式回转加压系统。

(4)设有钻凿倾斜炮孔的装置。

(5)强化钻孔工艺参数,提高零部件的强度与可靠性,增大钻机的重量,稳定性、轴压和回转功率。

一、牙轮钻机结构类型

牙轮钻机根据回转和加压方式的不同,可分为三种类型。

A　底部回转间断加压

底部回转间断加压式牙轮钻机是由石油、勘探用钻机移植而来的。这种钻机有一个液压卡盘,它通过油压将钻杆卡住,二者一起回转并向下运动,实现钻进动作。由于回转机构设在钻架的底部,加压是间断的,故而得名。苏联的 CBLU 型、美国的 60 – BH 型属于此种类型。此类钻机的主要缺点是,间断加压以及轴压力的提高受到卡盘与钻杆之间的摩擦力的限制。液压卡盘加压原理见图 2 – 1。

B　底部回转连续加压

钻机的回转和加压机构安设在钻架底部,并由链传动装置或钢绳液压系统实现连续加压。该类型钻机的特点是钻架不受扭矩作用,但钻杆加工成六方型或花键齿型,因此工艺难度大些。这种底部回转连续加压原理见图 2 – 2。

C　顶部回转连续加压

顶部回转连续加压的钻机,主要特点是在钻杆的上部安装一个能沿钻架上下滑动的回转加压小车,以实现钻具的回转和连续加压,故这类钻机又称为滑架式牙轮钻机。当前国内外大型露天矿山的钻机多采用这种类型。

顶部回转连续加压有封闭链条—齿条加压式(见图 2 – 3),钢绳—齿条加压式(见图 2 – 4)、钢绳 – 液压缸加压式(见图 2 – 5)、整体小车加压式(见图 2 – 6)等四种类型。

牙轮钻机按其大小又可分为:轻型牙轮钻机,一般钻孔孔径小于 150mm;中型牙轮钻机,一般钻孔孔径为 170 ~ 250mm;重型牙轮钻机,一般钻孔孔径大于 310mm。

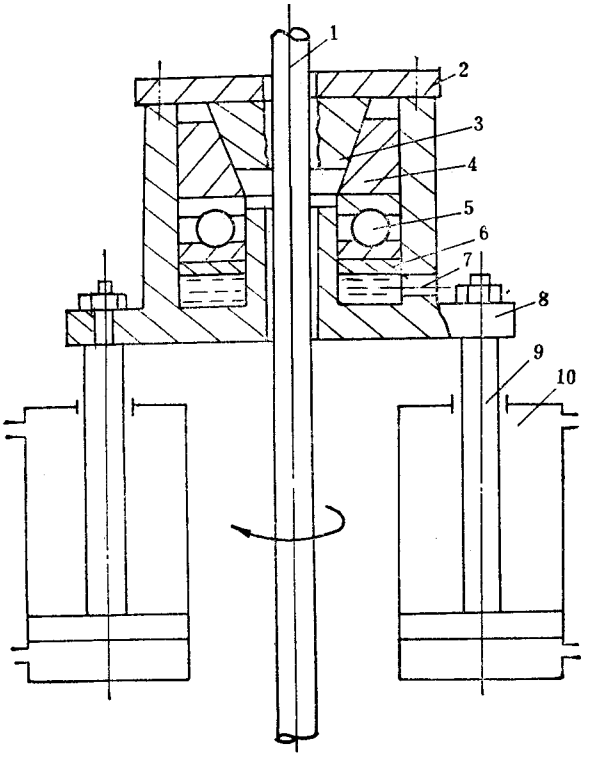


图 2－1　液压卡盘加压示意图
1—钻杆；2—卡盘；3—卡爪；4—楔块；5—轴承；6—滑板；7—进油口；
8—卡盘体；9—活塞杆；10—加压油缸

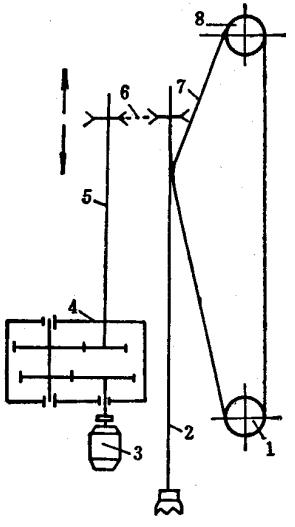


图 2－2　底部回转连续加压系统示意图
1—主动链轮；2—钻具；3—回转电机；4—回转减速机；5—花键轴或六方轴；
6—链传动机构；7—链条；8—链轮

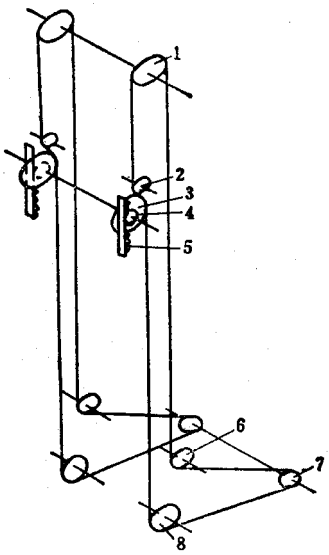


图 2－3　封闭链条—齿条加压系统示意图
1—禾轮;2—导向轮;3—大链轮;4—小齿轮;
5—齿条;6—张紧链轮;7—主动链轮;8—底轮

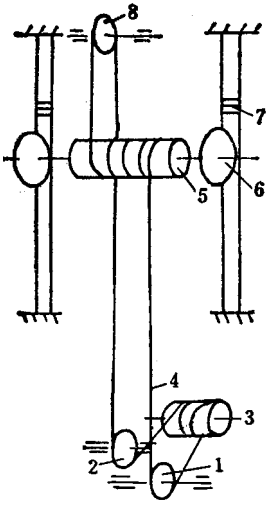


图 2－4　钢绳－齿条加压示意图
1、2—下部导向轮;3—主动卷筒;4—钢丝绳;5—加压卷筒;
6—加压齿轮;7—齿条;8—天轮

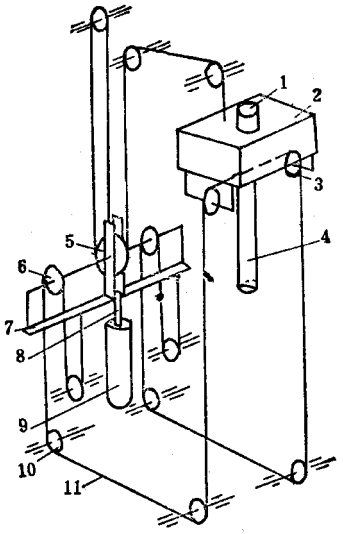


图 2－5　钢绳－液压虹加压示意图
1—回转电机；2—回转小车；3—均衡滑动轮；4—钻杆；5—提升动滑轮；6—加压动滑轮；
7—杆端装置；8—活塞杆；9—双作用油缸；10—定滑轮；11—钢丝绳

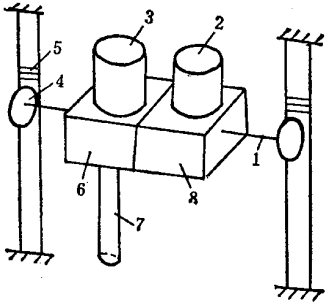


图 2－6　整体小车加压示意图
1—回转加压整体小车；2—加压电动机；3—回转电动机；
4—加压齿轮；5—齿条；6—回转减速机；7—钻杆；8—加压减速机

二、轻型牙轮钻机

A　吉重 KY－150 型牙轮钻机

吉林重型机械厂生产的 KY－150 型牙轮钻机适用于 $f \leqslant 12$ 的岩石。钻机采用油缸－滑轮组－钢绳连续加压推进系统，用磁放大器供电直流电机驱动，实现回转系统无级调速；行走系统为双电机分别驱动履带行走机构，三级干式除尘系统，末级采用布袋除尘，液压千斤顶调平车体，机房及司机室设有增压净化装置。钻机在鹤岗岭北铁矿凿中

硬及硬砂岩($f=6\sim13$)的平均月进尺为 5482m。

B　江采 KY－150 型牙轮钻机

江西采矿机械厂生产的 KY－150 型牙轮钻机,采用滑差电机－封闭链－齿条加压方式,轴压力达 127kN;回转机构由多速电机驱动,采用平行推送式送杆器,接卸钻杆由气爪及气动扳手来完成,结构简单,工作可靠。本机设干、湿式两种除尘系统。

三、中型牙轮钻机

A　KY－250A 型牙轮钻机

KY－250A 型牙轮钻机是 KY－250 型钻机的改进定型的产品。该品采用滑差－封闭链－齿条加压方式,设有小车断链防坠保护装置,使工作安全可靠,回转采用直流电机－减速器传动系统,并从实际工况出发,增大了回转扭矩,采用减振接头、滚柱式稳杆器、滚动式导向套控制和减少钻机工作中的振动,钻机采用干、湿两种除尘系统,干式的末级采用脉冲布袋除尘,用干油自动集中润滑系统和人工注油来确保钻机安全运转。钻机在白云鄂博铁矿创台时作业率为 63.3%,台时完好率为 89.3%。

B　YZ－35 型牙轮钻机

该钻机采用顶部回转可控硅直流无级调速,这种调速方式可调性好、效益高。钻机另外一个特点是采用液压马达－封闭链－齿条加压方式。钻机大型结构件采用高强度结构钢制作,使钻机具有良好的刚性与稳定性。此外,履带板采用美国专利钢号 SD3520H 制作。壁薄重量轻,降低了牵引负荷。钻机上安有减振装置和孔深指示仪等。

C　45－R 型牙轮钻机

该机用于中硬及坚硬岩石钻凿直径为 171～279mm 的炮孔。钻机有柴油和电动两种驱动方式。是一种顶部回转、具有用直流电机驱动、用磁放大器对工作机构进行调速特点的钻机。钻机台年效率约为 5～7 万米。国内生产的 YZ－35 型牙轮钻机的主要结构与该机类似。

四、重型牙轮钻机

A　KY－310 型牙轮钻机

这种钻机是国内应用较多的一种重型牙轮钻机。其整机外观见图 2－7。

KY－310 型牙轮钻是一种带回转加压小车的滑架式钻机。它由钻架、回转小车、加压提升机构、均衡装置、行走机构、除尘装置以及压气系统,液压系统、增压净化装置等组成。

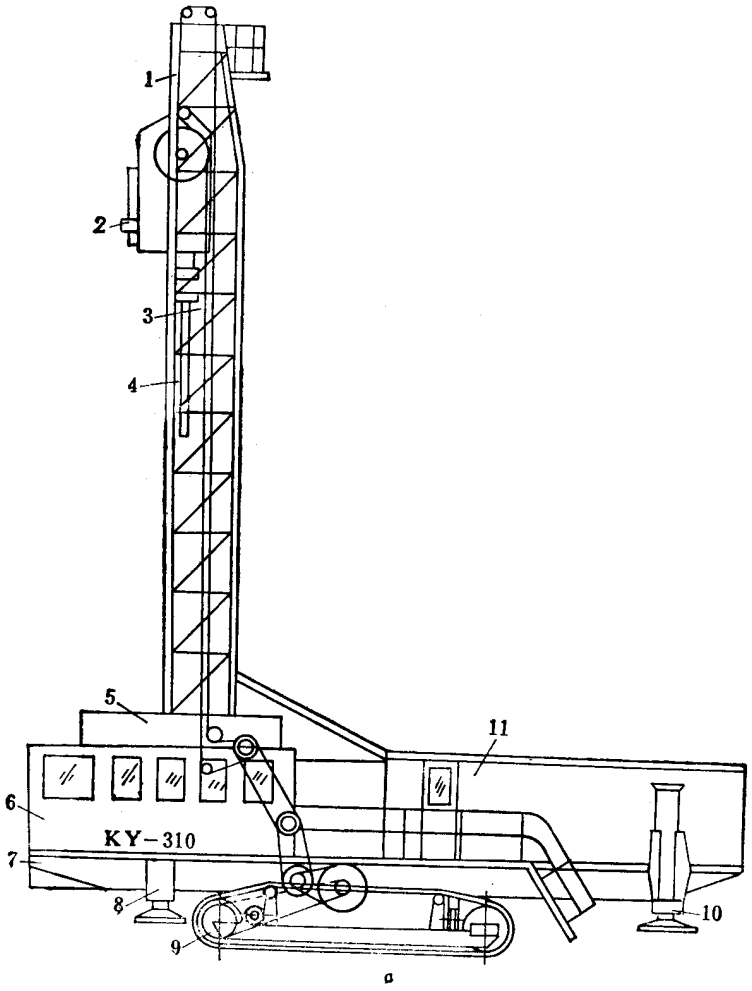


图 2－7　KY－310 型牙轮钻机总体结构
1—钻架装置；2—回转机构；3—加压提升系统；4—钻具；5—空气增压净化装置；6—司机室；7—平台；8、10—千斤顶；9—履带行走机构；11—机械室

KY－310 型牙轮钻机的主要特点是：

（1）采用大容量直流单电机驱动回转机构，从根本上消除了小容量双电机驱动时，常发生电机烧毁的弊病。

（2）回转减速箱采用复合轴承结构（图 2－8）。推力轴承承受钻具的反轴压，双列向心球面轴承承受由于钻具的偏扭带来的径向力。提升钻具时，向心滚柱轴承承受小车和钻具的重量及卡钻时的反力。

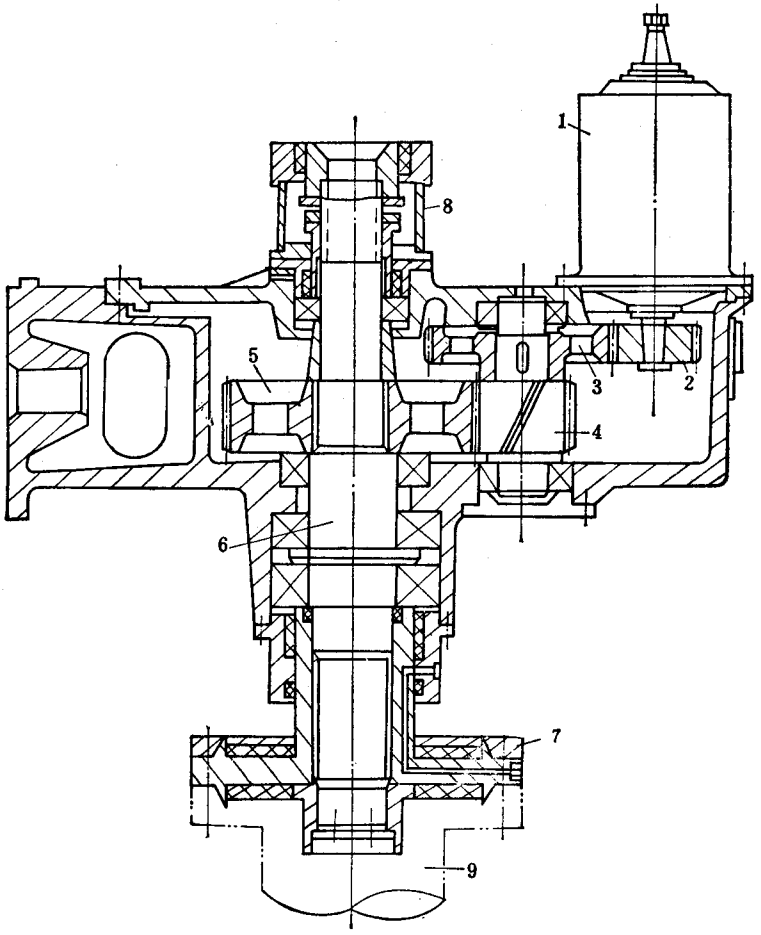


图 2－8　KY－310 型钻机回转减速器
1—回转电动机；2、3、4、5—齿轮；6—中空轴；7—钻杆连接器；8—进风接头；9—风卡头

（3）KY－310 型钻机采用主传动系统（见图 2－9）实现加压，提升（或下放），行走和起重等四项工作。该系统由一台 IZTZ－52－4 型滑差式调速电动机和一台 54kW 的 ZZ-KW－52 型直流电动机联合驱动。传动系统中采用国产标准减速器和标准型气胎离合器，故结构紧凑，维修操作十分方便。

（4）接卸钻杆采用平行连杆式送杆机构，见图 2－10。整个钻杆安装在立架内框的后部，卸杆或接杆时，都须通过油缸将带有钻杆的钻杆架推出对准钻孔中心，并借电机的正、反转以及卸杆卡爪的协助实现接卸钻杆动作。

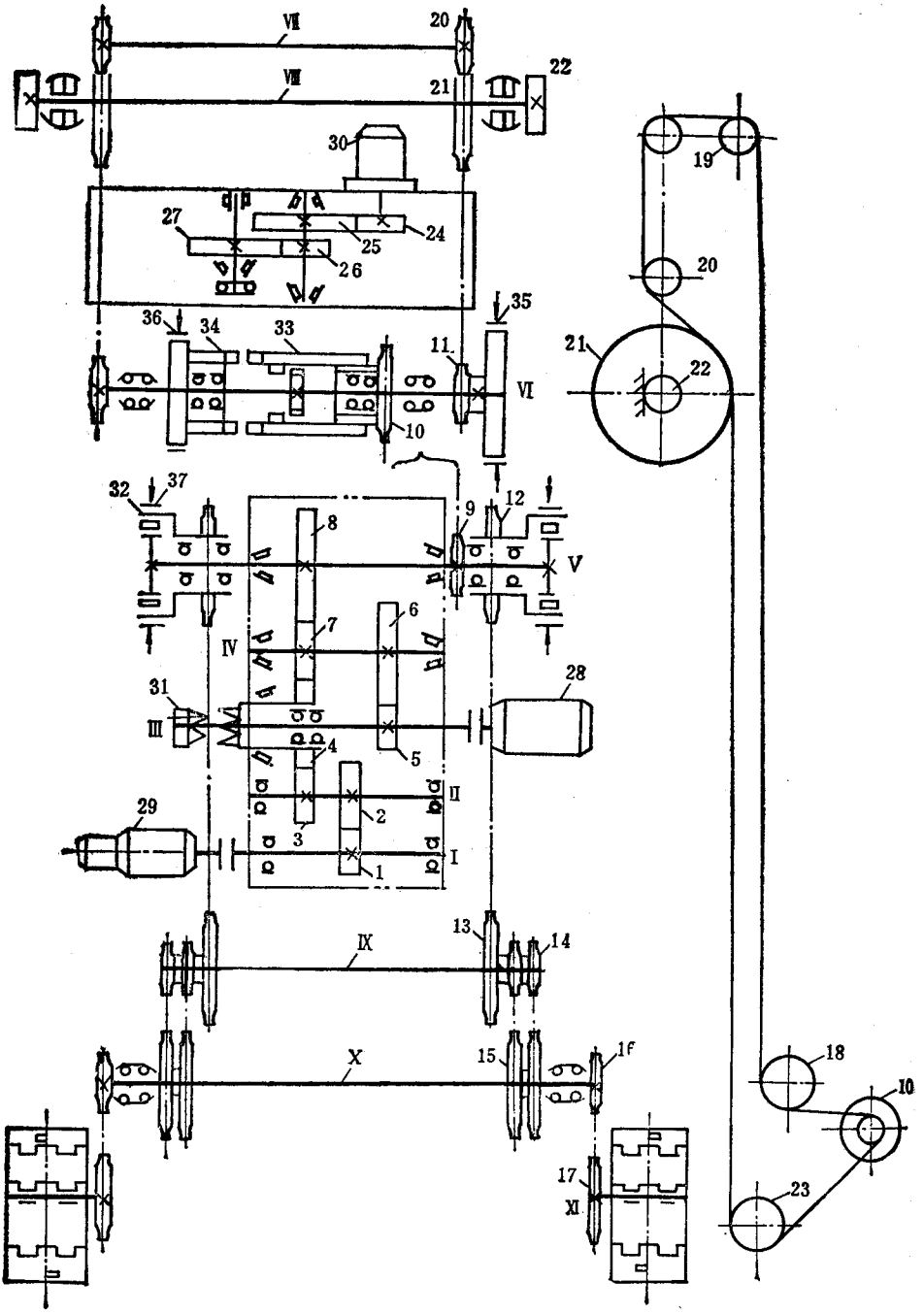


图 7－9　KY－310 型牙轮钻机主传动系统

1～8—加压提升机构的齿轮；9、10、11、18、19、20、21、23—加压提升机构链轮；12～17—行走机构链轮；22—加压小车；24～27—回转机构齿轮；28—提升电机；29—加压电机；30—回转电机；31—牙嵌离合器；32—行走寓合器；33—主动离合器；34—辅助卷扬；35—主制动器；36—辅助卷扬制动器；37—行走制动器，Ⅰ～Ⅹ—传动轴

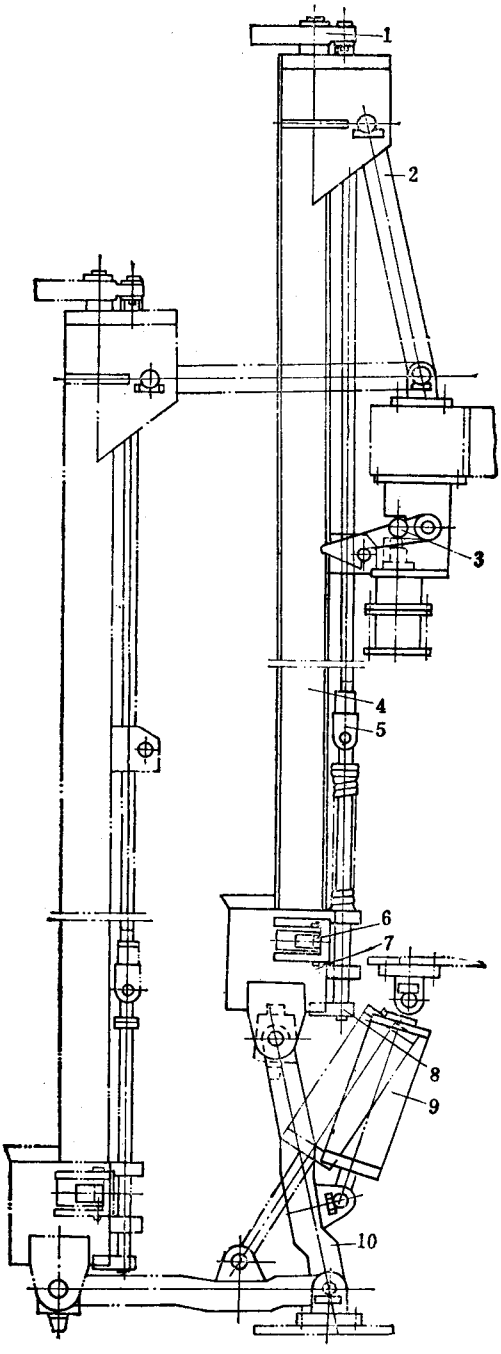


图 2－10　KY－310 型钻机钻杆架
1—抱卡；2—上摇臂；3—气钩装置；4—钻杆架体；5—拉杆；
6—卡爪；7—托杯体；8—支承块；9—油缸；10—下摇臂

B　Y7－55 型牙轮钻机。

YZ－55 型牙轮钻机是在我国多年来使用牙轮钻所积累的经验的基础上，改进现有钻机而设计成的。回转减速箱轴齿轮采用双支点结构，克服了轴齿轮悬臂剪断电动机轴的缺点，小车用橡胶滚轮机构导向取代了尼龙滑板结构，便于调整加压齿轮和齿条的啮合间隙，减少了小车运行中的附加冲击，采用两种调速方案，并且其中的双绕组可控硅励磁发电机系统较三绕组调试维修方便，而可控硅供电调速直流机系统动态响应速度快、效益高、体积小，钻机还实现了轴压，扭矩，主气压以及水平和垂直方向振动等钻进参数的自动调节，履带支架较 60－RⅢ型加长约 914mm，使整机稳定性有所改善。

C　60－RⅣ及 61－RⅢ型牙轮钻机

60－RⅣ型钻机适用于钻凿各种硬度岩石。钻孔直径 310～380mm。一次钻孔深度达 19.8m。轴压 567kN，用油马达—封闭链—齿条连续加压。61－RⅢ型的构造与 60－RⅣ型相同，主要用于软岩钻凿直径 380～445mm 的炮孔，较 60－RⅣ型钻机多安装一台回转电机和一台空压机，以提高转矩和加大排碴能力。

五、牙轮钻机常用机构

A　钻架

钻架是由金属构件组成的空间桁架结构。它用于承受加压，回转与提升机构工作时产生的负荷以及保证完成一定的钻孔深度。

从结构上分，有桁架式与箱体式两种钻架。桁架式钻架工艺性好，耗用金属型材少，如桁架节点距离选择适当，也有足够大的刚性和抗扭力矩。无论是哪种结构，都采用“Π”型敞口结构，这种结构有利于存放钻杆和维修架内的各个装置。桁架式与箱体式钻架结构分别见图 2－11，图 2－12。

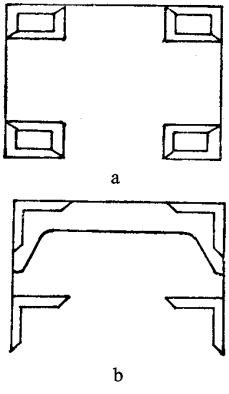


图 2－11　几种钻机的桁架式钻架结构示意图
a—KY－250；b—45－R

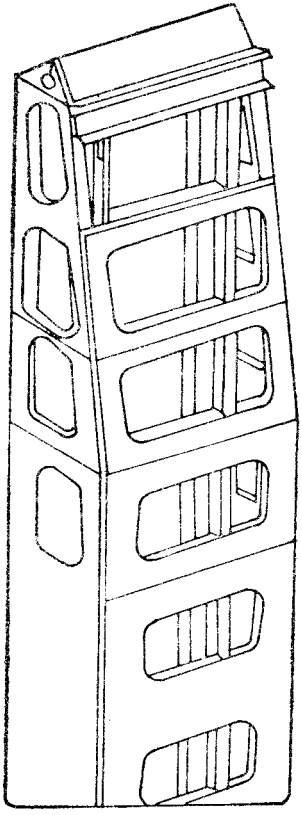


图 2－12　60－R 型钻机箱体式钻架外观图

B　封闭链条传动系统及均衡张紧装置

封闭式链条传动系统的作用，是把主传动机构的动力传给加压小车，再经加压齿轮和齿条传给钻具，用均衡张紧装置来保证两条封闭链条都处于同样的工作状态。封闭链条传动系统的结构见图 2－13。

当主动链轮旋转时，其动力通过链条 5 传给回转加压小车的大链轮 1，大链轮再传动与其同轴的加压齿轮 2 一起旋转。由于与加压齿轮啮合的齿条 3 固定在钻架上，所以迫使加压齿轮带动加压小车沿齿条向下移动，达到加压、提升和下放钻具的目的。封闭链条的缠绕方式如图 2－14 所示。实践证明 KY－310、KY－250 的封闭链条缠绕方式结构简单，调整方便，可靠性好。

封闭链条张紧装置及其工作原理如图 2－15 所示。当油缸 1 上腔进油时，均衡架 2 向下移动，与此同时弹簧 3、6 均被压缩。当加压钻进时，主动链轮 5 作逆时针方向旋转，此时绕过紧轮 7 的链条是紧边，在紧边链条拉力作用下，张紧轮 7 的轴上移至均衡架导

槽的最上端。此时绕过张紧轮 4 的链条为松边，所以在弹簧 3 的张力作用下，使张紧轮 4 沿导槽下移，从而使松边链条张紧，防止了跳链。反之，主动链轮 5 作顺时针方向转动时，其张紧工作原理亦为如此。

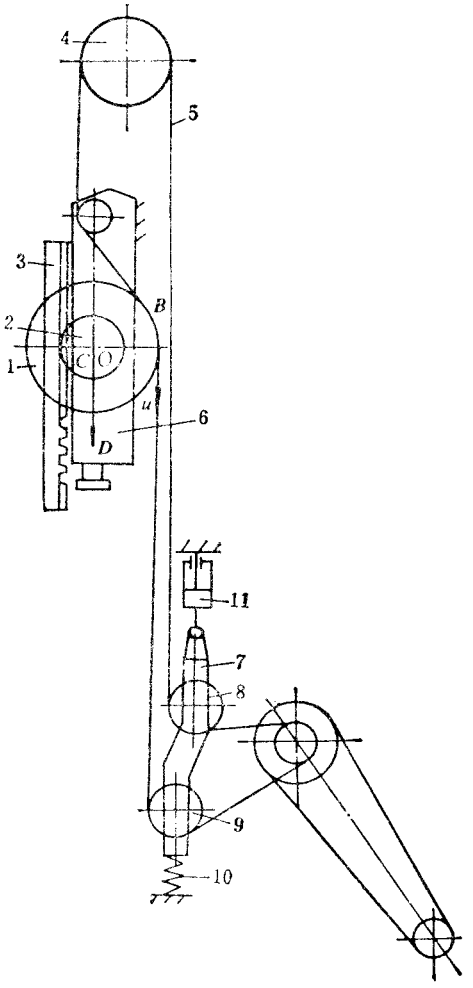


图 2－13　封闭链条传动系统
1—大链轮；2—加压齿轮；3—齿条；4—导向轮；5—链条；
6—回转小车；7—平衡张紧装置；8、9—张紧链轮；
10—张紧弹簧；11—油缸

封闭链条平衡装置主要有三种型式，见图 2－16，其中并联双油缸式与油缸平衡梁式应用较多。它们可以在较大范围内进行张紧平衡，其缺点是要与油压系统配合，结构复杂。三角形曲板平衡梁式结构简单，动作灵活可靠，但调整范围较小。

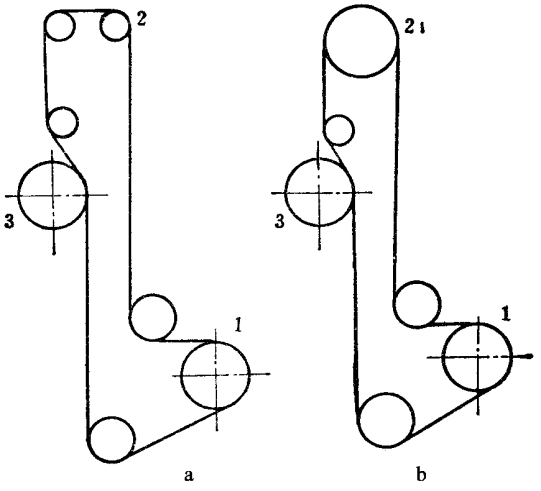


图 7－14　封闭链条缠绕方式
a—KY－310；b—45－R、60R－Ⅲ
1—主动链轮；2—天轮；3—大链轮

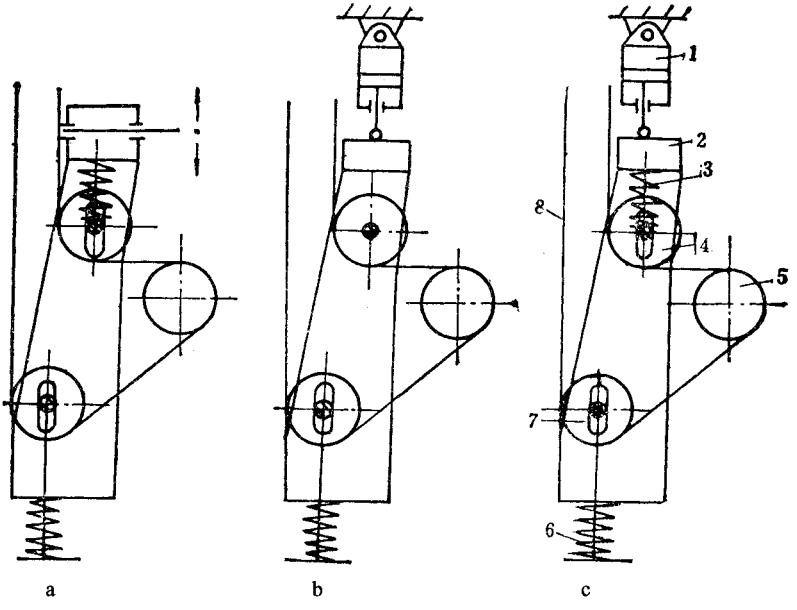


图 7－15　封闭链条张紧装置
a—45－R；b－KY－250、60－RⅢ；c—KY－810、YZ－35
1—油缸；2—均衡架；3—上弹簧；4、7—张紧轮；5—主动链轮；
6—下弹簧；8—链条

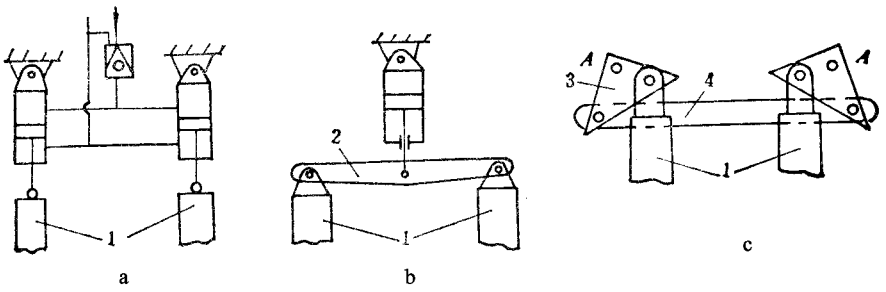


图 2－16　链条平衡装置
a—KY－310，KY－250，YZ－35；b—60－R；c—45－R；
1—均衡架；2—平衡架；3—曲柄板；4—横梁

C　回转小车

回转小车是支承回转、加压提升机构，并使它们（连同钻具）沿钻架上下移动，从而实现钻具回转、加压运动和升降运动。回转小车结构如图 2－17 所示。

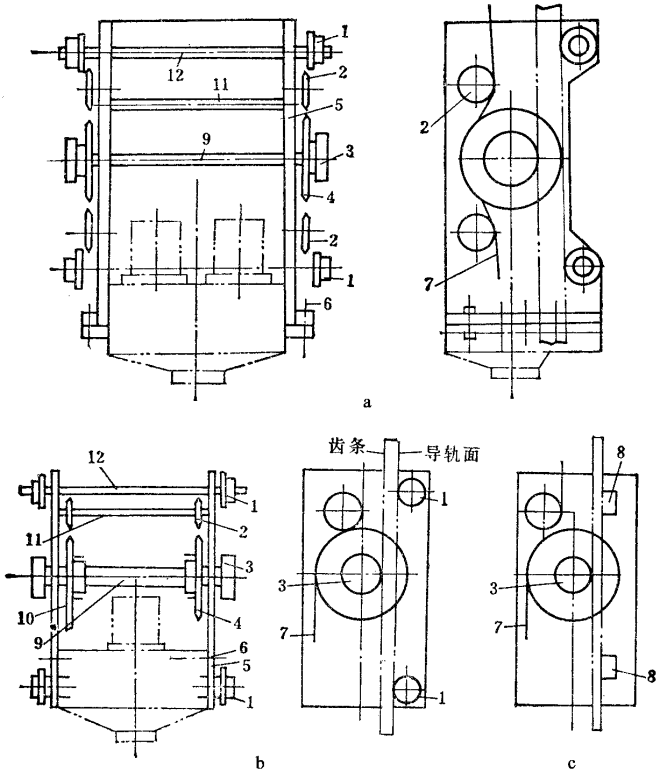


图 2－17　回转小车
a—HYZ－250B；b－KY－250；c—KY－310、45－R、60－RⅢ
1—导向轮；2—小链轮；3—加压齿轮；4—大链轮；5—小车体；6—连接螺栓；7—封闭链条；
8—导向尼龙滑板；9—大链轮轴；10—防坠制动器；11、12—连接轴

六、钻机钻孔故障及钻机机构调整

A　钻孔故障及其排除方法

在钻孔过程中,应尽最大努力防止发生钻孔事故。若一旦发生事故,必须作出正确的判断,然后采取适当的措施进行处理和打捞。

(1)夹钻具。钻具在孔内被夹住,是由于炮孔片帮、掉块、岩粉过多以及突然停止供气等原因造成的。排除夹钻事故首先判明是属于旋转夹钻还是提升夹钻。

钻具能在炮孔中转动,而不能提起来的提升夹钻,一般是由于片帮,掉块引起的,此时不能强行拔出钻具,更不应停止供气,要上下缓慢串动,反复回转钻具,将卡钻的岩块研碎,即可提起钻具。

钻具在炮孔中不能转动,多半是孔底岩粉过多原因造成的。此时,一定要停止供气,采取边,回转边提升的办法慢慢串动钻具。采用上述方法后,夹钻故障仍不能排除时,可在钻杆两侧焊两个扳手,用液压千斤顶将钻具提起。

(2)掉钻具。处理钻具掉入孔内,可采用打捞锥捞取。

(3)片帮。出现孔壁片帮现象时,首先要减小轴压,降低转速,然后再投入粘土维护好孔眼。

B　钻机机构调整

为确保钻机能持久正常运行,在钻机使用过程中,要不断地调整钻机机构。

这种调整主要有:加压 – 提升链条的调整、提升和辅助卷筒制动装置的调整、回转机构导向装置的调整、钻杆架的调整、主空压气机皮带的张紧、履带的调整、行走机构的调整等。现以 45 – R 牙轮钻机为例,将其机构调整的方法分别列出如图 2 – 18 至图 2 – 23 所示。

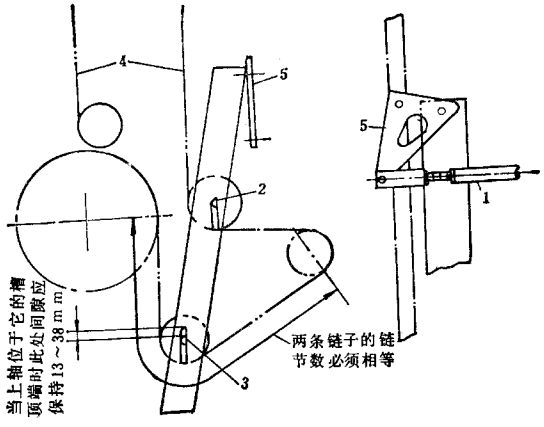


图 2 – 18　加压—提升链条的调整

1—调节均衡器;2—上轴;3—下轴;4—链条;5—直角曲柄板

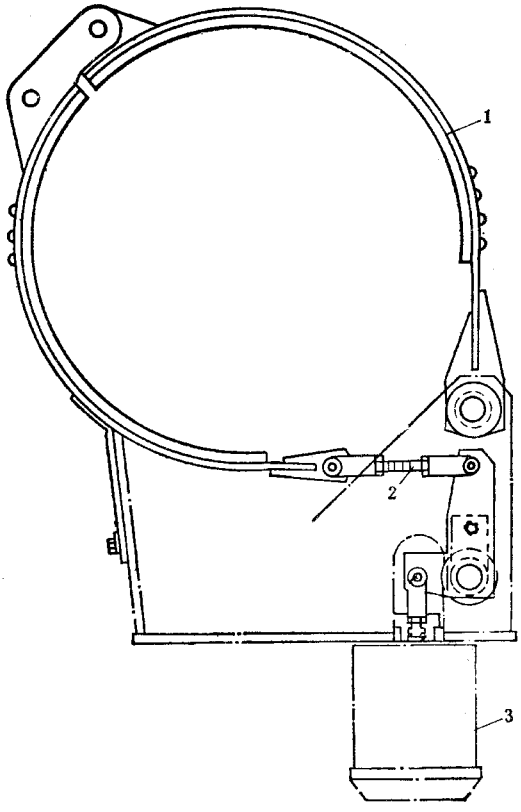


图 2－19　提升制动装置
1—闸带；2—调节螺栓；3—气缸

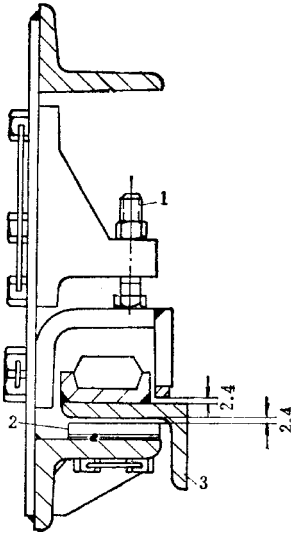


图 2－20　辅助卷筒制动装置
1—调节螺栓；2—闸带；3—气缸

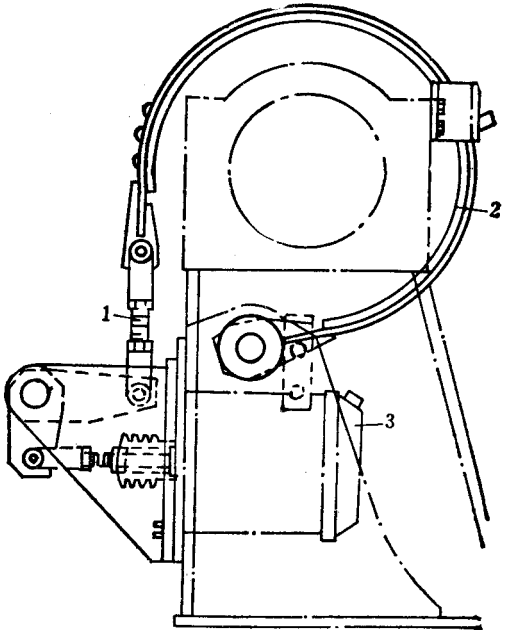


图 2－21　回转机构导向装置的调整
1—调节螺栓;2—衬板;3—钻架

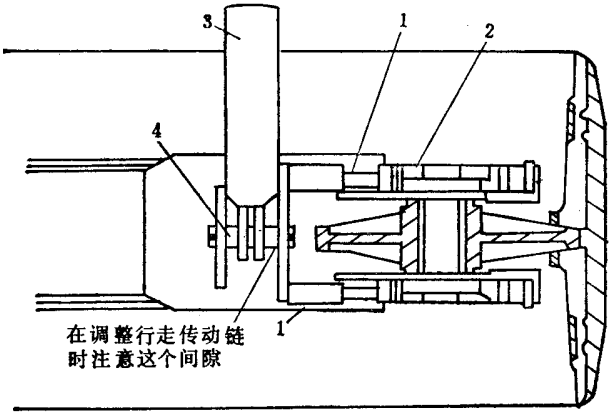


图 2－22　履带张紧
1—小千斤顶;2—填隙片;3—均衡架;4—均衡销

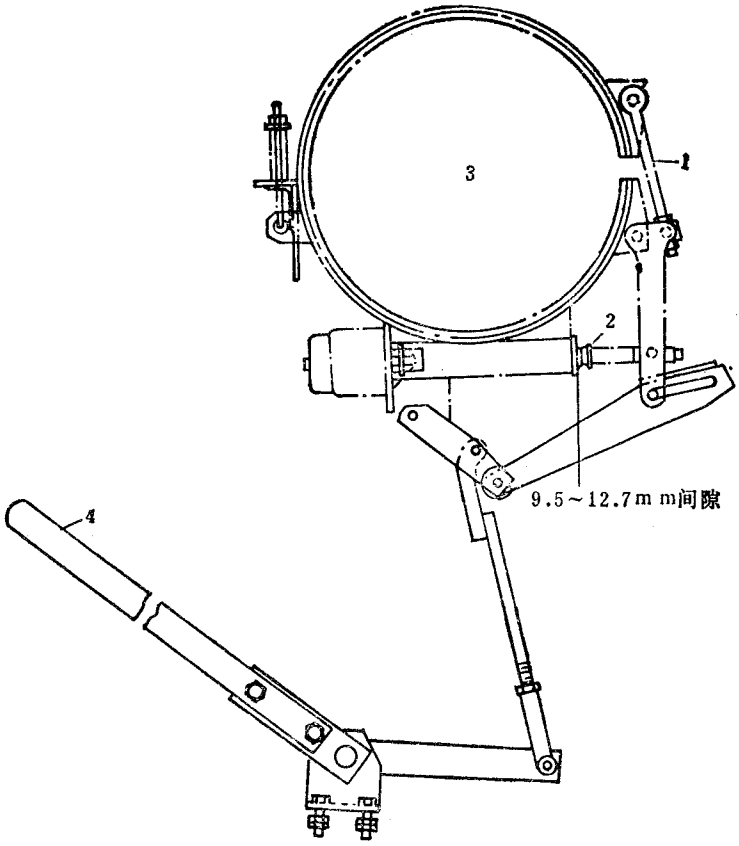


图 2－23　行走制动器和手动松闸杆
1—螺栓;2—垫圈;3—行走制动器;4—手动松闸杆

第二节　露天潜孔钻机

潜孔钻是把气动冲击器连钻头装在钻杆的前端,凿岩时,冲击器随着钻孔延深而潜入孔底破碎岩石。图 2－24 为潜孔钻机作业示意图。

潜孔钻机通常适于钻直径 80～250mm 的炮孔,深度一般不大于 30m,但最深可达 150m。

潜孔钻机同接杆凿岩钻车相比较,有如下一些特点:(1)冲击力直接作用于钎头,冲击能量不因在钎杆中传递而损失,故凿岩速度受孔深的影响小。

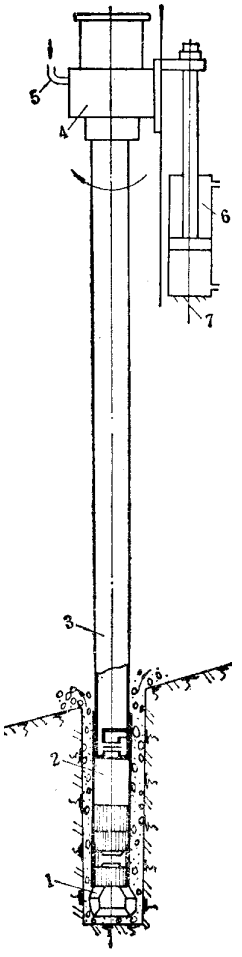


图 2－24　潜孔钻作业示意图
1—钻头;2—冲击器;3—钻杆;4—气接头;5—进气管;6—加减压气缸;7—钻架

(2)以高压气体排出孔底的岩碴,很少有重复破碎现象。

(3)孔壁光滑,孔径上下相等,一般不会出现弯孔。

(4)工作面的噪声低。

值得提出的是,国内外已经有了高工作气压型空气压缩机和相应的高工作气压型潜孔冲击器,将会使钻孔速度提高数倍。

潜孔钻机是中、小露天矿山的主要钻孔设备。国内外露天潜孔钻机主要技术特征列于表 2－3 和表 2－4。

表 2-3　国内露天潜孔钻机主要技术特征

机　　型	KQ-100		KQ-150		KQ-170	KQ-200			KQ-250		SQ-100J
孔径（m）	80	100	150	170	170	200	210	220	230	250	80,100,105,127
垂直孔深（m）	18		17.5		18	19			16		30
孔向（°）	0～90		60,75,90		45,60,75,90	60～90			90		45～90
钻杆直径（mm）	60	70	133		127	168			194	219	75
一根钻杆长度（m） 接杆	3～6		9		8.5	10.2,9.5			9		3
一根钻杆长度（m） 不接杆			18						17		
钻具回转转数(r/min)	30～50		21.7,29.2,42.9		60	13.5,17.9,27.2			22.3		0～30
钻具回转扭矩（N·m）	490～735		2906,2447,2141		1107	5802,4812,4312			9427.6		1500
轴压力（kN）			0～5.8		0～11.7	0～14.5			0～29.4		24
钻具提升速度（m/min）	15～20		16		16	12～16			12～16		
孔底有效提升力（kN）	9.8		24.5		14.7	34.3			98		
辅助提升力（N）			4900		4900	9800			19600		
工作气压（MPa）	0.49～0.69		0.49～0.69		0.59～0.74	0.49～0.69			0.49～0.69		0.6～1.5
耗气量（m^3/min）	3～10		15		15～18	22～27			25～30		12～17
除尘方式	干或湿式		干或湿式		湿式	干或湿式			干或湿式		干式扑尘
行走方式	电动履带		电动履带		电动履带	电动履带			电动履带		气动马达履带
钻机重量（t）	6～7		14		22	35			45		5.6
制造厂家	宣化风动机械厂		宣化风动机械厂		大冶铁矿	太原矿机厂			宣化风动机械厂		加兴冶金机械厂

图 2-4 国外几种潜孔钻机主要技术特征

机型		QM-5	DM-4 (T-4)	T-5	RCD-930	DH-650	T650W	T685H	ES-115	Rotamec 1702	CBY-125	CBY-150	CBY-200
孔径 (mm)		178～225	127～200	228～250	152～178	152～171	152～197		80～250	140～216	125	150	200
推进方式		气马达-链条式	双油缸-链条式	双油缸-链条式		气马达-链条式	双油缸-链条式	双油缸-链条式	气马达-链条式	双油缸-链条式			
推进力 (kN)		0～176.4	0～176.4	0～266.5	44.100～88.2		0～137.2		0～137.2	0～170	4.9	4.9	4.9
旋转方式		气马达	油马达	油马达	油马达	气马达	油马达	油马达	油马达	油马达			
钻具转数 (r/min)		0～75	0～100	0～79,0～111	0～52	7～38		0～140,0～70	0～40,0～110	0～80	27,40,80	0～60	
旋转扭矩 (N·m)			5644.8	9231.6 6546.4	2979.2		4057.2	4635.4 10103.8	7350. 3430	5620			
空压机容量(m^3/min)		28.5	29.7		25.5	16.8		24	17	21			
供气压力 (MPa)		0.685	2.41		0.685	0.685		2.41		2.0			
行走方式		履带，分传	履带，分传(轮胎)	轮胎	履带，分传	履带	轮胎	轮胎	履带，分传	履带，分传			
原动机功率 (kW)			216			216	146			300			
外形尺寸 长×宽×高 (mm)	工作时	7200 ×4200 ×15800	8700～1070 ×2400～3200 ×10900	11150×3050 ×12200				11150×2438 ×12120		7210×3250 ×12960			
	运输时	15200 ×4200 ×400		11460×3050 ×4100				11995×2438 ×3680		13340×3250 ×3320			
钻机重量 (t)		30	22～27	38.5				25	20	27.2	5	16	35
制造厂家		英格索兰德			G.D.	C.P.	Joy	Schramm		阿特拉斯公司			

美国生产潜孔钻机的主导厂家是英格索兰德(Ingersoll Rand)公司。该公司的产品代表了国际潜孔钻机的发展水平,它生产的潜孔钻机主要特点是:

(1)适应商品生产的需要,品种多样化,有如下几种主要系列产品:

LM 型——小型履带式,凿岩机与潜孔冲击器兼用;

ECM 型——中型履带式,钻架借助液压油缸可延长其高度,凿岩机与潜孔冲击器兼用;

CM——中型履带式,钻机自动作业程度较高,凿岩机与潜孔冲击器兼用;

T 型——重型轮胎式,潜孔冲击器与牙轮钻头钻进兼备;

DM - SP 型——大型履带式,属于下部转盘型高钻架钻机;

DM 型——大型履带式,属于顶部回转式钻机。

此外还有 ID 型、TH 型、RO 型等。

(2)驱动方式多样化,除了电力驱动外,还广泛采用柴油机驱动。柴油驱动的钻机同日益发展的大型液压挖掘机和汽车相配套,勿须单独为钻机架设供电线路。

(3)潜孔钻机供气压力不断提高,高达 2.4MPa。尤其值得提出的是钻机的最低工作气压为 0.685MPa,而国内钻机还广泛使用 0.49MPa。

(4)钻机行走方式多样化,除了履带行走传动方式外,还有轮胎式行走。后者大大改善了钻机的机动性能。

一、潜孔钻机分类与典型钻机

露天潜孔钻机按其重量和钻孔直径可分为三种类型:轻型潜孔钻机,重量较轻,钻孔孔径一般小于 110mm;中型潜孔钻机,重量约为 10 ~ 15t,孔径为 150 ~ 170mm;重型潜孔钻机,重量在 30t 以上,孔径一般大于 200mm。

如按钻机钻具使用的空气压力又可分为普通型潜孔钻机和高气压型潜孔钻机。前者使用的空气压力一般小于 0.7MPa,后者使用的空气压力一般大于 1.0MPa。

A　SQ - 100J 型高气压潜孔钻机。

SQ - 100J 型高气压潜孔钻机的外观如图 2 - 25 所示。该钻机由钻具、回转供气机构、推进机构、工作装置变幅机构和行走机构等部件组成。钻机工作气压为 0.6 ~ 1.5MPa。这种钻机不仅凿岩速度快,能源消耗低,而且可钻不同角度的炮孔,其中包括下向垂直炮孔。上向 45°和左右外倾 20°°的炮孔。该钻机是采用气动马达回转,推进及拖动履带行走的。

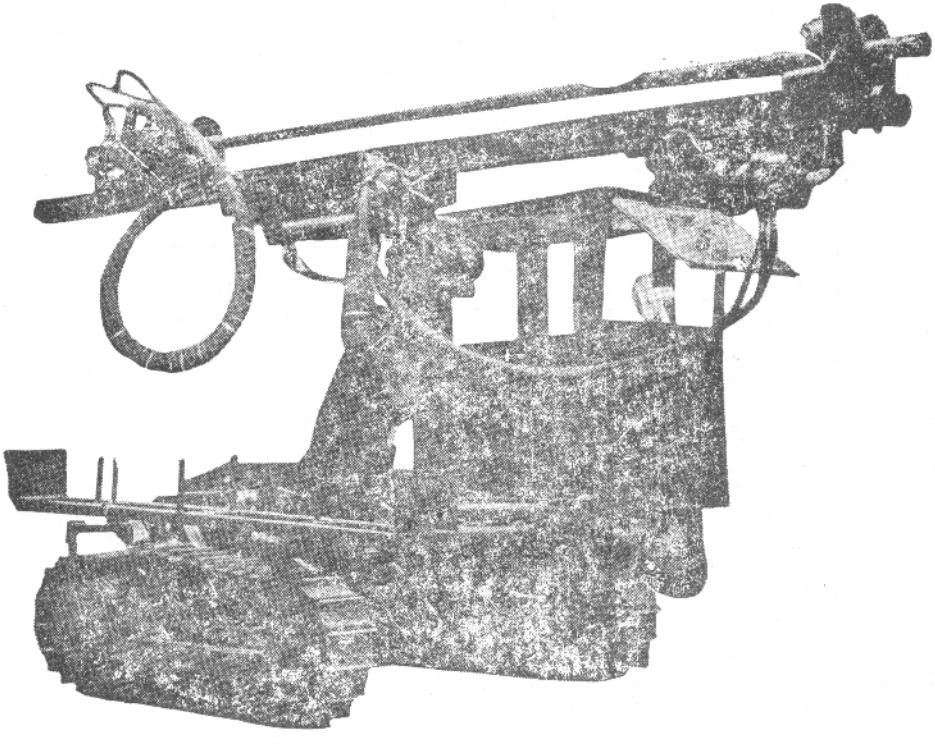


图 2－25　SQ－100J 型高气压潜孔钻机

该钻机配用 JGS0 和 JGl00 型潜孔冲击器，用于钻凿孔径 85～127mm°的炮孔，供矿山处理边坡以及土建工程中挖坝基、地基等甩。

B　YQ－150A 型潜孔钻机

YQ－150A 型钻机是国内应用最多的一种中型履带式潜孔钻机。该钻机采用槽钢导轨式滑架。回转、提升、行走均采用交流电机，功率分别为 7.5、5 和 22kW，采用干式旋流除尘、电机功率为 5.5kW，钻机不带空气压缩机，用管道供气。

C　KQ－150 型潜孔钻机

该种钻机是在 YQ－150A 型钻机基础上，制造的一种新型钻机。钻机加大了回转扭矩，降低了钻杆转数，最大推进力由原来的 1.2kN 提高到 5.8kN。钻架由原来的槽钢组件改为方钢焊接桁架，弥补了原型钻机刚度不足的弊端。

D　D　KQ－200 型潜孔钻机

KQ－200 型钻机在我国矿山应用十分普遍。它是一种自带空气压缩机的履带式重型潜孔钻机，适于中型露天矿应用，可凿直径为 200～220mm 的炮孔，钻孔深度为 19.3m，其技术性能见表 2－3。

图 2－26 为 KQ－200 型潜孔钻机外观图。

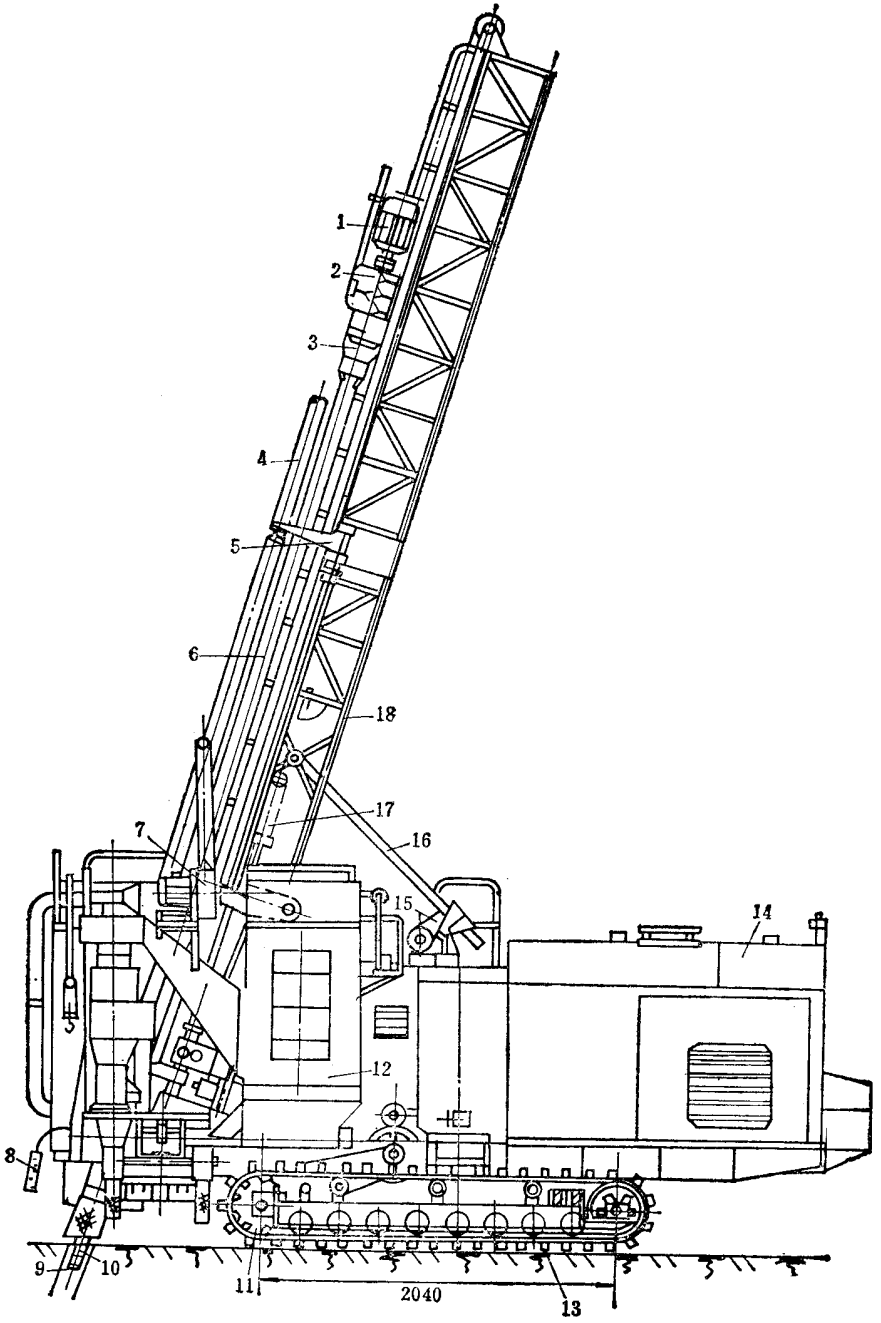


图 2－26　KQ－200 型潜孔钻机

1—回转电机；2—回转减速箱；3—供气接头；4—副钻杆；5—送杆器；6—主钻杆；7—离心通风机；8—手动按钮；9—钻头；10—冲击器；11—行走驱动轮；12—干式除尘器；13—履带；14—机棚；15—钻架起落机构；16—齿条；17—调压装置；18—钻架

KQ－200 型潜孔钻机具有下列特点：

（1）除冲击器以压缩空气为动力外，钻机的其他机构全部以电为动力；

（2）钻机自带高压变压器，在移车时不必再迁移变压器，且高压电缆截面小，重量轻，移动十分方便；

（3）钻架采用四柱式封闭桁架结构，其特点是具有较小的截面较大的刚度；

（4）回转机构采用三速电机，可按矿岩可钻性选择不同回转参数；

（5）行走机构采用双电机分别驱动，操作方便，转弯灵活迅速，

（6）采用轴承式定心环，减少钻杆磨损，且定心环可沿钻架滑动 430mm，使钻具提升高度增加，这种非刚性连接还可以缓冲过卷时造成的冲击载荷；

（7）钻机有干式与湿式两套除尘系统，所采用的脉冲布袋除尘装置有较好的除尘效果。

E　KQ－250 型潜孔钻机

KQ－250 型钻机外观见图 2－27。KQ－250 型钻机与 KQ－200 型钻机相比，有以下一些特点：

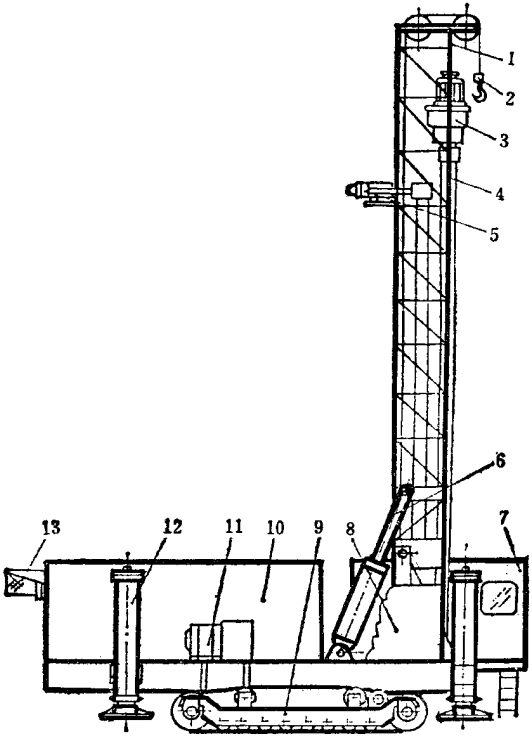


图 2－27　KQ－250 型潜孔钻机外观
1—辅助卷扬钢绳；2—起重吊钩；3—回转装置；4—钻杆；5—送杆器；6—起落钻架油缸；7—司机室；8—除尘系统；9—履带行走装置；10—机棚；11—空压机；12—稳车千斤顶；13—通风机

（1）KQ－250 型钻机有三种驱动力：冲击器，主传动系统中的气室离合器以及压气传动，钻架起落、稳车千斤顶，送杆器及托杆器采用液压传动，其它机构直接以电为动力，例如回转，提升钻具以及行走传动机构；

（2）钻架起落借助两个液压油缸来完成。由于钻架轴与提升主轴同心，起落时可不拆去链条、油管等零件；

（3）提升推进机构、行走机构及辅助卷扬共用一台电动机。而 KQ－200 型钻机则为多电机分别驱动；

（4）KQ－250 型钻机采用抱闸式调压装置。它是在驱动提升机构的传动主轴上安装一个用气缸操作抱闸的制动轮。调节气缸的进气压力，就能够改变抱闸与制动轮之间的摩擦间隙，从而改变制动力矩的大小。工作时，利用调节制动力的大小，来限制钻进部件依靠自重下放的速度。这种调压装置结构简单，但可靠性及自动化程度较低。

二、露天潜孔钻机主要机构

A　钻机钻具回转与供气系统

该系统多数都由回转电机、回转减速箱、供气接头及滑板等部分组成。图 2－28 是 KO－200 型潜孔钻机的钻具回转与供气系统。

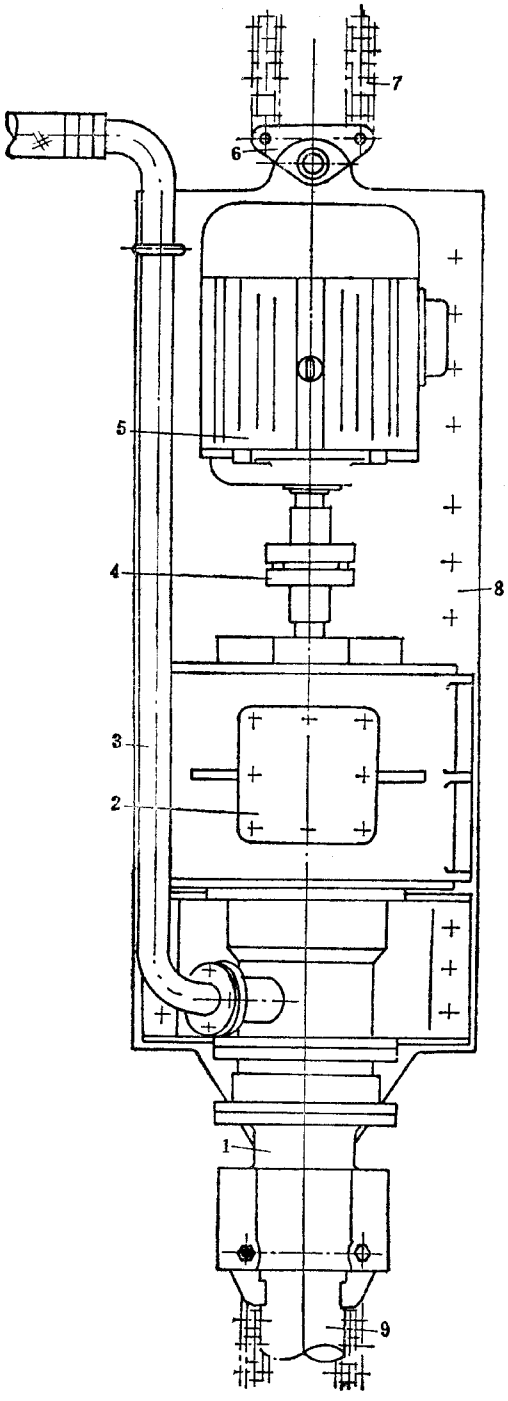


图 2－28　KQ－200 型钻机回转供气系统
1—供气接头；2—回转减速器；3—供气弯管；4—弹性联轴节；5—回转电机；
6—平衡架；7—链条；8—滑板；9—钻杆

回转减速器主要有圆柱齿轮减速器与摆线针轮减速器两种类型。减速器的传动形式见图 2－29。

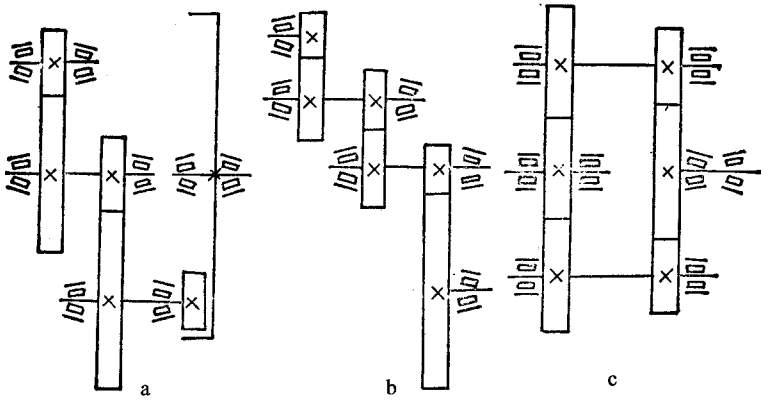


图 2－29　回转减速器传动形式
a—KQ－200 型；b—KQ－150 型；c—金－80 型

KQ－200 型减速器通过三级圆柱齿轮减速，三级齿轮全部装于封闭的减速箱体内。箱体由焊接的筒体及两端轴承的法兰盘用螺钉连接而成，使减速箱体积小重量轻。

供气接头是连接回转减速箱与钻杆并将压缩空气引入钻杆的一种装置。供气接头按其结构型式分旁侧供气（图 2－30）与中心供气（图 2－31）两种。前者纵向尺寸较大、且密气效果差、结构复杂，后者尽管横向尺寸大些，但密气效果好、且结构相对简单。

B　提升、推进与调压机构

在凿岩钻孔过程中，必须对钻具施加合适的轴压力。与回转钻进依靠轴压破碎岩石不同，潜孔钻的轴压只用来抵销活塞的冲量，过大的轴压并无好处，它增加回转阻力，加速钻头磨损，但轴压太小，会加剧机器的振动，影响凿岩效果。调整轴压力是靠调压机构完成的。与此同时，炮孔要不断的延伸和换位，需要经常升降钻具。由于提升与调压两个机构都直接与钻具发生联系，便形成了统一的提升调压系统。

潜孔钻机钻具的提升与推压机构有链式与钢绳推进两种。钻具的加减压亦有两种方式，即气缸式加减压和抱闸式加减压。国内几种钻机，所用的气缸加减压装置的提升调压系统，示于图 2－32。

一般说来，当钻进总重量（包括回转供气机构，钻杆 1 冲击器与钻头等四部分重量）大于孔底合理轴压力时，则需减压，反之，则需对钻具部分加压。

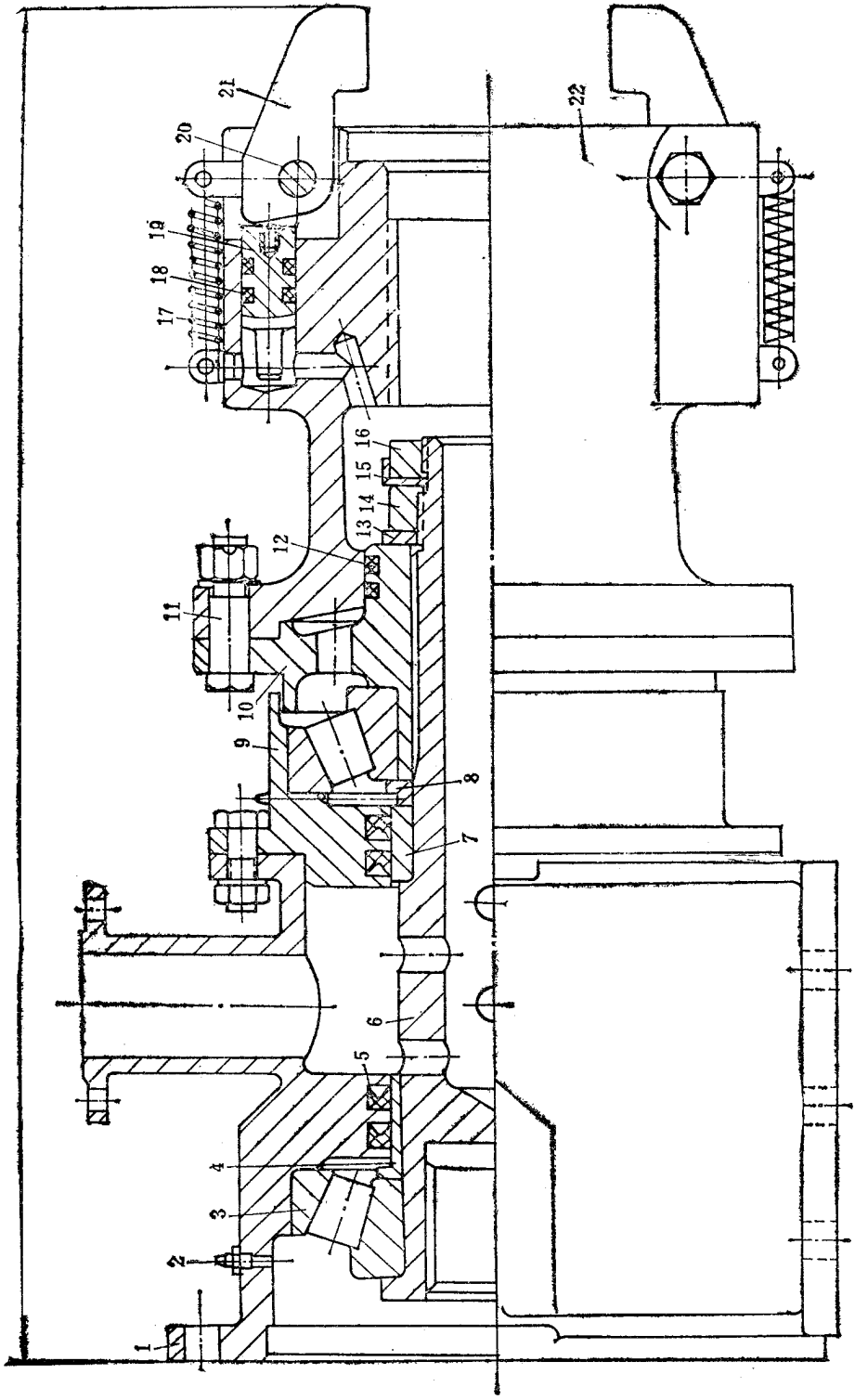


图 2-30　KQ-200 型潜孔钻机旁侧供气接头

1—供气接头体；2—油杯；3—圆锥滚子轴承；4—轴套；5—密封圈；6—空心主轴；7—轴；8—调整垫；9—轴承套；10—花键套；11—螺栓；12—密封圈；13—垫；14—左螺栓母；15—防松垫圈；16—螺母；17—拉伸弹簧；18—密封圈；19—活塞；20—卡爪销轴；21—卸杆卡爪；22—钻头接头

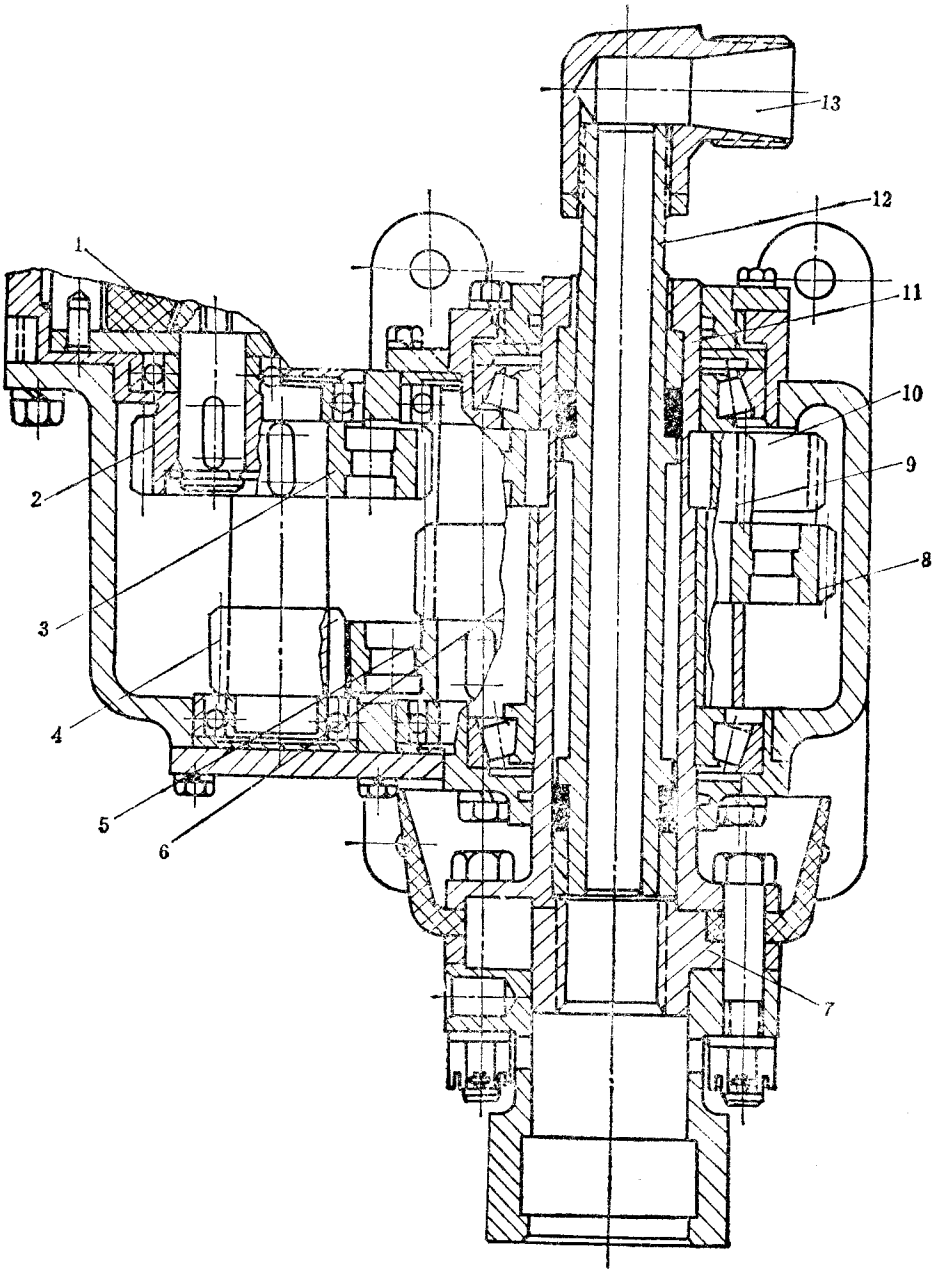


图 2－31　潜孔钻机中心供气装置

1—气马达；2—气马达小齿轮；3—Ⅰ轴大齿轮；4—Ⅰ轴小齿轮；5—Ⅱ轴大齿轮；6—Ⅱ轴小齿轮；7—钻杆接头；8—Ⅲ轴大齿轮；9—Ⅲ轴小齿轮；10—Ⅳ轴大齿轮；11—空心主轴；12—中心供气管；13—供气接头

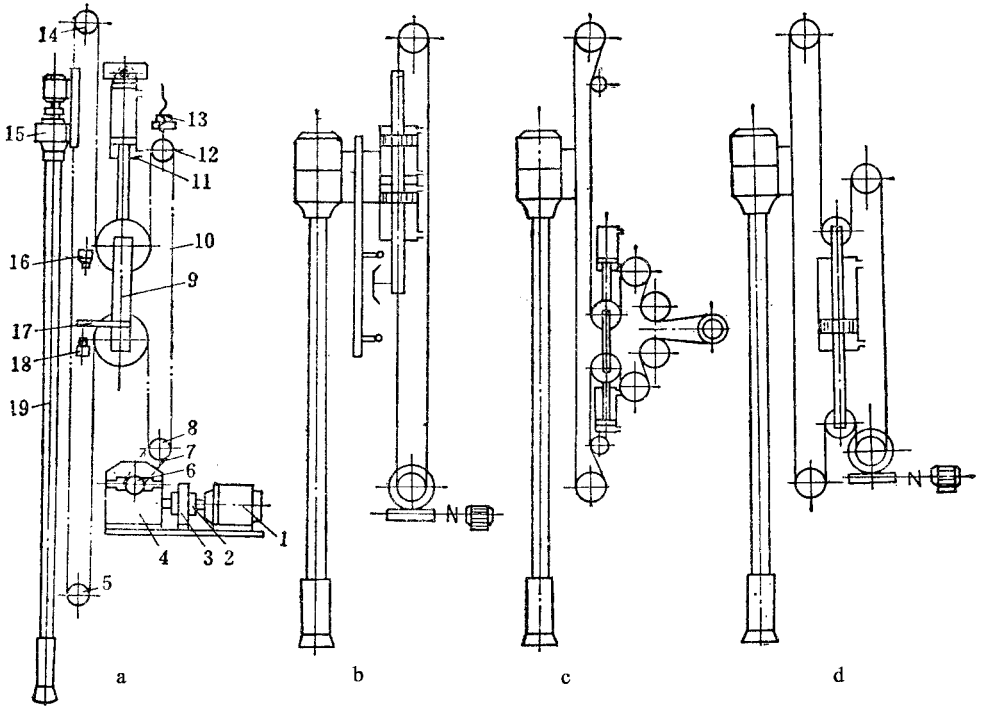


图 2－32　潜孔钻机提升与调压系统
a—KQ－200 型；b—东风－200；c—KQ－150 型；d—金－80 型

现以图 2－32a 所示的 KQ－200 型钻机提升与调压系统说明提升与推进机构的工作原理。如图所示，要获得减压需要向调压气缸 11 上部供气。此时，由于调压气缸缸体固定在钻架架体上，于是活塞推出并带动滑轮组 9 向下运动，且活塞作用力的一半由链条通过顶部天轮再传递给钻具部分。因其力的方向与钻进部件重力方向相反，故对钻进部件起到减压作用。

上述减压过程是自动完成的，在正常钻进时，提升系统的电动机 1 处于开断制动状态。设这时动滑轮组 9 在最下端位置，当冲击器钻进深度 1200mm（减压缸行程为 600mm）后，它由最下端位置被提到最上端位置（此时，调压缸的活塞杆呈全缩入状态）。此时，通过上极限位置的行程开关 16 启动电机 1 旋转，使全系统迅速动作。由于冲击器及钻头抵于孔底，链轮 8 又呈逆钟向旋转，只有将滑动链轮组 9 从上极限位置迅速拉到下极限位置。在下极限位置又安有一行程开关 18，将提升推进电机电路开断。于是钻进部分又开始了另一个 1200mm 的钻进循环。显然，钻进是连续的且长时的，而电机运行是间断和短暂的。在钻进时都处在减压的过程。

C　接卸钻杆机构

潜孔钻机多采用接杆钻进，因之它的接卸钻杆机构非常重要。

接卸钻杆机构一般由送杆器、托杆器、卡钎器及定心环等部分组成，接卸钻杆机构类型很多，按其动作原理分为转臂式送杆机构、直推式送杆机构和平行连杆式送杆机构等几种型式，图 2－33、图 2－34 和图 2－35 给出了几种接卸钻杆机构示意图。

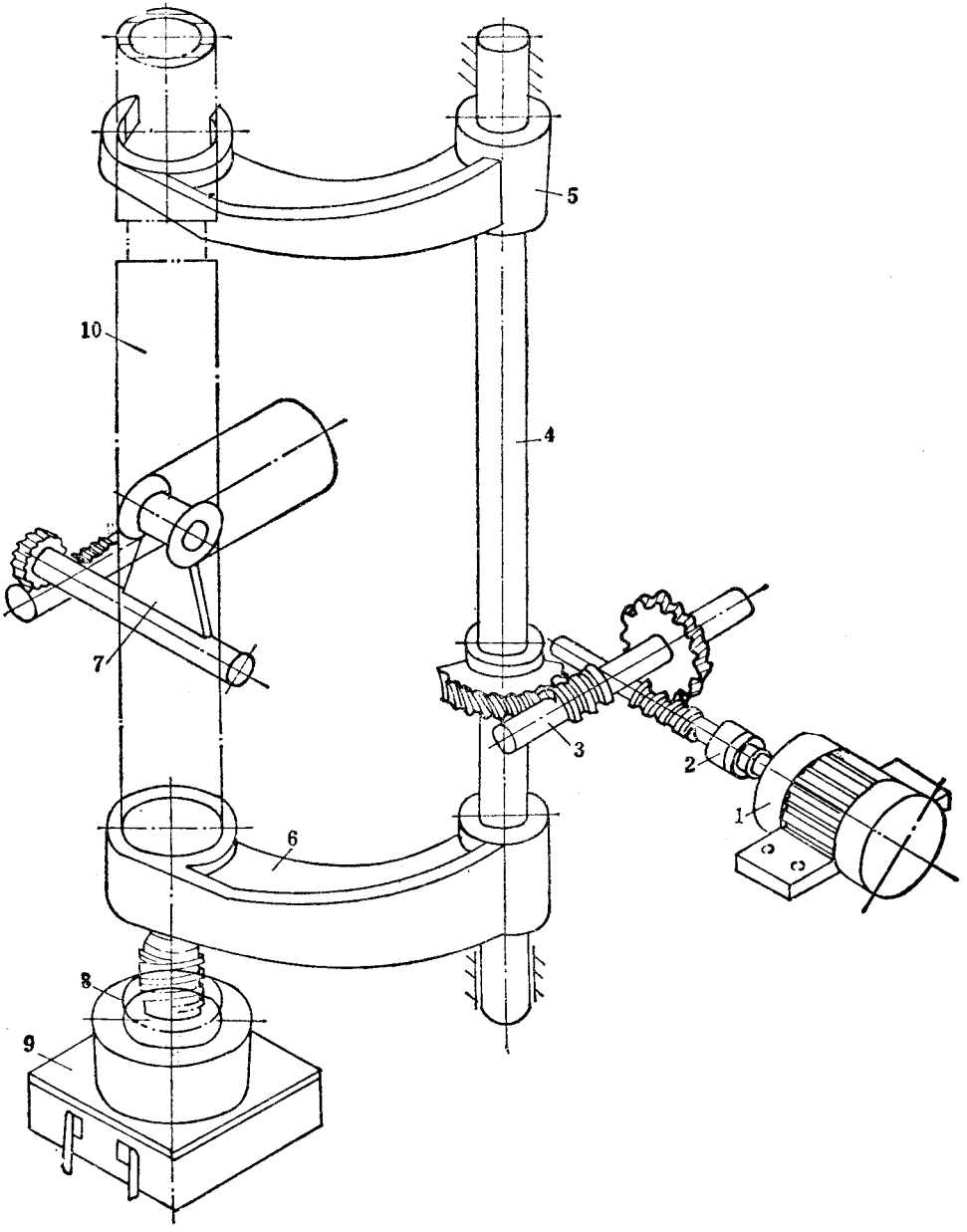


图 2－33　电动钻臂式接卸钻杆机构
1—电动机；2—联轴节；3—蜗轮减速器；4—传动轴；5—上转臂；6—下转臂；7—托杆器；8—定心环；9—卡钎器；10—副钻杆

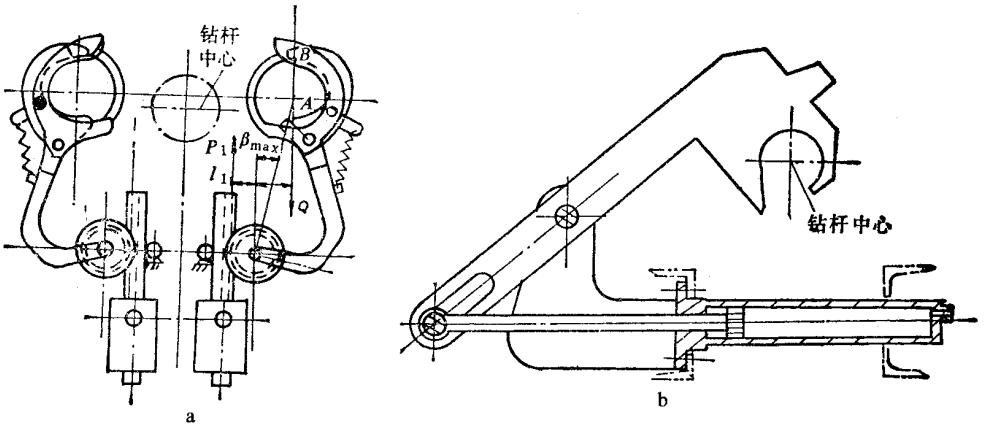


图 2－34　气动转臂式接卸钻杆机构
a—气动齿条式;b—气动活塞杆式

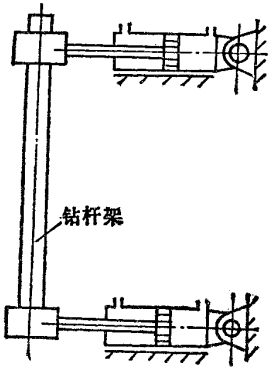


图 2－35　直推式接卸钻杆机构

D　钻架起落机构

潜孔钻机钻架起落机构类型较多,根据动力装置和传动机构的不同分为钢绳式、齿条式、螺杆式和液压活塞式等几种类型。齿条式钻架起落机构见图 2－36。

E　钻机的除尘与空气增压净化装置

钻机凿岩时,从岩孔中排出大量粉尘,造成环境污染,严重地威胁人体健康,降低机器使用寿命,必须采取有效的除尘与防尘措施。

就除尘而言,可大致归为三类:

(1)干式除尘。从钻孔中排除的粉尘,利用扑尘罩、沉降箱旋风除尘器以及脉冲布袋除尘器等设备进行干式分离和粉尘扑集。这种方法对低温和缺水地区比较适用;

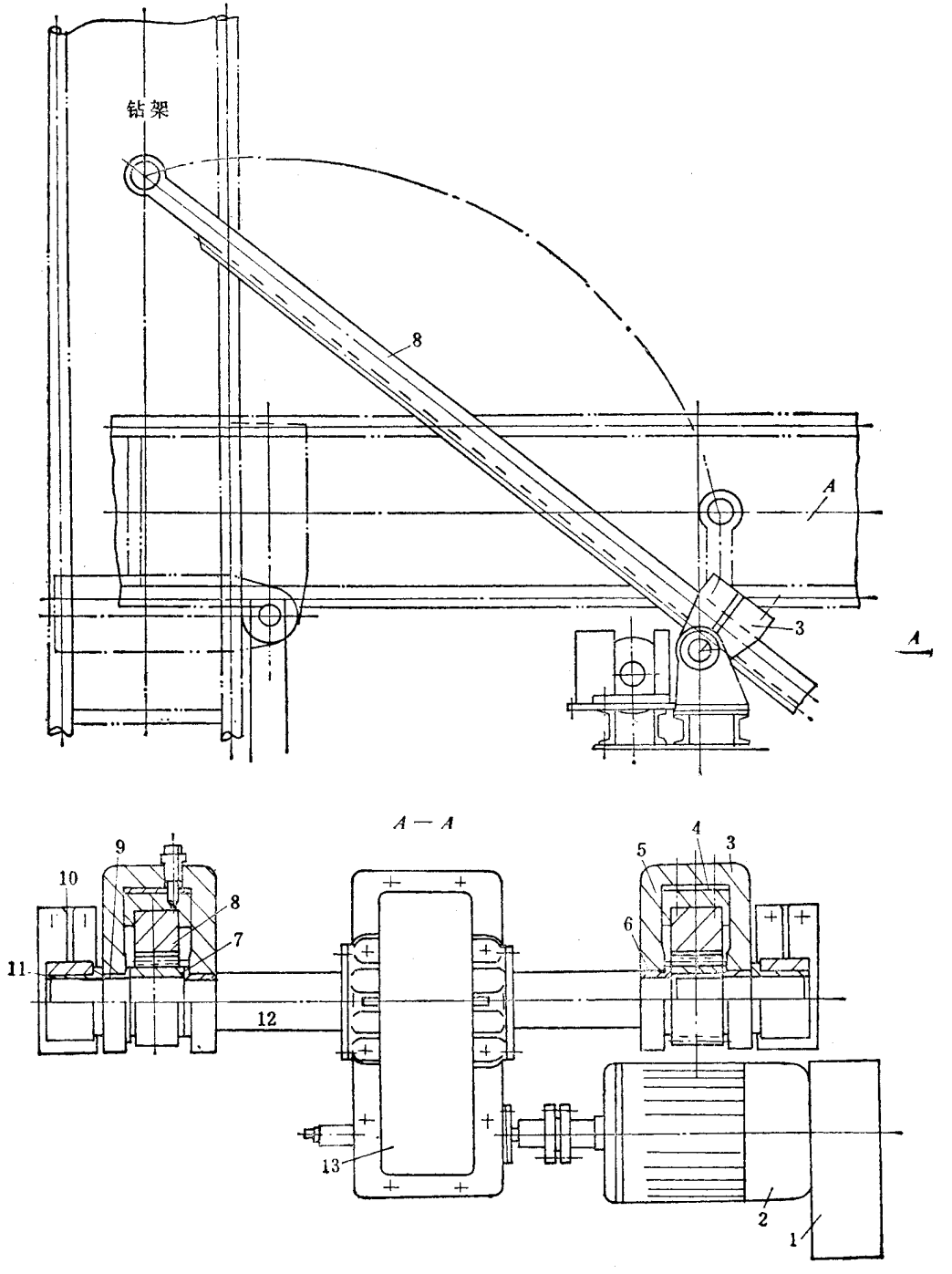


图 2－36　齿条式钻架起落机构结构图

1—制动器；2—电动机；3—鞍形轴承座；4—钢垫；5—滑板；6—内铜套；7—齿轮；8—齿条；9—外铜套；10、11—轴承座；12—长轴；13—减速器

（2）湿式除尘。向压缩空气中加入一定量的水，利用气与水的混合物进行湿式凿岩，岩粉在孔内被湿润。湿式除尘效果比较理想，但对凿岩效率有不利的影响，且冬季在低温地区应用时，要采取专门的防冻措施；

（3）混合式除尘。混合式除尘是指孔底干法凿岩，孔口湿式扑尘。

从提高除尘效率角度出发，以采用大扑尘罩以及脉冲布袋除尘装置为好。

几种除尘系统分别示于图 2－37、图 2－38。压气加压供水系统示于图 2－39。

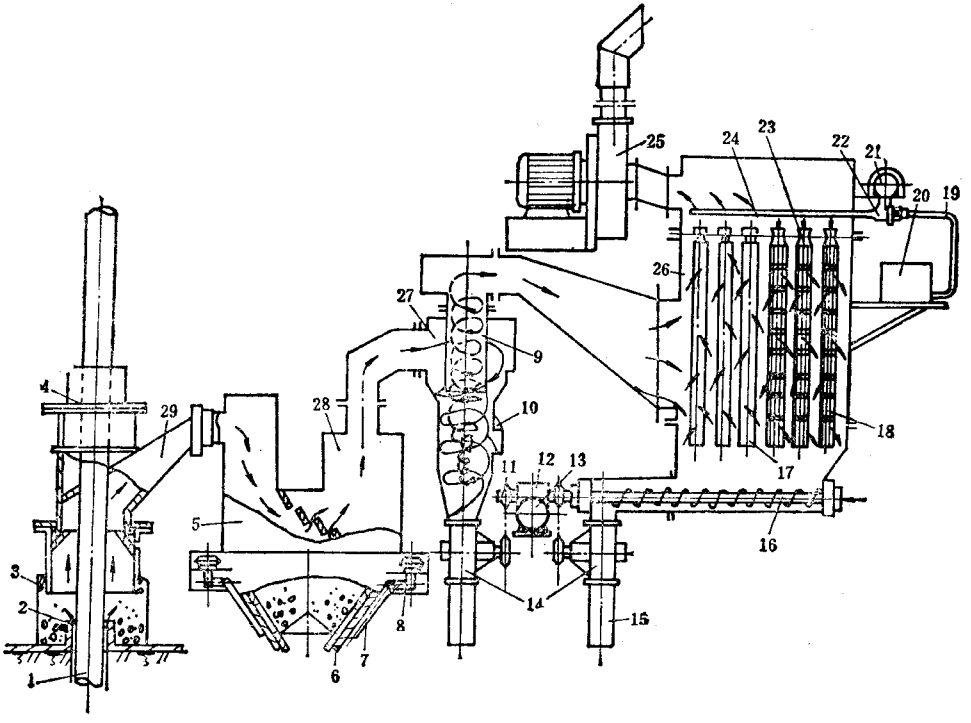


图 2－37　KQ－200 型潜孔钻机干式除尘系统

1—钻杆；2—护口筒；3—帆布罩；4—定心环；5—沉降箱；6—活动盖；7—拨杆；
8、9—排气管；10—螺旋形旁室；11—链轮；12—减速机；13—电动机；
14—卸尘装置；15—布袋；16—搅龙；17—拨杆；18—骨架；
19—铜管；20—脉冲控制器；21—气包；22—脉冲阀；
23—喇叭管；24—喷吹管；25—扇风机；26—机械脉冲布袋除尘器；
27—旁室旋风除尘器；28—沉降箱；29—捕尘罩

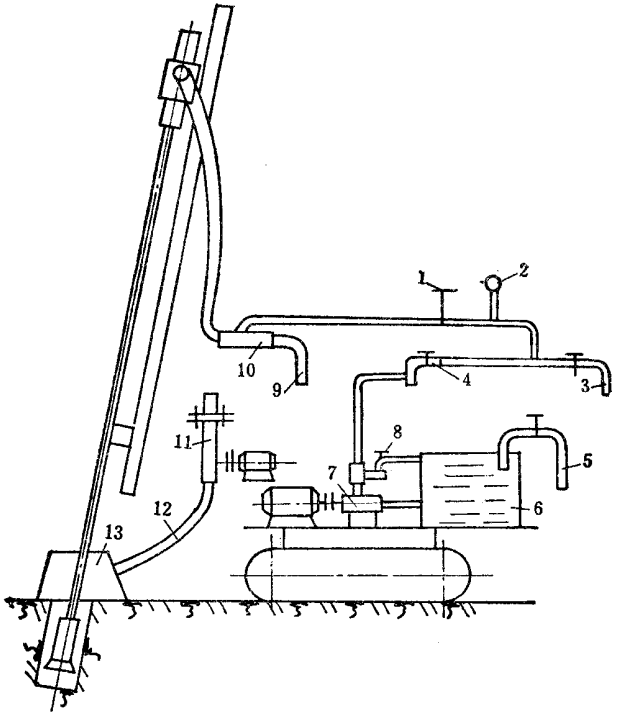


图 2－38　湿式除尘系统

1—控制阀；2—水压表；3—加水口；4—逆止阀；5—水箱加水口；6—水箱；7—水泵；8—调压阀；9—主压气管；10—气水接头；11—通风机；12—帆布管；13—扑尘罩

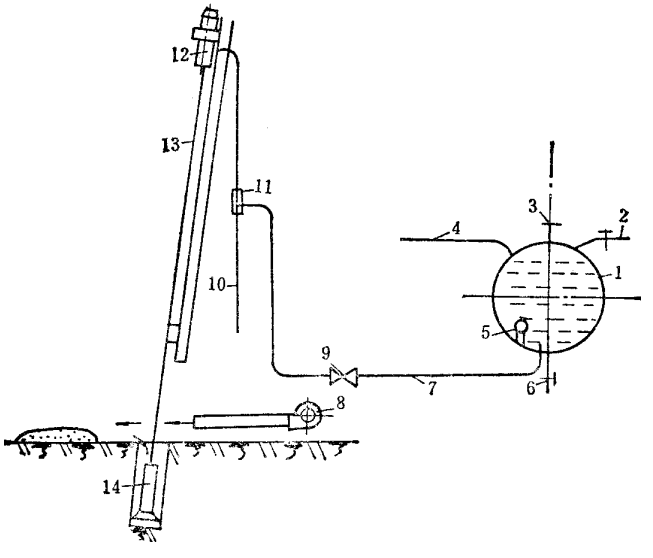


图 2－39　压气加压供水系统图

1—水箱；2—供水管；3—排气阀；4—压气管；5—电热器；6—放水阀；7—排水管；8—通风机；9—控制阀；10—主压气管；11—气水接头；12—供气回转接头；13—钻杆；14—冲击器

第三节　露天旋转钻机

旋转钻机以切削方式破碎岩石，常用于不甚坚固的岩石，如煤、不坚固的石灰岩、铝土矿、钾盐，软锰矿等。钻孔直径 75～250mm。实践表明，在岩石坚固性系数 $f \leqslant 6$ 的岩石中钻孔时，与牙轮钻机相比，旋转钻机有如下优点：钻进效率高，能量消耗低，轴压力小，孔壁光滑，成孔质量好，切削式钻头制造、修复比较容易，钻机的振动与噪声小，因此旋转钻机在中硬以下岩石中的应用会得到进一步发展。

一、旋转钻机类型

旋转钻机按钻孔直径分为：轻型旋转钻机，孔径一般小于 120mm，中型旋转钻机，孔径为 150～225mm；重型旋转钻机，孔径一般大于 230mm。按照排碴方式，可分为压气排碴（如 KX 型）和螺旋排碴（如 KXL 型）两大类。此外，还有在钢绳冲击钻机基础上改制而成的 CZ－1 型旋转钻机。它们的主要技术性能列于表 2－5。

表 2－5　国内旋转式钻机技术性能

主要技术指标		钻机型号及名称				
		KX-150A 旋转钻机	KX-120 旋转钻机	KXL-150 螺旋钻机	KXL-120 螺旋钻机	CZ-1 旋转钻机
钻孔直径（mm）		150	120	100～130	100～130	160
钻孔深度（m）		20	20	2.5（可以加深）	3.5（可以加深）	17.5
钻孔方向（°）		70～90	70～90	70～90	0～90	90
最大轴压力（kN）		70	70	30	30	
钻杆转速（r/min）		85,114	85,114	118,158	118,158	60
钻具掘进速度(m/min)		0～3.16	0～3.16	0～2.36	0～2.30	
提升速度（m/min）		0～15.4	0～15.4	0～10.7	0～10.7	
快速下降速度(m/min)		17.3	17.3	5.6	5.6	
排碴气量（m^3/min）		12	12	螺旋排碴	螺旋排碴	22
行走速度（km/h）		1.26	1.26	1.12	1.12	
工作时电机最大容量（kW）		114	114	29.5	29.5	
机重（t）		15.4	15.23	10.4	12.6	13
外形尺寸（长×宽×高）（mm）	工作时	5875×3520×7950	5875×3250×7950	5385×2975×7350	5500×2950×8440	6150×3070×12000
	钻架放倒时	7335×3250×4400	7335×3250×4400	6800×2975×4050	7640×2950×4300	

从国外引进了旋转钻机中，应用效果较好的有联邦德国的 H60 型、HBM－120 型，以及美国的 GD－25C 型。国外主要旋转钻机技术性能列入表 2－6。

表 2-6 国外旋转钻机技术性能

名称及单位			H60 (KS-95)	LB24-1	LB406	LB610	HBM-120	GD-25C
机重及外形尺寸	总机重量 (kg)		2930	7950	11500～14000	24000	20000	25200
	长 (mm)		2710				10000	7240
	宽 (mm)		2400				8500	3150
	高 (mm)		1650				10200	12540
	运输时全宽 (mm)						3800	
行走机构	型式		铁轮拖动式	油马达-履带式	油马达-履带式	油马达-履带式	油马达-履带式	电动-履带式
	履带接地长 (mm)						2415	
	履带宽 (mm)						400	
	接地压力 (MPa)			0.07	0.082	0.079	0.07	
	爬坡能力 (%或°)			30～35	35	30～35	30	
	行走速度 (km/h)			5.2	3	3	4	3.5
钻孔装置	回转机构	工作压力 (MPa)	机械传动	21	24	24	21	
		转速 (r/min)	60;90;110;160	0～110	0～85 0～115	0～123 0～87	0～131	0～120
		回转扭矩 (N·m)		3000	4180,3060	4100,5700	5230	5530
	加压系统	工作压力 (MPa)	间断加压	21	24	24	18	
		给进力 (kN)	0～25	60	67.3	102	120	
		给进速度 (m/min)	0～0.64	0～31		0～30	0～35	
		空程返回速度 (m/min)	0～0.90	0～31		0～30	0～75	45
	钻杆	直径 (mm)	60	76;114	63.5～89	76;114	51～114	102
		长度 (mm)	2500	4000;3000	4000	6000	4000	7620

名称及单位			H60 (KS-95)	LB24-1	LB406	LB610	HBM-120	GD-25C
钻孔装置	钻车	总长 (mm)	7100				8050	
		钻孔角度 (°)	0～90					0～30°
		可容钻杆数 (根)	带16根	15;10		7	10	6
	钻孔直径 (mm)		85,95,105,115	90～120	80～85 (upto 150)	95～135 (upto 150)	65～143	130～171
	其它		最大深度120m	最大深度60m	最大深度44m	最大深度48m	备有潜孔冲击器	
动力	驱动油泵	型式	电力拖动油泵和回转机构	柴油机MWM ZYptD308,3D308-4		柴油机 TYPE 56912	柴油机 FSL 413F	柴油机
		功率 (kW) 转数 (r/min)	10	34、45 3000		61 2600	14 2000	
	驱动空压机	型式		或电动机			或电动机	
		功率/转数(kW/r/min)		30/2935			120/1485	
空气压缩机型式			不带空气压缩机				585M	
排气压力 ($\times 10^5$Pa)			5			7.14;8.16;10.2;20.4	7.13	5.6
排气量 (m^3/min)			5		8;17	7;10;14;18	8.8	15.58
除尘方式			干式负压除尘	旋风除尘布袋过滤	HY-A-25 旋风除尘和袋式过滤	旋风除尘和袋式过滤	旋风除尘和袋式过滤	
吸气量 (m^3/h)					1500	1200;1400	1800	
制造厂			联邦德国 Salzgitter					美国
备注								

二、常用旋转钻机

A　KX－150 型和 KX－150A 型旋转钻机

此型钻机是一种自带空气压缩机的中型旋转式钻机。钻机钻孔孔径 140～160mm，在岩石坚固性系数 $f<6$ 时用旋转切削钻进。在 $f=7\sim11$ 的岩石中用牙轮钻头钻进。钻机以电为动力，用油缸—钢绳系统加压钻具。压气排碴，干式除尘。KX－150 型钻机外观见图 2－40。

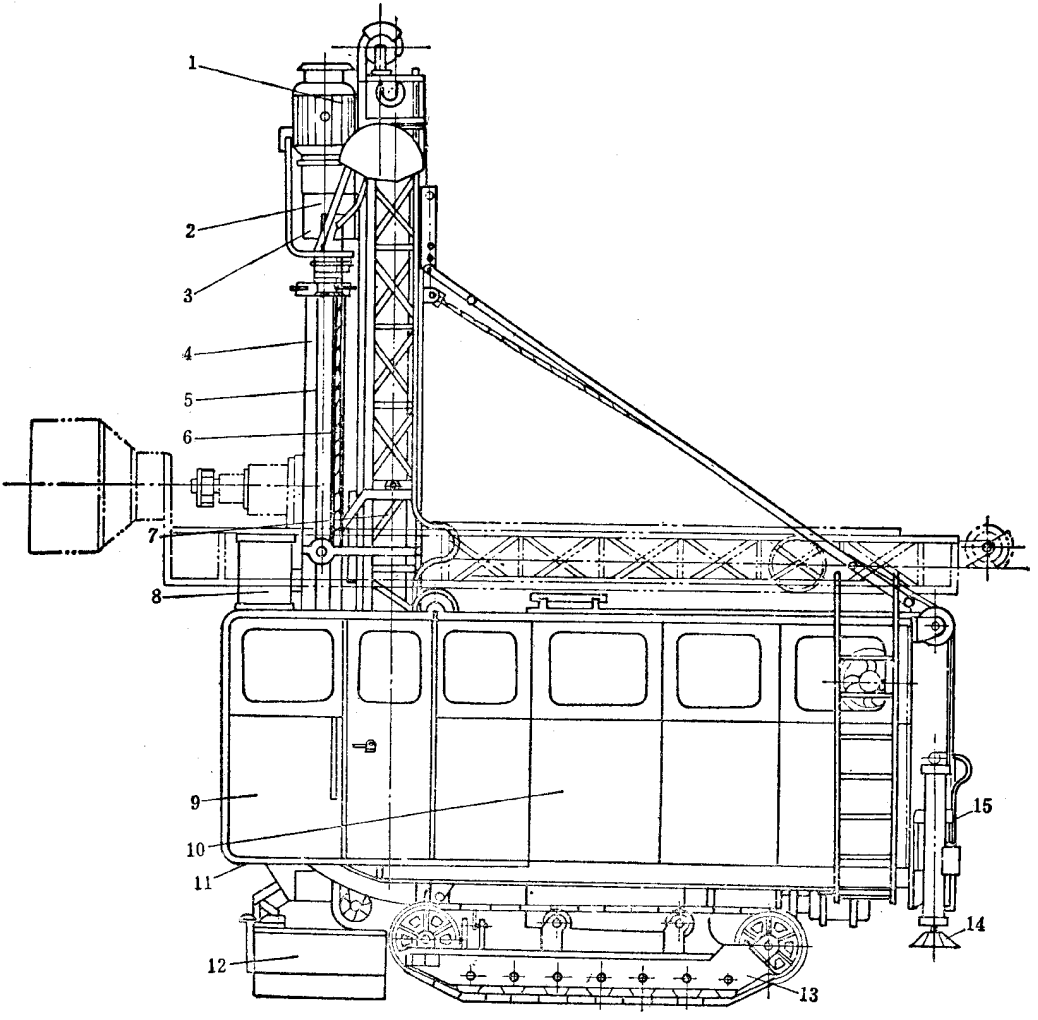


图 2－40　KX－150 型旋转钻机

1—电动机；2—钻架装置；3—回转机构；4—钻杆架；5—钻具；6—钢绳；7—加压提升机构；8—空气除尘调节装置；9—司机室；10—机械间；11—平台；12—除尘装置；13—行走机构；14—支承千斤顶；15—钻架起落装置

KX－150 型钻机在伊敏河煤矿的岩石坚固性系数为 $f=3\sim11$ 的条件下，平均班钻孔效率 103mm。

在 KX－150 型钻机基础上改进的 KX－150A 型钻机，钻进轴压力由 55kN 改为 70kN，机前部增加了液压千斤顶，空压机气量由 $10m^3/min$ 增加为士 $2m^3/min$，并且行走电机功率相应加大，机械室加长加宽，增加了隔热层等。

B　GZ－1 型旋转钻机

该钻机是由 GZ－20－2 型钢绳冲击式钻机改制而成。适用于坚固性系数 $f<7$ 的矿岩。该机的旋转机构由 10kW 电机和三级齿轮减速箱组成。提升推压由推压气缸，绳轮和电动卷扬组成。钻架起落由 4kW 电机、减速箱、齿轮、齿条组成。采用由电机带动的转臂式装卸钻杆机构。为了改善排碴效果，用一台 LG25－22/7 型螺杆空压机吹洗炮孔。

C　GD－25C 型旋转钻机

GD－25C 型旋转钻机是一种具有双动力，即柴油或电力驱动的钻机。钻机可钻孔深 50m，孔径 130～171mm。该钻机有以下几个主要特点：

（1）可以使用旋转切削钻头和牙轮钻头；

（2）回转机构是由液压马达通过两级 2K－H 行星减速和一级直齿圆柱齿轮减速后，驱动钻具回转。圆柱齿轮减速箱体又作为加压小车把轴压力或提升力传递给钻具；

（3）圆盘式储杆器可同时储存六根钻杆；

（4）钻机采用美国加德纳－丹佛公司生产的 SSZJ 型螺杆空压机。该空压机可实现变气压、定气量工作；

（5）采用于式脉冲纸袋过滤除尘。

三、旋转钻机结构综述

（1）动力装置采用柴油驱动的钻机占有相当的比例，这对扩大钻机使用范围，开发边远和缺乏电力的地区有很大的实际意义。

（2）钻机钻具回转机构多数采用油马达驱动的滑架式回转机构。少数采用直流电机驱动。这两者都能适应不同性质岩石的需要，实现无级调速。

（3）加压提升机构，国外普遍采用液压加压（油缸或油马达），并通过链条或钢绳传动，这是压力稳定可调，柔性较好的驱动传动方式，可以实现轴压力和进给速度无级调速。

（4）除尘排碴系统旋转钻机多用压气排碴，过去应用较多的螺旋钻杆排碴逐渐减少。

（5）送杆装置旋转钻机中应用圆盘式转臂送杆装置较多。这种装置能存放 4～8 根钻杆，并因此可以适当的降低钻架高度。

（6）一机多用。国内外旋转钻机，尤其是其中的中小型旋转钻机明显的发展趋势是一机多用。有些钻机可采用三种不同类型的钻头进行钻孔工作。

第四节　凿岩钻车

凿岩钻车与牙轮钻机、潜孔钻机相比，它是一种装机功率与整机重量较小的多用途露天钻孔设备。

在中、小矿山生产中，露天凿岩钻车可作为主要的凿岩钻孔设备，在大型矿山生产中，它又可作为边坡处理、二次破碎、扫除孤丘和消除根底等辅助作业设备。

露天凿岩钻车所配用的凿岩钻孔设备主要有两种：凿岩机和潜孔冲击器，许多露天钻车都具有同时配备这两种钻孔设备的能力。

值得提出的是，露天全液压凿岩钻车已有很大的发展。我国自 1982 年以来，引进露天全液压钻机达 75 台之多。露天钻车的应用与发展，是与以下特点分不开的：

1）适应多用途的特点，设备的机动性高于其他设备。

2）能够钻凿多种方位的炮孔：调整钻孔位置迅速而准确。

3）钻孔自动化程度高，一般能够实现自动防止卡钻，自动实现反转，上卸钻杆自动化，开孔自动化，停车自动化等。

4）钻速快，在岩石坚固性系数 $f = 10 \sim 14$ 条件下，钻进孔径 100mm，钻深 2m 时，纯钻速达到 900 ~ 1200mm/min，这是同级潜孔钻机无法比拟的。

5）钻具寿命高。钻头寿命一般超过 1000m，钻杆寿命高达 300 ~ 1000m。

6）钻孔成本明显降低。

7）动力消耗低，折算到每立方米矿岩的能耗只及潜孔钻机的三分之一和牙轮钻机的二分之一。

一、露天凿岩钻车类型

露天凿岩钻车种类及型式较多。以牵引运行方式分有自行式与非自行式两种。自行式以履带运行为多轮胎为少，非自行式主要是以轮胎为行走轮。按钻孔孔径分，孔径小于 80tnm 者为小型露天凿岩钻车，大于 100mm 者为大型露天凿岩钻车。以钻具类型分，有气动钻车与液压钻车。国外多数为液压钻车，即液压钻臂配备重型液压凿岩机。国内外露天凿岩钻车主要技术性能列入表 2 - 7 和表 2 - 8。

表 2-7 国内几种露天钻车技术特征

	CLQ15	CLQ80	CL-1	CT400
总重（包括钻具）（t）	4.7	4.5		0.8
外形尺寸（运行时）（mm）	5650×2700×1985			5000×1800×1000
水平钻孔最高 (mm)	3100	2630		2000
水平钻孔最低 (mm)	300	1350		400
爬坡能力 (°)	25	20		
最大牵引力 (N)	34300			
行走速度 (km/h)	2	5		
行走功率 (kW)	气马达（0.58MPa时），2×4.42	气马达，2×3.68		
履带摆动范围 (°)	±10			
推进功率 (kW)	气马达（0.58MPa时），2×3.68	气马达，2.21		气马达（0.49MPa时），1.84
最大推进力 (N)	980			
有效推进长度 (mm)	3660	300		3000
钻臂俯仰范围 (°)	水平向上70，水平向下25	上下共70		
钻臂摆动范围 (°)	三位共170	左右各45		
推进器前后摆动范围 (°)	向前144，向后35	上下共90		
推进器左右摆动范围 (°)	左右84，二位共158	左右各45		
油泵马达功率 (kW)	气马达传动（0.58MPa时），2.21	气马达驱动，2.21		手动油泵，2.2MPa
工作油压 (MPa)	9.8	6.38		1.6
工作气压 (MPa)	0.49～0.69			
回转马达功率 (kW)	气马达传动（0.58MPa时），2×2.21			
回转扭矩 (N·m)	1470			
工作转速 (r/min)	0～50			
钻具类型	QC100型潜孔冲击器			YG80型凿岩机
气缸直径 (mm)	65			120
结构行程 (mm)	120			70
耗气量 (m^3/min)	<7			8.5
钻头直径 (mm)	φ105～115	φ80～130	φ75（可扩孔至φ150）	φ60～70

表 2-8　国外几种露天钻车技术特征

		ZOOMTRAK DBW	LM300	HALCOTRACK 400	SR501	KR901	CRP-9	TYCD-10
总重	(t)	7.53	4	3.6	4.5	7.0	4.1	4.45
外形尺寸	(mm)	7650×2420×1800			5200×1900×1900	2230×1850	2850×2200×1350	2880×2210×1480
钻孔深度	(m)							
水平钻孔最高	(mm)		3402	2031	5050	3360	2800	
水平钻孔最低	(mm)		203	1245	1700	1850	254	
推进器	推进方式与功率 (kW)	液压链条式	液压链条式					
	最大推力 (N)	16				2700		2750
	有效推进长度 (mm)	3570 (4090)						550
工作尺寸范围	钻臂俯仰范围 (°)	向上50.5向下16	向上60向下15		向上60	向上60,向下20		向上45，向下30
	钻臂摆动范围 (°)	向左47.5向右46			向左45,向右45	向左45,向右45		向左45，向右45
	推进器前后摆动范围 (°)				向下105			
	推进器左右摆动范围 (°)				向左45,向右45	向左45,向右45		向左45，向右45
回转器	回转方式与功率 (kW)			气马达钢绳式				
	回转扭矩 (N·m)			2.98				
	回转转数 (r/min)			0～62				
履带行走装置	爬坡能力 (°)	23					28	35
	最大牵引力 (N)							29400
	行走速度 (km/h)	1.5	4～4.4		3	5	5	3
	行走功率 (kW)	液压马达,2×9	7.3					气马达2×7.35
	履带摆动范围 (°)				3.0	30	20	30
油系统	油泵功率 (kW)							气马达驱动油泵
	工作油压 (MPa)							2.98
钻具	钻具类型	HL428L液压凿岩机	DHD24潜孔冲击机		潜孔冲击器	B40001液压凿岩机	M120型凿岩机	TYPR型气动凿岩机
	气缸直径 (mm)		68.3				120	120
	活塞直径 (mm)						90	88
	回转转数 (r/min)	0～300					0～300	
	回转扭矩 (N·m)	170(16.6MPa时)						
	冲击能 (J)	245				640		
	冲击频率 (Hz)					31.6～61.6	21.6	
	钻头直径 (mm)	φ35～102	φ101.6～114	φ89～127	φ67～φ120			
制造厂家		芬兰泰姆劳科	美国英格索兰德	英国	联邦德国	联邦德国	日本	日本古河

二、常用露天凿岩钻车

A　CLQ15 型露天凿岩钻车

该型钻车是在 CL15 型接杆凿岩钻车上配用 QC－150 型气动潜孔冲击器，H150 型回转器和相应的钻具组成的履带式凿岩钻车。钻车外观见图 2－41。

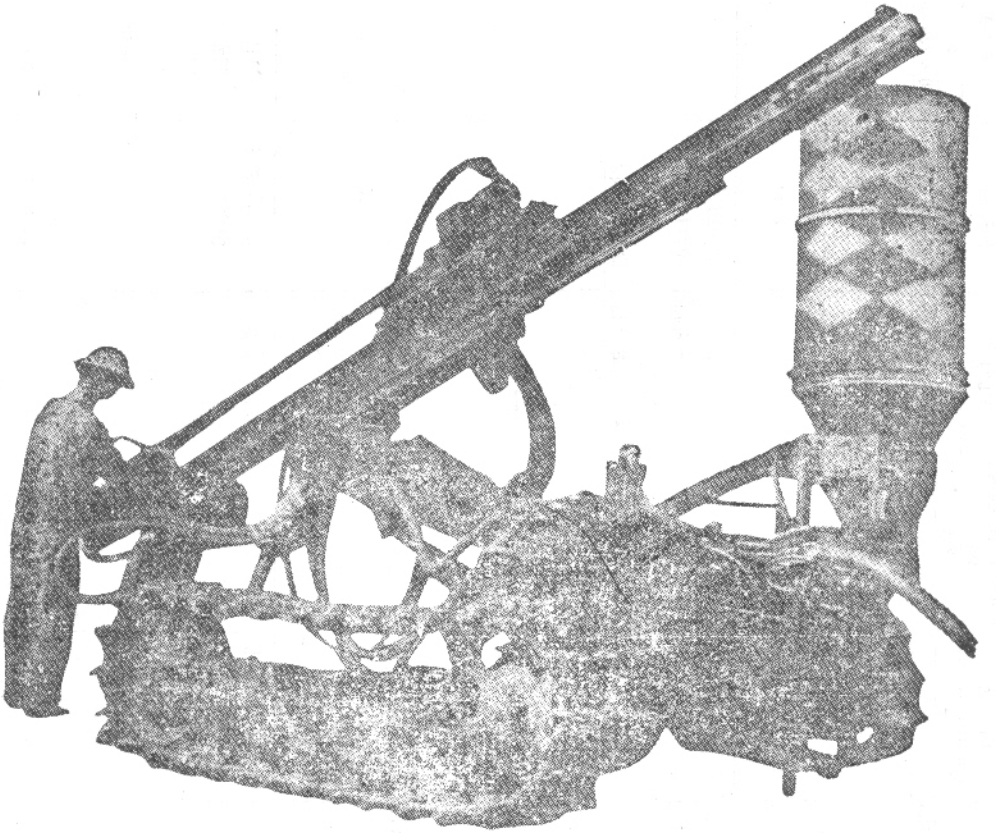


图 2－41　CLQ15 型履带钻车外观

CLQ15 型钻车在结构上具有如下特点：

（1）凿岩方位变化大，该钻车可以钻凿多方位不同角度的炮孔，见图 2－42。

1）钻臂在同一个油缸的控制下，通过三位式扇形板机构可分别实现三个部分重叠的 85°，摆动范围共 170°，见图 2－42a。

2）推进器在油缸作用下，可倾斜 179°，即内转 35°，外转 144°，见图 2－42b。

3）将钻臂放低，并把推进器调至履带前方，可实现横向水平凿岩，并可向下摆动 12°。向上摆动 86°，见图 2－42c。

4)推进器在专门油缸支承下,通过两位式扇形板结构,可分别实现两个部分重叠的98°摆动范围,共摆动154°,见图2-42d。

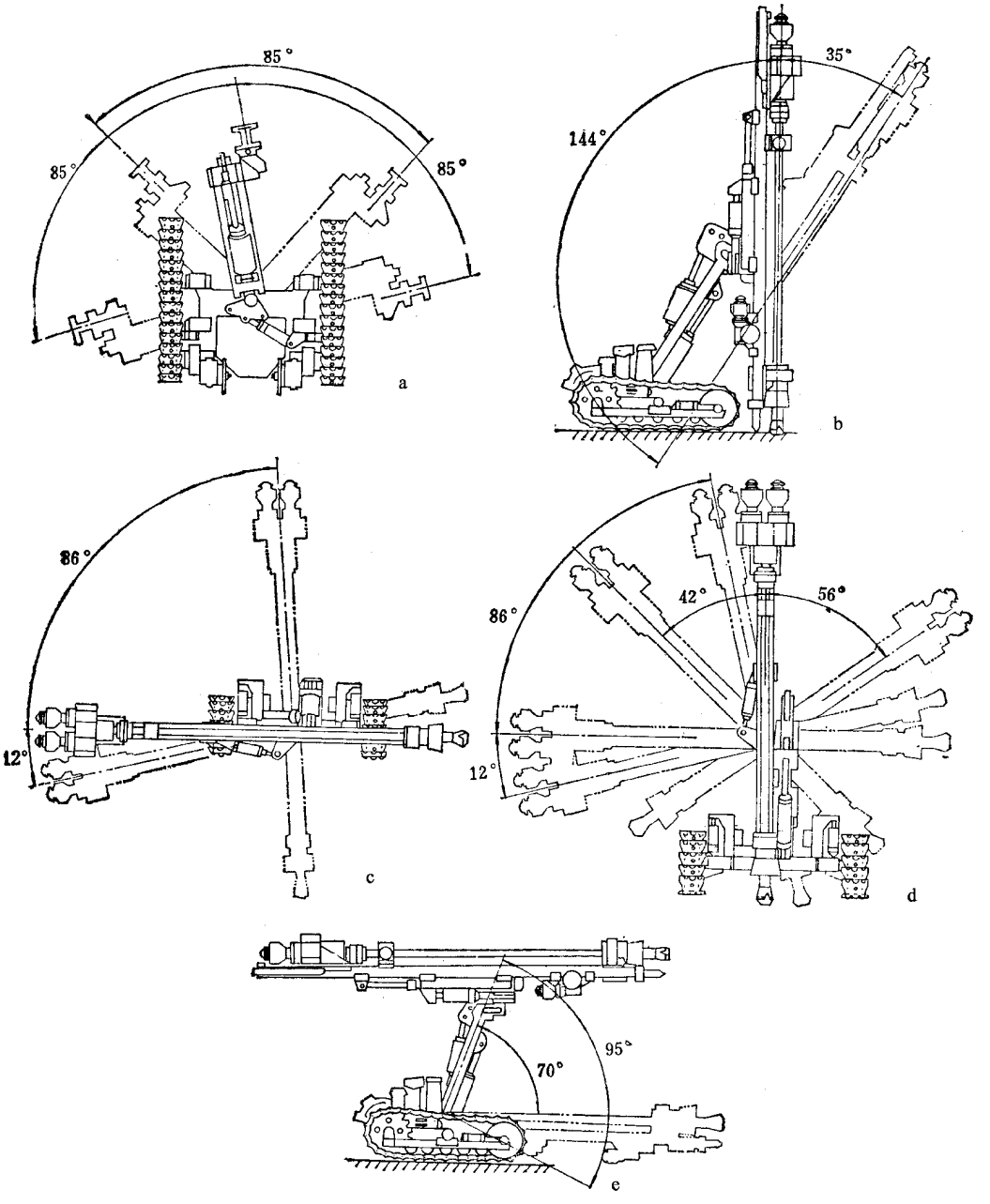


图2-42　CLQ15型钻车凿岩方位示意图

5)钻臂俯仰范围为 95°,其中向上 70°,向下 25°,见图 2-42e。

(2)钻车动力单一,钻车的运行,凿岩方位的调节,凿岩钻孔作业等都以压缩空气为动力源。

(3)钻车爬坡能力强,钻车由两台 4.5kW 气动马达驱动,可爬坡 25°,并能快速原地转弯。

(4)钻车能在坡地上作业,钻车底盘上装有两个调平油缸,可以单独调平,又能互相补偿调节,能在复杂的地形条件下安全稳定地进行凿岩作业。

(5)钻机集尘效果好。钻车配 FC90 型集尘器,凿岩时钻车周围几乎看不到有粉尘,达到干式扑尘凿岩要求与规定的标准。

B　CT400 型露天凿岩钻车

该型钻车配备 YG80 型导轨式重型凿岩机,是效率较高的小直径深孔接杆凿岩设备。一种非自行的轮胎式钻车,其外观见图 2-43。

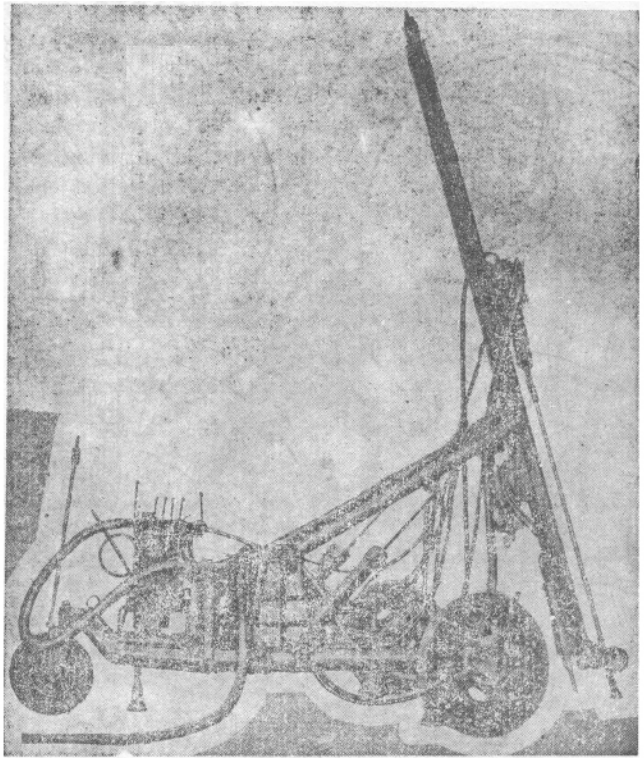


图 2-43　CT400 型露天凿岩钻车外观

CT400 型钻车主要特点是:

(1)钻车由三个行走轮支承,移车方便;工作时通过三个油压千斤顶调平钻车位。

(2)钻车液压系统由手动液压泵供给压力油,结构简单,维修方便。

(3)气动推进马达功率较大,并配以具有自锁性能的蜗杆蜗轮传动。

(4)钻车设有自动卡钎器,配合具有双回转机构的凿岩机,实现机动卸杆。

综上分析,CT400 型钻车是一种构造简单、操纵灵敏的轻便露天钻车,用在中小露天矿是很适宜的。

C　KR901 型露天凿岩钻车

该型钻车是联邦德国生产的一种现代化全液压露天钻车,见图 2-44。

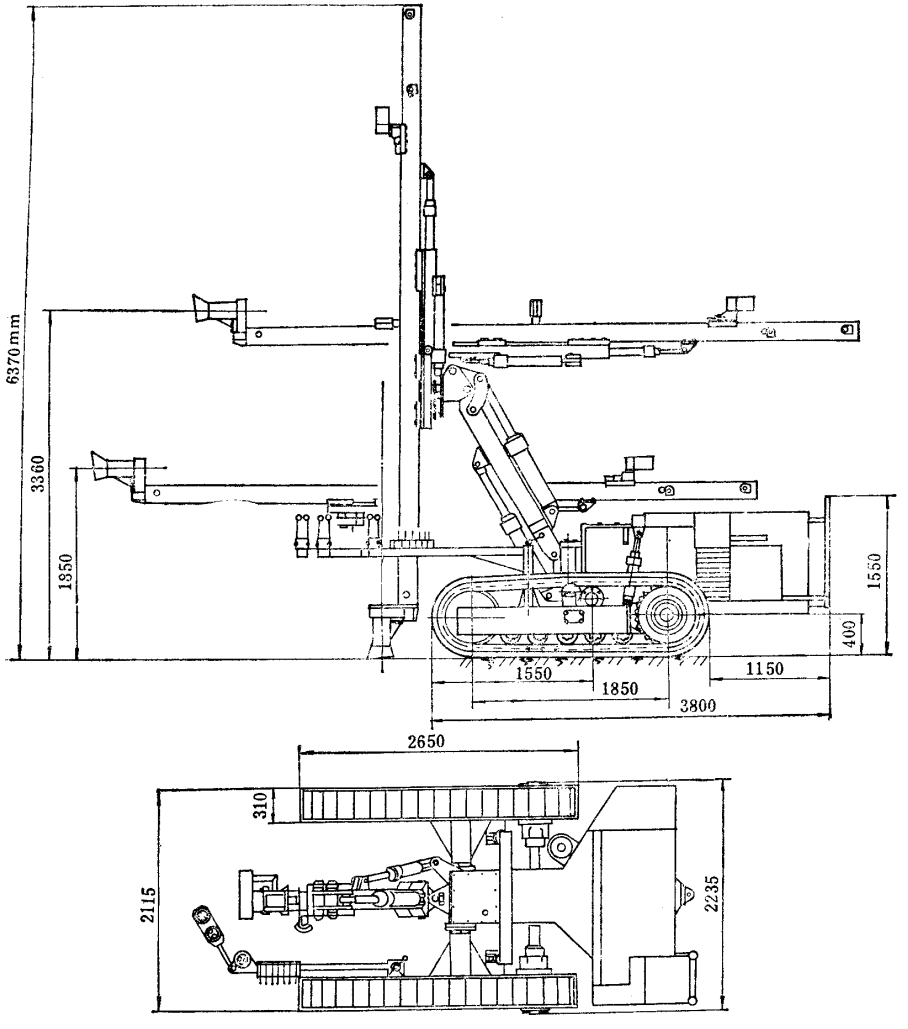


图 2-44　KR901 型露天钻车外观

该钻车的主要特点是：

（1）钻车采用燃油驱动或电力驱动两种方式。

（2）包括凿岩机在内所有机构都由油马达带动或者是以压力油驱动，堪称全液压式。

（3）钻车配备冲击能量较大的 B4001 型液压凿岩机，其冲击能量、冲击频率均可调，能够按岩石状况选择最优的凿岩机工作参数。

（4）推进器和钻臂工作方位角几乎达到任意可选的状态，最大限度地满足凿岩工艺要求。

此外，天水风动工具厂从瑞典引进了 TROC712 和 ROC812 两个系列共五种产品的露天全液压钻车的制造技术。有关 ROC 系列钻车的技术性能见表 2－9。

表 2－9　ROC 系列露天钻车技术性能

名　　称	ROC712H-00	ROC712H-01	ROC712HC-00	ROC712HC-01	ROC812H-0
钻孔直径（mm）	48～89	48～89	48～89	64～127	64～127
钎杆钎头型号	R32T38T45	R82T38	R32T38T45	R32T33	T38T45
一次推进长度（mm）	4400	4400	4400	4400	4400
机重（kg）	7500	7750	9650	9900	9200
机宽（mm）	2410	2410	2410	2410	2440
驱动方式	柴油机	柴油机	柴油机	柴油机	柴油机
型号	F4L912	F4L912	BF6L913	BF6L913	F6L912①
功率（kW）	46.5	46.5	104	104	74
走行速度（km/h）	1.5/3.7	1.5/3.7	1.5/3.7	1.5/3.7	1.5/3.8
液压凿岩机型号	COP1238LE	COP1238LE	COP1238LE	COP1238LE	COP1238ME COP1238HE②
凿岩机最大功率（kW）	10	10	10	10	15、18
供气方式	机外	机外	自带	自带	机外
空压机型号	XAS40～XAS85	XAS40～XAS85	XA85	XA85	XA85、125
耗气量（L/s）	40～83	40～83	83	83	83、122
工作气压（MPa）	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
吸尘器型号	DCT50-03F	DCT50-03F	DCT50-03F	DCT50-03F	DCT100-11F
机械化上卸钎杆	是	无	是	无	是
司机室	无	无	无	无	有

①备有 104kW 透平增压装置，
②COP1238HE 适用凿软岩，并在柴油机上有增压装置。

第三章　地下凿岩

气动凿岩机是目前地下凿岩应用最广、数量最多的凿岩工具。气动凿岩机与液压、内燃和电动凿岩机相比，具有结构简单、重量轻、安全可靠、坚固耐用、适应性强、加工制造容易、价格低廉、操作维修技术要求不高和使用方便等优点。它的不足之处是能量利用率极低，耗电量是同级电动凿岩机所耗动力的 6～8 倍，是同级液压凿岩机的 4～5 倍，凿岩速度较低，是同级液压凿岩机的一半，噪声很大，达 110～130dB(A)，是同级液压凿岩机的 4～7 倍。

液压凿岩机有凿速快、能耗低、噪声较小和钎具使用寿命较长等优点，受到用户欢迎，得到迅速发展，但液压凿岩机的结构比气动凿岩机复杂、加工精度高、操作和维修技术要求很严，需经专门培训方能掌握，液压系统和泵站要随机移动，设备外形尺寸较大、造价高，对于那些操作维修技术条件较差、井巷断面小，作业地点狭窄的地下矿山，工作灵活性和场地适应性就不如气动凿岩机。

大直径深孔采矿及分段爆破法掘进天井，需要有速度高、偏斜小的凿岩设备，主要采用高气压潜孔钻机和牙轮钻机。

内燃和电动凿岩机的凿岩速度较低，工作可靠性和零件耐用程度等远不如气动和液压凿岩机。但有动力单一、机动灵活、节能等优点，主要用于农田水利、零星小矿点地质勘探和地下矿山边远地点作为辅助凿岩工具。

我国凿岩机械产品的型号编制见表 3－1 和表 3－2。

类　型	组　别	型　别	特性代号	产品名称及型号
凿岩机 Y（岩）	气动	手持式		手持式凿岩机　Y
			X（下）	手持式水下凿岩机　YX
			C（尘）	手持式集尘凿岩机　YC
			H	手持式湿式凿岩机　YH
		气腿式 T（腿）		气腿式凿岩机　YT
			P（频）	气腿式高频凿岩机　YTP
			C（尘）	气腿式集尘凿岩机　YTC
		向上式 S（上）		向上式凿岩机　YS
			C（侧）	向上式侧向凿岩机　YSC
			P（频）	向上式高频凿岩机　YSP
		导轨式 G（轨）		导轨式凿岩机　YG
			P频	导轨式高频凿岩机　YGP
			P频 S（双）	导轨式高频双向回转凿岩机　YGPS
			Z（转）	导轨式独立回转凿岩机　YGZ
	内燃 N（内）	手持式		手持式内燃凿岩机　YN
			F（副）	带副缸的手持式内燃凿岩机　YNF
	液压 Y（液）	手持式		手持式液压凿岩机　YY
		支腿式 T（腿）		支腿式液压凿岩机　YYT
		导轨式 G（轨）	C（采）	导轨式采矿用液压凿岩机　YYGC
			J（掘）	导轨式掘进液压凿岩机　YYGJ
	电动 D（电）	手持式		手持式电动凿岩机　YD
		支腿式 T（腿）		支腿式电动凿岩机　YDT
				矿用隔爆支腿式电动凿岩机　YDYKB
		导轨式 G（轨）		导轨式电动凿岩机　YDG
钻车 C（车）	露天	轨轮式 G（轨）		轨轮式露天钻车　CG
				轨轮式表土钻车　CG　BT
		履带式 L（履）		履带式露天钻车　CL
				履带式表土钻车　CL　BT
		轮胎式 T（胎）		轮胎式露天钻车　CT
				轮胎式表土钻车　CT　BT
		轨轮式	C（采）	轨轮式采矿钻车　CGC
			J（掘）	轨轮式掘进钻车　CGJ
			T（通）	轨轮式通用钻车　CGT

类　型	组　别	型　别	特性代号	产品名称及型号
钻车 C（车）	露　天	轨轮式	M（锚）	轨轮式锚杆钻车　CGM
			L（联）	轨轮式联合钻车　CGL
	井下	轨轮式 G（轨）	C（采）	履带式采矿钻车　CLC
			J（掘）	履带式掘进钻车　CLJ
			T（通）	履带式通用钻车　CLT
			M（锚）	履带式锚杆钻车　CLM
			L（联）	履带式联合钻车　CLL
		轮胎式 T（胎）	C（采）	轮胎式采矿钻车　CTC
			J（掘）	轮胎式掘进钻　CTJ
			T（通）	轮胎式通用钻车　CTT
			M（锚）	轮胎式锚杆钻车　CTM
			L（联）	轮胎式联合钻车　CTL
	水　下 X（下）			水下钻车　CX
钻机 K（机）	潜孔 Q（潜）	履带式 T（履）		履带式潜孔钻机　KQL
		轮胎式 T（胎）		轮胎式潜孔钻机　KQT
		柱架式 J（架）		柱架式潜孔钻机　KQJ
	冲击器 C（冲）			潜孔冲击器　QC
			Z（中）	中心排气潜孔冲击器　QCZ
			C（侧）	侧排气潜孔冲击器　QCC
			Q（前）	前排气潜孔冲击器　QCQ
			Y（液）	液压潜孔冲击器　QCY
			W（无）	无阀潜孔冲击器　QCW
			G（高）	高气压潜孔冲击器　QCG
	回转钻 H（回）	煤式 M（煤）		煤钻　KHM
		岩石式 Y（岩）		岩石钻　KHY
		岩心式 X（心）		岩心钻　KHX

表 3－2　凿岩辅助设备型号编制表(JB1590—83)

类型	组别	型别	特性代号	产品名称及型号	主参数	
					名称	单位或单位符号
凿岩辅助设备干(辅)	腿 T(腿)			气腿 FT	名义推进力	kgf
		侧向式 C(侧)		侧向式气腿 FTC	名义推进力	kgf
		下向式 X(下)		下向式气腿 FTX	名义推进力	kgf
		水式 S(水)		水腿 FTS	名义推进力	kgf
		油式 Y(油)		油腿 FTY	名义推进力	kgf
		手摇式 J(手)		手摇腿 FTJ	机器质量	kg
	钻架 J(架)	单柱式 Z(柱)		单柱式钻架 FJZ	最低工作高度	d_m
		双柱式 S(双)		双柱式钻架 FJS	最低工作高度	d_m
		圆盘式 Y(圆)		圆盘式钻架 FJY	最低工作高度	d_m
		伞式 D		伞形钻架 FJD	装凿岩机台数 最小支撑直径	台 m
		环式 H(环)		环形钻架 FJH	装凿岩机台数 最小支撑直径	台 m
	气动攉浮机 Q(攉)			气动攉浮机 FQ	机器质量	kg
	注油机 Y(油)			注油器 FY	容油量	mL或L
	集尘器 C(尘)			集尘器 FC	滤尘面积	m^2
	磨钎机 M(磨)			磨钎机 FM	砂轮直径	mm
	气动灯 D(灯)			气动灯 FD	发电机容量	W

凿岩机的主要参数为机器重量,单位为 kg。

第一节　气动凿岩机

一、气动凿岩机的主要技术指;标

A　压缩空气的工作压力

我国气动凿岩机常用压缩空气的工作压力为 0.4～0.6MPa，标定凿岩机技术参数过去以 0.5MPa 为标准工作压力，今后将国际通用的 0.63MPa 为标准工作压力。气动凿岩机的使用工作气压与标准工作压力接近，才能较好地发挥其应有的效率。

B　活塞冲击能

冲击破碎岩石的研究表明，只有当冲击能量超过某一门槛值时，才能得到高的破碎效率，但限于活塞、钎具材料所能承受的应力，活塞冲击末速度不能超过 10m/s。目前，气腿式凿岩机的冲击能为 60～80J，导轨式凿岩机为 80～250J～活塞冲击末速度 6～9m/s。

C　活塞冲击频率与钎具转速

活塞冲击频率受其结构、材质、加工条件和使用要求的限制，一般为 26～58Hz，冲击能不变时，频率高输出功率也高。钎具的转速与冲击频率成正比。活塞每冲击一次，钎具转角的大小有一个最优值，此值随岩石的性质和钎头的结构、尺寸不同而异，一般在 16°～38°范围，独立回转凿岩机，可视情况随意调节，内回转凿岩机是在设计时定了的，只有更换不同导程的螺旋棒及螺母，才能改变钎具转角。

D　转钎扭矩

扭矩要足以克服由轴向推力作用孔底产生的旋转阻力和孔壁对钎具的摩擦阻力，对手持和气腿式凿岩机来说，扭矩过大会使凿岩机振动加剧，操作者不易适应。目前气腿式凿岩机的扭矩一般为 11～18Nm。向上式凿岩机可到 30Nm。导轨式凿岩机扭矩为 40～350Nm。

E　耗气量

耗气量是指凿岩机工作时，单位时间所耗压缩空气折算成自由空气的体积，单位为 L/s。耗气量是气动凿岩机一个重要的技术经济指标。凿岩速度相同的凿岩机，空气消耗量小者，动力费用低。经济性好。当工作气压为 0.63MPa 时，手持式、气腿式凿岩机耗气量为 52～85L/s，向上式为 94～115L/s，导轨式为 94～315L/s。

F　重量

气动凿岩机的重量与其用途、结构、型式及功率有关。手持式和气腿式凿岩机靠人力扶持与搬移，要求重量轻，一般为 22～30kg，其单位功率重量约为 9.5～13.5kg/kW，导轨式凿岩机的重量无特殊要求，轻的 30～40kg，重的可达 170～180kg。

二、气动凿岩机的参数计算

反映气动凿岩机性能的参数有：冲击能、扭矩、冲击频率、钎具转速、耗气量、机器功率和最优轴向推力等。气动凿岩机活塞的运动受管道阻力、孔口阻力、气缸进气和排气

压力等变化影响,计算很繁琐,目前比较精确的是用计算机模拟计算。就是将活塞的运动循环分成许多时间片段,建立差分方程,用电子计算机连续求解每个片段的状态,直到满足设计要求为止,可详见参考文献,此处只介绍简化了的计算公式。计算的前提是:

(1)气缸前后腔进气工作压力不变,活塞往返运动时,气缸前后腔示功压力也不变;

(2)活塞在压气作用下,初速为零,然后以等加速往复运动。

(3)钎具质量对活塞往返运动的影响不计,也不考虑钎具的反弹影响。

(4)摩擦阻力忽略不计。

计算式中用经验系数予以修正。用这组公式计算所得结果只能用于概算和校核。

A　冲击能

$$E = K_E p A_1 s \tag{3-1}$$

式中　E——凿岩机活塞单次冲击能,J;

K_E——冲击功修正系数 0.4~0.55;

p——进气管路表压力,Pa;

A_1——冲程时活塞有效受压面积,m^2;

s——活塞行程,m。

B　扭矩

$$T = K_T p A_2 \mathrm{tg}(\alpha - \rho)\frac{d_2}{2} \tag{3-2}$$

式中　T——内回转凿岩机回程转钎力矩,Nm;

K_T——扭矩修正系数 0.35~0.42;

A_2——回程时活塞有效受压面积,m^2;

a——螺旋副螺旋线升角(°)

$$a = \mathrm{arctg}\frac{L}{\pi d_2}$$

L——螺旋棒导程,m;

d_2———螺旋棒中径,m;

ρ——螺旋副的摩擦角,(°);

$$\rho = \mathrm{arctg} f$$

f——螺旋副摩擦系数,钢与钢之间 $f = 0.15$

C　活塞冲击频率

$$N = K_N \sqrt{pA_1/2sm} \tag{3-3}$$

式中　N——活塞冲击频率，Hz；

K_N——冲击频率修正系数 0.37～0.40；

m——活塞质量，kg；

D　钎具转速

$$n = \frac{N\beta}{360} \tag{3-4}$$

式中　n——内回转凿岩机钎具转数，r/s；

β——钎具每次冲击后的转角，(°)；

$$\beta = 360\,\frac{\lambda_s}{L}$$

λ_s——活塞实际行程，m；

L——螺旋棒导程，m；

E　冲击频率

$$W = \frac{EN}{1000} \tag{3-5}$$

式中　W——冲击频率，kW。

F　耗气量

$$Q = K_Q A_s N \frac{p + 10^5}{p_p} \times 10^3 \tag{3-6}$$

式中　Q——耗气量，L/s；

K_Q——耗气量修正系数，有阀凿岩机为 $K_Q = 0.6 \sim 0.85$；无阀凿岩机为 0.3～0.4；

p_p——凿岩机排气环境绝对压力，$1.2 \times 10^5 \sim 1.5 \times 10^5$ Pa；

A——活塞冲程与回程受压面积之和，m^2；

$$A = A_1 + A_2$$

三、手持式凿岩机

手持式凿岩机的外形见图 3－1；机型及规格见表 3－3。

表 3－3　手持式气动凿岩机规格

型号	Y26	Y24（YH24）	Y3	YO18①
重量(kg)	26	24	4.5	18

型号	Y26	Y24 （YH24）	Y3	YO18①
外形尺寸（mm）	650×465×125	长 598	355×178×76	长 550
缸径（mm）	65	70	34	58
活塞行程（mm）	70	70	32	45
冲击能（J）气压 0.5MPa）	44	59	4.9	25
扭矩（Nm）	8.8	12.0		7.9
冲击频率（Hz）	27	30	43	
耗气量（L/s）	42	47	12	23
气管内径（mm）	19	19	13	19
水管内径（mm）	13	（13）		8
凿孔直径（mm）	24×42	34×42	12～28	34×42
最大凿孔深度（m）		3	0.3	2
钎尾尺寸（mm）	22 或 25×108	22 或 25×108		2×108
制造厂家	沈阳风动工具厂	天水风动工具厂	沈阳风动工具厂	衢州凿岩机厂

①配上 FT100 气腿可作气腿式凿岩机用。

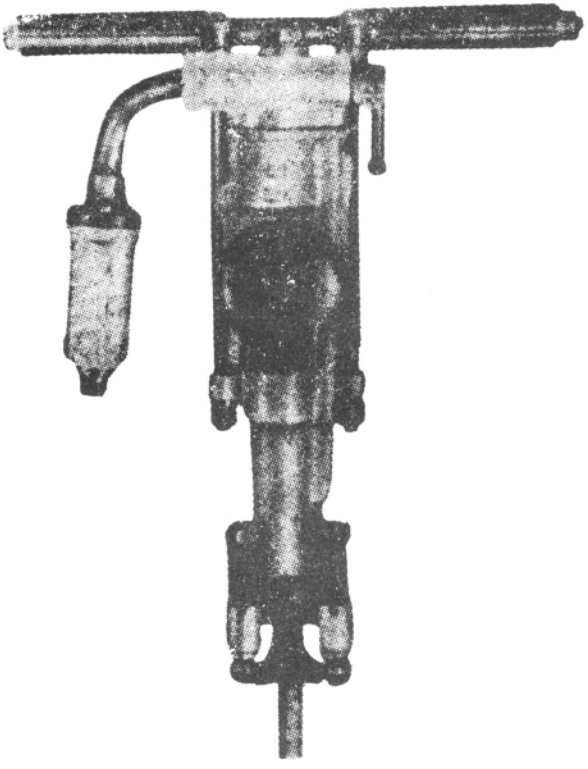


图 3－1　手持式凿岩机

四、气腿式凿岩机

气腿式凿岩机的外形见图 3－2;机型及规格见表 3－4。

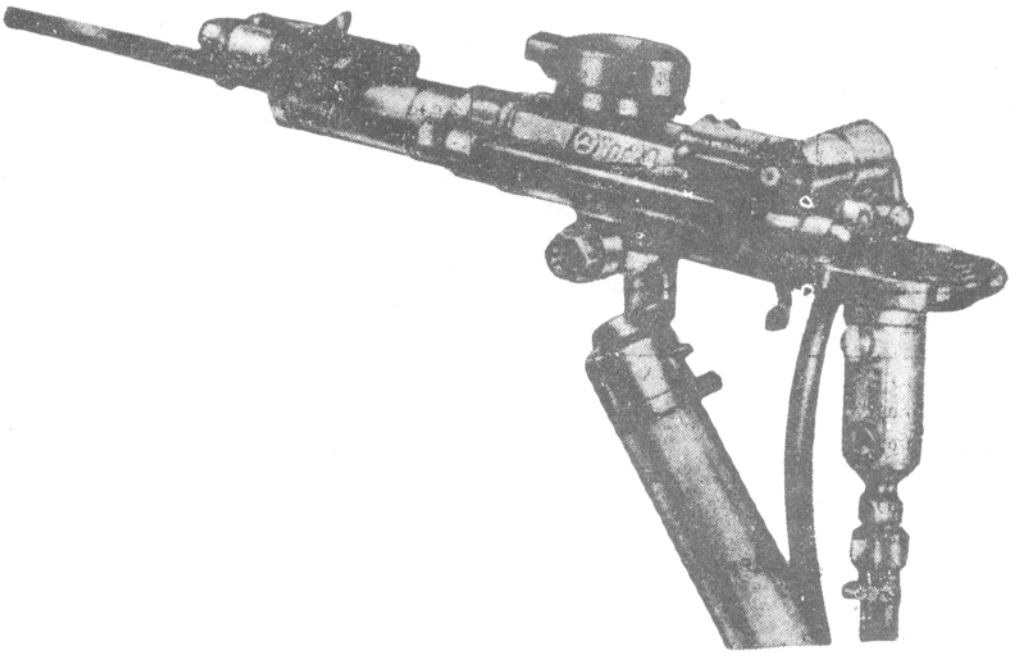


图 3－2　气腿式凿岩机

表 3－4　气腿式凿岩机规格

型号	YT27	7655	YT28	YT24	YT25D	YTP26
重　　量(kg)	26	24	26	24	24.5	26.5
全　　长(mm)	668	628	661	678	693	680
缸　　径(mm)	80	76	80	70	90	95
活塞行程(mm)	60	60	60	70	70	50
工作气压 0.5MPa 的冲击能(J)	64	59	64	59	64	59
扭　　矩(Nm)	18	15	18	12.8	19	18
冲击频率(Hz)	37	35	35	30	35	43
耗气量(L/s)	55	60	55	46	50	50
气管/水管内径(mm)	25/13	25/13	25/13	25/13	25/13	25/13

型号	YT27	7655	YT28	YT24	YT25D	YTP26
凿孔直径(mm)	34～42	34～42	34～42	34～38	34～42	34～46
最大凿孔深度(m)	5	5	5	5	5	5
钎尾尺寸(mm)	22×108	22×108	22/25×108	22/25×108	22/25×108	22/25×108
气腿推力(N)	1570	1570	1570	370	1570	1670
制造厂家	沈阳风动工具厂		天水风动工具厂		湘潭风动机械厂	

气腿式凿岩机主要易损件的使用寿命及废弃极限的标准见表3－5。表中的工作条件是:工作气压0.55～0.65MPa;岩石坚固性系数:f=10～14,钎头一字形,直径38～42mm,钎杆符合规定要求。

表3－5　气腿式凿岩机主要易损件使用寿命及报废极限

易损件名称	活　塞	螺旋棒	螺旋母	转动套或花键母	钎尾套
使用寿命(m)	2000	3000	2000	2000	2000
废弃极限	冲击端面下凹2mm,花键齿侧磨损2mm	花键齿侧磨损2mm	花键齿侧磨损2mm	花键齿侧面磨损2mm	六角对边磨损2mm

五、向上式凿岩机

向上式凿岩机外形见图3－3,机型及规格见表3－6。向上式凿岩机主要易损件的使用寿命如下:

易损件名称	活塞	螺旋棒	螺旋母	花键母	钎尾套
使用寿命(m)	1000	1500	1000	2000	800

表3－6　向上式气动凿岩机规格

型　号	YSP44	YSP45
重　量(kg)	44	45
外形尺寸(mm)	1489×354×180	1420×90×160
换钎长度(mm)	750	730
推进缸径(mm)	75	
缸　径(mm)	95	95
活塞行程(mm)	50	47
冲击能(J)(工作气压0.5MPa时)	88	68
扭　矩(Nm)	30	18
冲击频率(Hz)	43	45
耗气量(L/s)	75	83

型　号	YSP44	YSP45
气管/水管内径(mm)	25/13	25/13
凿孔直径(mm)	34/46	34/46
最大凿孔深度(m)	5	4
钎尾尺寸(mm)	22×108	22×108
制造厂家	沈阳风动工具厂	

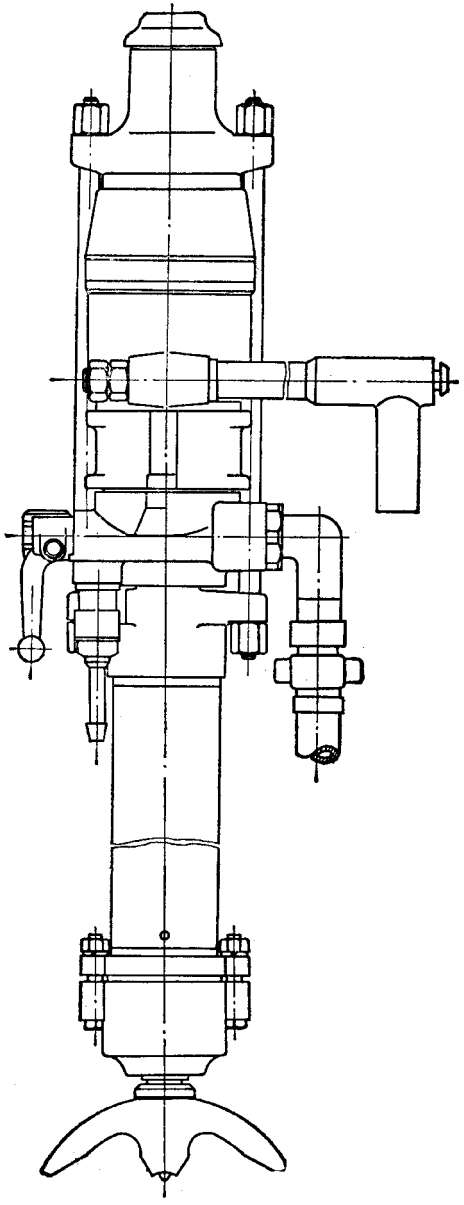


图 3-3　向上凿岩机

易损件的废弃标准与气腿凿岩机相同

六、导轨式凿岩机

导轨式凿岩机外形见图 3－4，机型及规格见表 3－7。

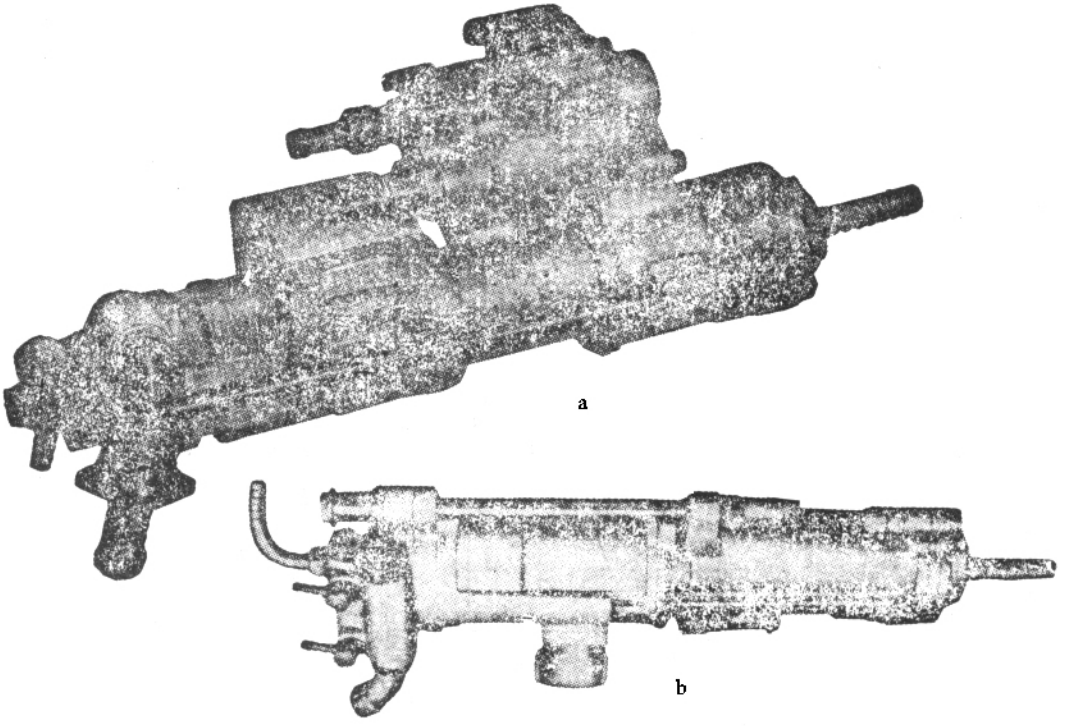


图 3－4　导轨式凿岩机外形图
a—独立回转导轨式凿岩机；b—内回转导轨式凿岩机

七、气动凿岩机的润滑

气动凿岩机的活塞与缸体及转钎机构的零件之间，相对运动速度高，受力不均，加上机器的振动和冲击，必须要有可靠的润滑方式和适合的润滑油才能正常运转。润滑稍有不当就会影响机器工作性能，导致运动零件的急剧磨损、表面擦伤甚至烧结卡死。压缩空气中的雾化油是气动凿岩机连续润滑的主要来源。油雾通过装在凿岩机进气管附近的专用注油器注入压缩空气中。注油量可以通过针阀调节，一般每立方米自由空气需混入 0.8～1.5ml 的油。注油器的工作原理见图 3－5，型号规格见表 3－8。

表 3-7　导轨式气动凿岩机

型　　号	YGP35	YGP28	YG40	YG80	YGZ40	YGZ50	YGZ40	YGZ70	YGZ90	YGZ100	YGZ170
质　量 (kg)	38	31	36	69	40	50	40	70	95	100	170
机　长 (mm)	665	630	680	900	475	595	635	800	876	890	890
缸　径 (mm)	100	95	85	120	110	100	95	110	125	125	125
活塞行程 (mm)	48	50	80	70	42	50	52	45	62	102	102
冲击能 (J)	98	89			98	103	90	98	196		
扭矩 (Nm)	49	29			98	88	50	64	118	264	343
冲击频率 (Hz)	43	43	29	29	50	40	42	38	33	29	29
转钎速度 (r/min)					0～300	0～300	0～300	0～300	0～250	0～300	0～300
耗气量 (L/s)	108	75	83	142	70	147	104	125	183	192	192
气管/水管内径 (mm)	25/13	25/13	25/13	38/19	25/15	32/13	25/13	32/13	38/19	38/19	38/19
回转马达胶管内径 (mm)					液压胶管	19	19	19	25	25	19
凿孔直径 (mm)	38～52	33～48	40～55	50～75	38～55	38～55	38～55	38～55	50～80	50～80	65～100
最大钻孔深度 (m)	6	6	15	20	8	8	8	8	30	25	25
钎尾尺寸 (mm)	25×110	22×108	φ32×97	φ32×97	25×108	25×108	φ32×97	25×159	φ38×97	φ38×97	202/T38 202/T45
制造厂家	沈阳风动工具厂		天水风动工具厂		沈阳风动工具厂		南京工程机械厂			天水风动工具厂	

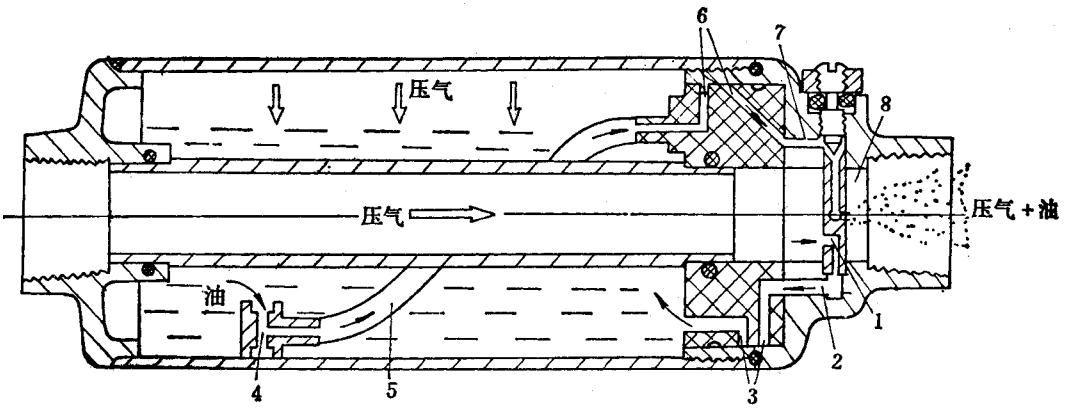


图 3－5　注油器工作原理图
1,2,3—油室加压气道;4、5、6、7—出油通道;8—经针阀调节后的出油孔

表 3－8　气动凿岩机用注油器

型　　号	FY200A	FY200	FY25	IU5
重　　量(kg)	1.2	1.2	2.5	
贮油量(ml)	200	250	520	5000
配套凿岩机	轻型	中型	重型	导轨型

凿岩机用的润滑油可从表 3－9 选取,气腿凿岩机台班耗油约 0.5kg,上向式凿岩机约 0.5～1.0kg,导轨式凿岩机则为 1.0kg。专门研制的凿岩机润滑油,可以有更好的润滑效果。

表 3－9　凿岩机用润滑油

凿岩机型号	环境温度(℃)	润滑油名称	牌　　号	运转粘度(50℃)(mm^2/s)	国家标准
气腿式	10～30	40号机械油	HJ-40	37～43	GB443—64
向上式	－10～10	22号汽轮机油	HU-22	20～23	SYB1210—60
		20号机械油	HJ-20	17～23	GB443—64
	－30～10	冷冻机油	HD-13	11.5～14.5	SYB1213—59
导轨式	0～30	机缸油30%＋机械油70%	HG-24 HJ-50	47～53	GB447—64 GB443—64
	－10～0	22号汽轮机油	HU-22	20～23	SYB1201—60
	－30～－10	冷冻机油	HD-13	11.5～14.5	SYB1213—64

第二节　液压凿岩机

液压凿岩机以高压油为动力。有下列优点：

（1）由于采用细长活塞，改善了钎杆传递能量的能力，其凿岩速度达到同级气动凿岩机的 2 倍左右；钻具寿命延长 80% 左右；

（2）能分别调节冲击功，回转速度和轴推力，在不同条件下可保证三者的最佳匹配；

（3）每米眼孔的能耗费用约为气动凿岩的 1/3。

（4）防卡钎装置、自动控制和遥控操作可以与液压回路方便地结合起来，易于实现操作自动化。

（5）凿岩作业环境大有改善，没有油雾排出，只有金属撞击噪音，没有气体膨胀噪音。

液压凿岩机自 70 年代问世以来，其及应技术已日趋成熟；一台技术成熟的液压凿岩机已可连续工作两个月，大约折合钻进 15000m 左右，其总使用寿命约是同级气动凿岩机的 1.5 ~ 2 倍，折合总钻进硬岩约十万米。因此矿山应用液压凿岩机是一个发展方向，但由于液压凿岩机设备投资及日常维修费用大；对技术操作与维护管理水平要求高；目前国内试制的液压凿岩机的使用寿命还不理想，连续工作时间较短且不稳定；进口的液压凿岩设备的零件及配件补充困难，因此需根据矿山的技术和经济具体条件合理选用。

一、液压凿岩机型号及技术数据

目前国内外液压凿岩机型号很多，新的机型还不断出现，目标是使凿岩机结构进一步简化，改善其性能和提高使用可靠性，现将国内研制的及引进技术生产的液压凿岩机和部分国外液压凿岩机的型号及技术数据分别列于表 3 – 11 和表 3 – 12。

二、液压凿岩机的结构

液压凿岩机冲击机构的原理虽然简单，但要实现结构简单、可靠和效率高并非易事；经过多年的改进与试验，基本上趋向于有阀、后腔或双面回油为主结构形式。后腔回油的机型较多，其优点是没有回程反吸补油。但阀口瞬时流量较大；双面回油有回程反吸补油，但瞬时流量较小。阀的形式有柱阀、筒阀和套阀三种，它们之间的比较见表 3 – 12。液岩凿岩的冲击机构基本原理见图 3 – 6。

表 3-10 国内研制及引进技术生产的液压凿岩机一览表

制造厂和型号	冲击机构输入功率			冲击机构输出功率			旋转机构		质量	长度	钎杆尺寸	冲洗
	油压 (MPa)	流量 (L/min)	计算的输入功率 (kW)	冲击次数 (次/min)	冲击能量 (J)	公称冲击功率 (kW)	转速 (r/min)	最大力矩 (Nm)	公称值 (kg)	(mm)	直径 (mm)	水 空气
桂林冶金机械厂 YYG90	12.0～16.0	80		2500～3000	200～240		0～260	200	94	870	38（R）	水
广东有色冶金机械厂 YYG90A	13.0	85		2000～3500	150～200		0～300	140	90	825	B25Y	水
哈尔滨伟建机械厂 TYYG-20	12.0	90		2850～3000	200		0～200	200	90	916	38（R）	水
天水风动工具厂 YYGJ-145 YYGC-145	15.0～24.0 23.0～25.0	90		2500～3600	350	10～15	0～350 0～440	230 650	145	985 1000	32/38(R)	水
湘潭风动工具厂 YYT-30① YYG-30	13.0～15.0	60～70 75	18 20	2600～2700	90 100		内回转	60 90	28	648 570	B25	水
株州矿山工具厂 YYG-80A	10.0～12.0	80～90		2500～2900	140～160		0～300	150	84	790	B25	水
衡州煤矿机械厂 CYY-20 宣风-赛科玛 沈冶机-赛科玛 水星200	16.0 （最大19.0）	40 （最大46）	11	2800/3700	200	7/12	0～220	100/130	114	760	22/25	水
沈风-阿特拉斯 COP1238	15.0～24.0	75～96	24～33	2400～3600 6000～6300	200～250 140	12～18 14	0～300 0～460	500～1000 430	150～160	1002	28/32/38 （R）	气/水

①YYT-30为气腿式凿岩机。

表 3-11　国外液压凿岩机一览表

制造厂及凿岩机型号	冲击机构输入功率			冲击机构输出功率			旋转机构		重量	长度	钎杆尺寸	冲洗系统
	油压 (MPa)	流量 (L/min)	计算的输入功率 (kW)	冲击次数 (次/分)	冲击能量 (J)	公称冲击功率 (kW)	转速 (r/min)	最大力矩 (N·m)	(公称值) (kg)	(mm)	(直径) (mm)	
瑞典阿里马克公司 (Alimak AB)												
AD 103	12.5	120	25	3400	195	11	0～230	270	106	6650①	25	水
AD 160D	14	108	25	2760	312	14	0～162	430	184	1120②	28/32 (R)	水
AD 160LS	15	138	345	2220	470	17	0～120	940	184	1120②	44/51 (R)	水
瑞典阿特拉斯公司 (Atlas Copco MCT AB)												
COP 1022	11～14	41	12	3000	105	9.5	0～300	120	50	710	22/25	气/水
COP1032HD	15～24	50	20	2400～3180③	141	7.5	0～300	200	112	374	25/28/32 (R)	水
COP1238LE	15～21	75	24	2460～3600③	200	13	0～2/300	500～700	150	1002	32R～38/45T	气/水
COP1238LP	12～24	82～96	22～33	3000～4800③	230～250	12～18	0～460	500～1000	150	1002	32/38/45R/T	气/水
英国勃特公司 (Boart UK)												
HD-65	15	65	16	3600～4500	可变	可变	0～250	80	69	660	22/25/28 (R)	水
英国霍尔曼风动工具公司 (Compair Holman)												
RDP45	14	34	8	6700	12	1.5	0～400	350	109	860	41	水
法国埃姆科 (Eimco-Secoma)												
Hydrastr 200	16 (最大19)	40 (最大46)	11	2800/3700	200	7/12	0～220	100/300	114	760④	22/25	水
Hydrastr 300	16 (最大19)	55 (最大65)	15	2000/2500 3000	300	10/12/15	0～250	100/300	130	980④	32/25R；38T	水

制造厂及凿岩机型号	冲击机构输入功率			冲击机构输出功率			旋转机构		重量	长度	钎杆尺寸	冲洗系统
	油压 (MPa)	流量 (L/min)	计算的输入功率 (kW)	冲击次数 (次/分)	冲击能量 (J)	公称冲击功率 (kW)	转速 (r/min)	最大力矩 (N·m)	(公称值) (kg)	(mm)	(直径) (mm)	
日本古川凿岩机械销售有限公司 (Furukawa Rock Drill Sales Co.Ltd.)												
HD50	12	80	16	3900～4100	98	7	0～300	250	110	1181	25	水
HD100C	16	90	24	2800～3200	150	8	0～250	250	140	992	32	水
美国加德纳-丹佛采矿建筑公司 (Gardner-Denver Mining & Construction)												
HPR	11/16	68/90	20	3000～3500	100/150	6/9	0～200	250	85	760	32	气/水
HPR1H	22	94	32	2500～4000	240/340	17	0～250	540	300	1150	38/44	气/水
联邦德国克虏伯工业技术有限公司 (Krupp Industrictechnik GmbH)												
HB30	15	55	13.5	3000	135	7	0～540	65	34	555	22/25	气/水
HB53	15	85	21	3000	270	13.5	0～540	230/370	97	675	32	气/水
HB101	15～17	70～85	21	1800	380	11.5	0～140	950	240	1142	38/45	气/水

制造厂及凿岩机型号	冲击机构输入功率			冲击机构输出功率			旋转机构		重量	长度	钎杆尺寸	冲洗系统
	油压 (MPa)	流量 (L/min)	计算的输入功率 (kW)	冲击次数 (次/分)	冲击能量 (J)	公称冲击功率 (kW)	转速 (r/min)	最大力矩 (N·m)	(公称值) (kg)	(mm)	(直径) (mm)	
法国蒙塔贝尔公司 (Montabert SA)												
HC40F	13	80	17.5	3700	190	11.5	0～120/310	430	80	840	28	水
HC120F/FR	14	130	30.5	3100	400	20.5	0～80/160	1250	158	1250	45	气/水
芬兰塔姆鲁克公司 (Tamrock)												
HE55F	10～12	42	8.4				0～300		25	568	19/22	气/水
HL538	7.5～17	110	31	3700	245	15	0～300	240	120	970	32/38	气/水
HL850	9.0～13	145	31.5	2300	470	18	0～150	700～1800	255/295	1060/1205	38/45/51/102	气/水
HL4000	11～14	460	107	2200	2050	75	0～60	3500	1100	1400	150	气

① 短机型； ② 带钎尾； ③ 有三个冲程供选择； ④ 包括螺纹支架和水管接头。

表 3-12 三种配流阀的比较

阀形	柱阀	筒阀	套阀
结构特点	有单独的阀体，阀芯呈柱状在阀体内运动配油	有单独的阀体。阀芯呈筒状。在阀体内运动配油	只有一个套阀，活套在活塞上，与活塞作同轴运动配油
结构复杂程度	由多个零件组成一个单独的部件，比较复杂，质量较大	由多个零件组成一个单独的部件，比较复杂，质量较大	仅有套阀一个零件，结构简单，质量小、整机尺寸小
耗油量及漏损	柱阀尺寸可设计得比较小，耗油量和漏损也较小	尺寸可设计得较小，耗油量及漏损也较小	受活塞外径制约，尺寸较大，耗油多漏损也较大
加工难度	加工精度，光洁度要求高，油路较复杂，加工难度大	加工精度、光洁度要求高、油路较复杂，加工难度大	套阀本身加工工艺性好，易于加工，但缸体结构较复杂，增加了加工难度
适用性	可制成三通阀或四通阀适用于流量较小的机型	可制成三通阀或四通阀适用于流量较大的机型	只能制成三通阀，适用于单面回油的机型
应用机型	COP系列 HD系列 YYG145 YYG80A YYT30 YYG30	RPH系列 YYG90	HB系列 AD系列 HE和 HL系列 HC系列 TYYG20

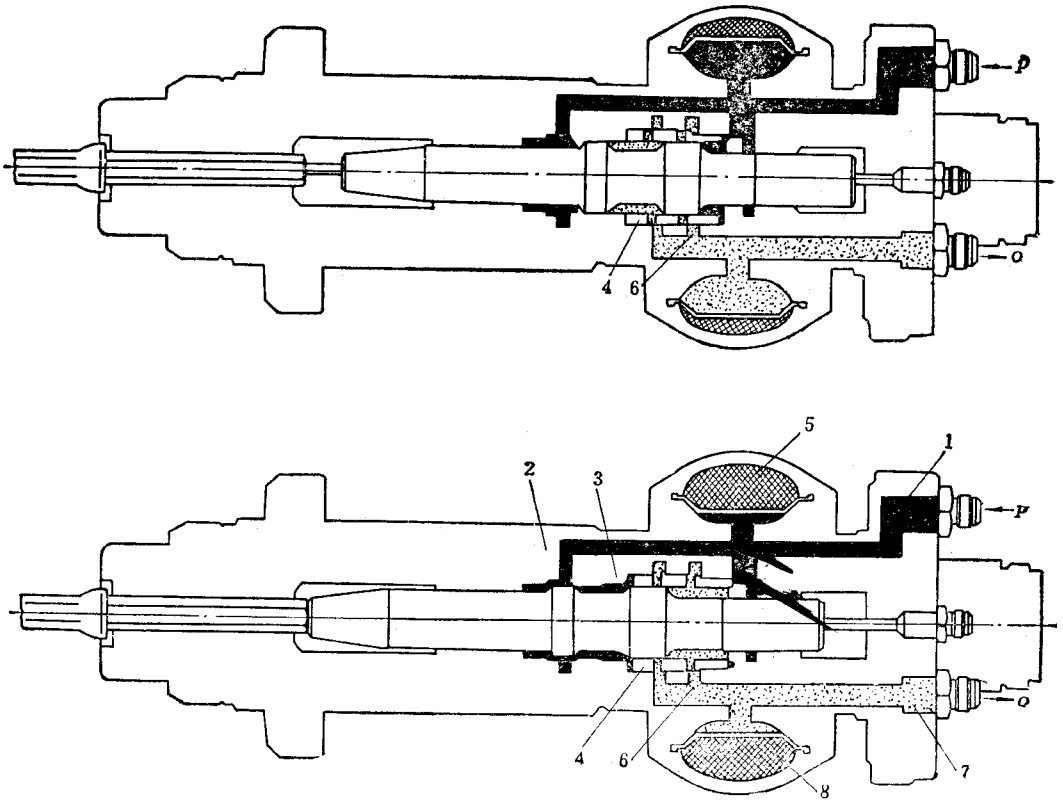


图 3－6　液压凿岩机冲击机构基本原理

1—进油口；2—缸体；3—配油腔；4—配流阀；5—高压蓄能器；6—回油腔；7—回油；8—低压蓄能器

液压凿岩机的工作压力为 7.5～22MPa，由于机内漏损随压力增加而增大，流量损失又随油量增加而增大，因此必须对压力和流量进行合理匹配。工作压力低，零件较简单可靠，液压软管和接头的故障也少；工作压力高，相应流量和流速较小，可使凿岩机整体尺寸与重量减小。

除个别轻型液压凿岩机使用来复棒－棘轮转钎机构外，都采用双向摆线或齿轮液压马达驱动减速齿轮转钎。对这些独立回转凿岩机，可根据岩石坚固性和磨蚀性选用不同的凿岩工作方式，在坚硬而磨蚀性强的岩石用冲击凿岩破碎为主，回转速度为 200～300r/min，冲击频率 33～50Hz，轴推力较小；在中硬岩石用回转－冲击破碎岩石，回转速度 450r/min 左右，冲击频率 33～100Hz，轴推力较大；在软岩中 400～1000r/min 的单纯钻孔，以切削破碎岩石效果最佳，轴推力 6～18kN；一般而言，岩石越软则转速越高，轴推力越小。

液压凿岩机都装有液压蓄能器。蓄能器一侧预充入压缩氮气,另一侧通冲程或回程油路,中间用一特制的橡胶隔膜将氮气与油隔开。装在冲程油路的蓄能器在活塞回程时,因后腔压力升高压缩氮气而储能,可为工作冲程补充额外的能量。在回程油路上的蓄能器用来吸收压力脉动和减少油管的振动。蓄能器的结构见图 3－7。

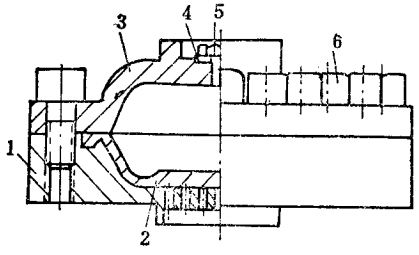


图 3－7　液压凿岩机的蓄能器
1—底座;2—隔膜;3—上盖;4—O 形圈;5—充气嘴;6—螺钉

根据使用国外液压凿岩机的统计,主要易损件的使用寿命如下:

零件名称	冲击活塞	阀	钎尾(包括钎套)	蓄能器隔膜	活塞密封圈
使用寿命(m)	50000～50000 60000	2000～5000	2000～6000	1200	

三、液压回路

液压凿岩机的泵站是随机移动的。一台典型的全液压凿岩设备最少有四个独立的液压回路,即冲击回路、旋转回路、推进回路和钻臂工作回路。每个回路都有一个或多个控制杆和阀系统。液压油可由齿轮泵或轴向柱塞泵输入回路,这些泵用柴油机或电讥驱动。'齿轮泵价格便宜,使用简单可靠,寿命长,对油的过滤精度没有轴向柱塞泵要求高,但不能变量;其溢流能量损失及发热均高于可变量的柱塞泵。轴向柱塞泵除价格较贵和要求油过滤精细外,其他性能均优于齿轮泵。以宣风—赛科玛(Secoma)技术合作的液压钻车系统为例,可了解液压回路的概况(图 3－8)。其动力源包括一台定量齿轮泵,用以驱动推进油缸或在锚杆作业时推进锚杆;也可用来驱动象水泵等辅助设备。驱动冲击机构的一台变量柱塞泵排量由推进压力回路的调压阀控制,可根据岩石条件改变冲击能量和频率。还有另一台变量柱塞泵驱动回转机构,当岩石条件变化引起阻力矩和系统压力变化时,可保持转速不变。当钻车移位时,可通过切换阀将两个柱塞泵的油流共同驱动行走液压马达。

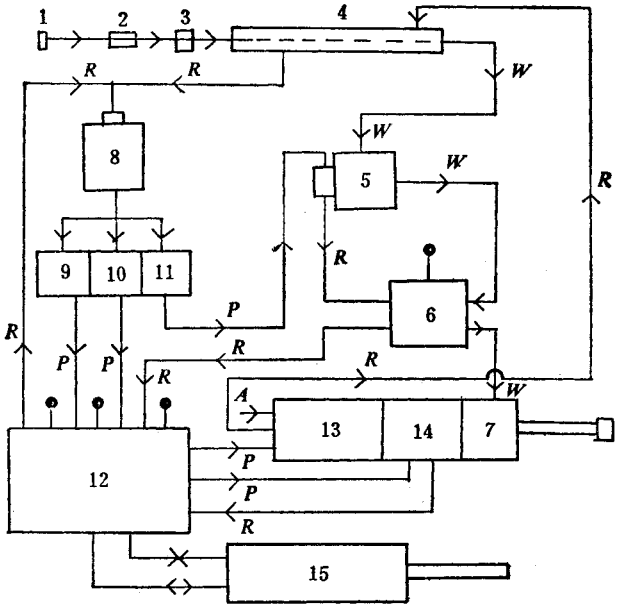


图 3－8　宣风－赛柯玛液压钻车系统框图
1、2、3—水入口、过滤器、球阀；4—冷却器；5—水泵；6—水控制开关；7—冲洗头；
8—油箱；9、10、11—泵；12—控制台；13—冲击；14—回转；
15—推进油缸；W—水管；P—压力油管；R—回油管；A—气管

第三节　内燃凿岩机及电动凿岩机

一、内燃凿岩机

内燃凿岩机是汽油机，压气机、凿岩机组合在一起的手持式冲击回转机具，外壳用轻铝合金铸造。质量轻，携带方便，可用于浅孔凿岩、铲掘，捣碎和夯实等作业，受汽油机工作发热温升影响，不适宜长时间连续作业。内燃凿岩机的主要技术规格见表 3－13。

表 3－13　内燃凿岩机的主要技术规格

型　　号	YN30A	YN25
主机重量(kg)	28	26
外形尺寸(mm)	760×330×235	710x260×260
发动机缸径×行程(mm)	58×70	60×65
发动机排量(mL)	185	184

型　　号	YN30A	YN25
发动机负荷转速(r/min)	2700～3000	2600x～2900
发动机转速(r/min)	2200	2000
冲击频率(Hz)	45～50	43～48
冲击能(J)	27	40
扭　　矩(Nm)	18	18
钎杆转速(r/min)	≥150	≥180
油箱容积(L)	1.65	1.8
燃油消耗量(L/m)	≤0.14	≤0.12
混合油容积比(汽油:机油)	12:1	12:1
火花塞间隙(mm)	0.5～0.6	0.5～0.7
火花塞牌号	424	424
进气阀钢球跳动间隙(mm)	0.4～0.7	0.4～0.8
钎尾规格(mm)	22×108	22×108
凿孔直径(mm)	48～42	48～42
凿孔深度(m)	6	6
凿孔速度(mm/min)(f=10～12,ϕ=34mm)	≥200	250～300
噪声、声压级/声功率级(dB(A)		106/121
制造厂家:重庆凿岩机厂、宜春风动工具厂、上海风动工具厂、洛阳风动工具厂		

内燃凿岩机主要易损件的使用寿命及废弃极限见表3－14。

表3－14　内燃凿岩机主要易损件使用寿命

零件名称	冲击活塞	棘轮	转动套
使用寿命(m)	4000	3000	3000
废弃极限 mm	小头顶端下凹1.5 花键侧面磨损1.5	花键侧面磨损1.5	内六方对边磨损2, 花键侧面磨损1.5

二、电动凿岩机

电动凿岩机的能量利用率最高,设备投资省,但受到结构限制,只有轻型支腿式产品,冲击功率2.5～3kW,在中等坚固性岩层的凿孔速度还不到气腿式气动凿岩机的一半,故障率较高,主要易损件使用寿命不够长。所以应用范围不广。

电动凿岩机主要结构形式有,曲轴连杆压气活塞式和偏心块冲击活塞式两种,其规格性能见表3－15。

表 3－15　电动凿岩机规格

型　　号	YDT30	YDT32KB	YD2A	YD3
凿岩机重量 (kg)	30	32	30	35
外形尺寸(长×宽×高)(mm)	683×260×170	683×260×195	610×330×220	
结构形状	曲轴连杆压气活塞式		偏心块冲击活塞式	
冲击能量 (J)	45	45	30	45
冲击频率 (Hz)	35	35	46	34
扭　　矩 (Nm)	18	18	15	18
钎杆转速 (r/min)	150	150		
钎尾规格 (mm)	22×108	22×108	22×108	
钻孔直径(mm)	35～43		34～45	34～45
钻孔深度 (m)	4	4	4	4
水冷电机功率 (kW)	3	3 (隔爆型)	2.5 (隔爆型)	3
电压/调频 (V/Hz)	380/50	127/50	127/50	
配套设备	FTS100型水力支腿重 12kg，水压 0.33～0.5MPa。DSA-380/3，电控箱，重5.5kg。KSG4/0.7矿用隔爆式，干式变压器。活塞式水泵组1.5kW		ST140型水力支腿，重1.5kg，水压 0.8MPa	
凿岩速度 (mm/min) (f=8～10，φ=35)	180		≈200	
制 造 厂 家	宜春风动工具厂		无锡煤矿电动凿岩机厂 浙江龙游探矿机械厂	

第四节　凿者钻车和钻架

导轨式凿岩机只能是安装在钻车或钻架上工作，钻车有轮便于转移地点，钻架则要拆迁。但钻架在竖井掘进中却得到广泛应用。

钻车是机械化程度较高的凿岩设备，是实现凿岩自动化的途径。带智能的钻车即是凿岩机器人，现虽已试验成功，但尚未有广泛生产应用。

一、凿岩钻车的结构

凿岩钻车因生产使用的要求不同，其规格品种繁多，但其基本部件已逐渐形成系列，通用性较强。钻车的基本部件包括底盘、钻臂、推进器、操纵台和液压、气路、水路系统

等。制造厂生产各种规格的系列部件,根据用户提出的要求,从中选用合适的部件,组成相应的专用凿岩钻车。

A　底盘

底盘主要由行走机构、底架、转向机构和稳车装置等组成。按行走机构不同,底盘分为轨轮,胶轮和履带三类;除轻型轨轮和胶轮式钻车中有个别型号采用外力拖曳外,都装备有动力装置。电、气、液压和内燃机都可以作为动力的来源。有时也兼用几种动力。轨轮式无转向机构;履带式靠驱动—制动转向,胶轮式可采用轮转向或绞接转向和驱动—制动转向。轨轮式钻车少数有用卡轨器稳车;履带式可用刹车稳车,但用得最普遍的稳车方式是液压缸顶撑。底架一般用型钢或钢板焊成刚性较大的箱形构件,为了平衡钻臂对底盘的倾覆力矩,在底盘上往往装有配重块。

B　钻臂

钻臂的作用是支承推进器和凿岩机,使之同底盘连结成一体,并能给定凿岩的位置和方向。钻臂的功能取决于往复或回转液压缸的数量和布置方式。对现有各种形式钻臂的动作组合进行分析,可归纳出十多种不同的钻臂。钻臂的动作分解见图 3－9,其动作如下:

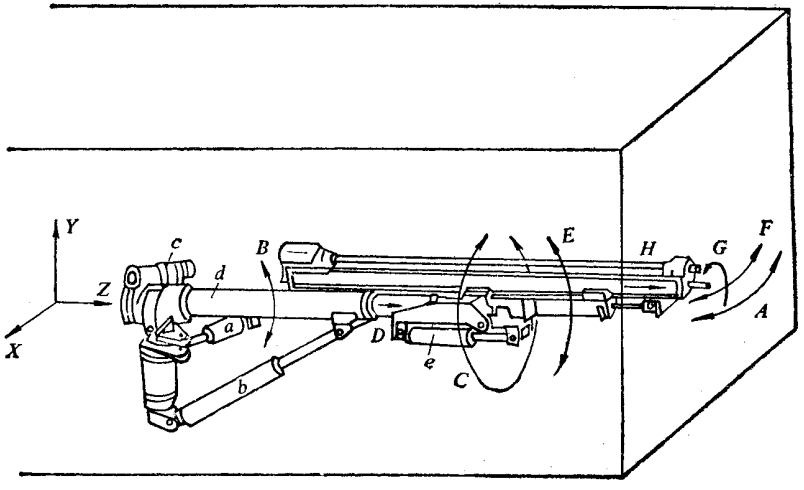


图 3－9　钻臂动作

(1)摆臂:钻臂体绕垂直轴(*Y* 方向,箭头 *A*)摆动,由液压缸 *a* 驱动;

(2)起落:钻臂体绕横向水平轴(*X* 方向,箭头 *B*)摆动,由液压缸 *b* 驱动;

(3)转臂:钻臂体绕纵向水平轴(*Z* 方向)转动,图中钻臂无此动作;

(4)旋转:钻臂体前端绕纵向水平轴(*Z* 方向,箭头 *C*)转动,由部件 *c* 驱动;

(5)伸缩:臂体前沿 Z 轴方向移动(箭头 *D*)由臂体内装伸缩液压缸 *d* 驱动;

(6)仰俯:推进器绕横向水平轴(*X* 方向,箭头 *E*)上下摆动,由液压缸 *e* 动作;

(7)摆角:推进器绕垂直轴(*Y* 方向,箭头 *F*)水平摆动,动作液压缸图见不到;

(8)翻转:推进器绕纵向水平轴(*Z* 方向,箭头 *G*)旋转,图中液压缸不可见;

(9)补偿:推进器沿 Z 轴方向转动(箭头 *H*)由液压缸 *h* 驱动。

上述九种动作按凿岩作业需要选取其中的几个便可组成某种型式的钻臂,如 CTC700 钻车的 B25JD 型钻臂是由转臂、起落、仰俯和补偿等动作组成的。

为了能够准确地钻凿平行炮孔及缩短定位的时间,绝大多数钻臂装有自动平移机构,常见有四连杆平移和液压平移机构。新型钻臂趋向于采用无平移引导缸的空间液压平移机构。

转臂、旋转和翻转动作,倾向于采用往复运动的液压缸,再通过某种机构转换成回转运动。转臂常用齿条齿轮搓动式,旋转和翻转用螺旋花键机构(见 3 – 10)将直线运动变为回转运动。为保证定位可靠,液压缸装有双向液压锁。

C　推进器

推进器由导轨、推进装置、凿岩机滑架、托钎或夹钎器、顶尖,补偿液压缸及导轨托架等组成。导轨用轻型槽钢或型钢焊接,也有用铝合金型材制作的。导轨在井下作业环境恶劣,要有足够的刚性与强度。结构简单、造价低廉,便于更换。推进装置有液压缸(气缸 – 钢绳推进、液压马达(或气马达) – 链条推进,液压马达(或气马达) – 丝杠推进和液压缸(气缸)直接推进等形式。推进器的主参数是轴推力和推进行程。

D　操纵台

大部分钻车的钻臂、推进器、凿岩机动作的控制阀及指示仪表等都集中安装在操纵台上以便操作。有些采矿钻车将主要动作的控制阀单独装在一个可转动或离开钻机一定距离的操纵台架上,使装卸钻杆和观察作业情况更加安全方便。

二、凿岩钻车的使用和维修

凿岩钻车结构复杂,价格昂贵,特别是全液压凿岩钻车,液压系统工作压力高达 10 ~ 20MPa,作业环境恶劣,使用稍有不当,就会造成设备故障或损坏。正确的使用与维护是发挥凿岩钻车工作效率及延长其使用寿命的保证。操作与维修人员要经过严格的技术培训与考核,能熟练掌握钻车的结构性能、使用及维护方法、拆装、检查及排除故障的方法等等。使用中最关键的要点是:

(1)润滑。必须按钻车使用维护说明书选用规定的润滑油脂进行定期定量加油。在使用与管理润滑油脂的每个环节都应保证油脂牌号和质量符合规定,油脂不可受到水、

灰尘及脏物的污染，容器要洁净、密封。

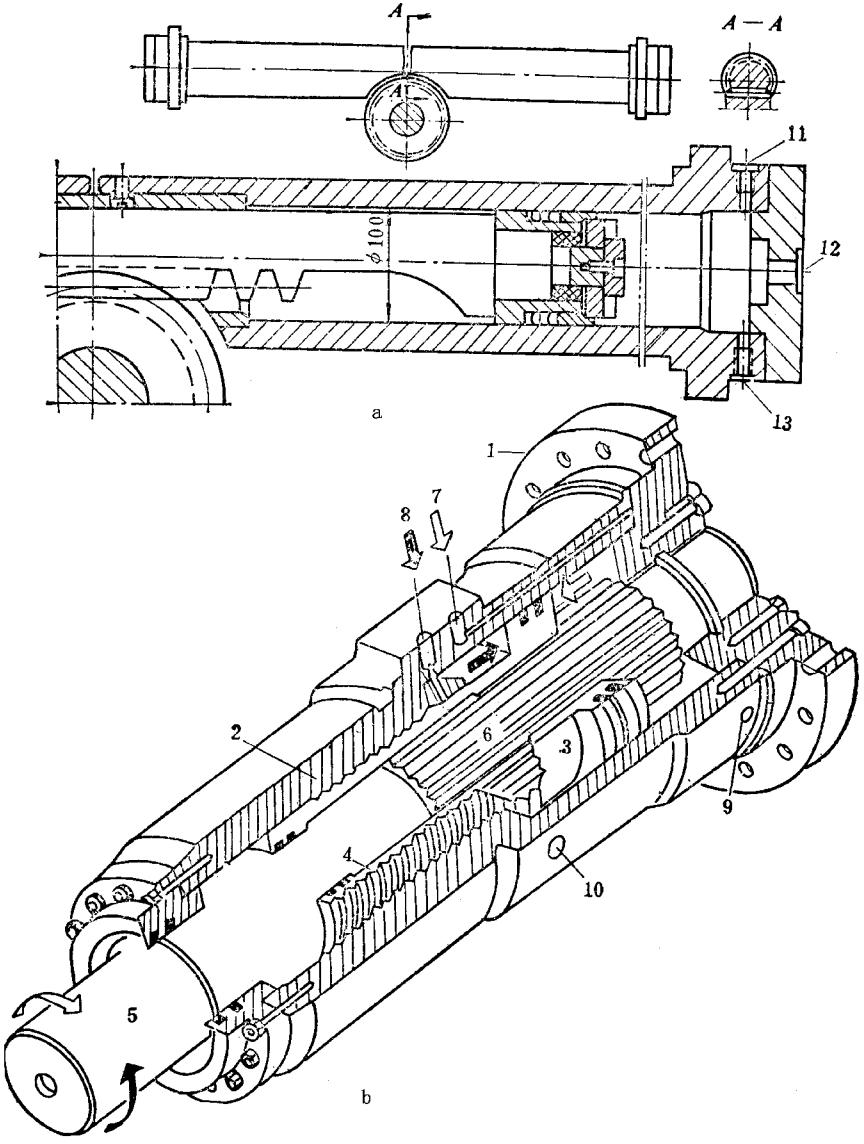


图 3－10　液压油缸旋转机构

a—齿条搓动液压缸；b—螺旋花键旋转液压缸

1—缸体；2—螺旋花键套；3—活塞；4—螺旋花键；5—主轴；6—花键；7、8—进，排油孔；9、10—放气孔；11—放气用孔；12—进出曲孔；13—放油用孔

（2）防松。钻车工作中的振动使所有的螺帽都有松动的可能，特别是工作机构的螺帽松动可能更大，因此必须及时检查，对松脱的螺帽要用扭力扳手旋紧到规定扭矩值。有不少零部件非正常损坏的原因就是螺帽松脱造成的。

（3）防漏。凿岩钻车的管路很多，接头松动或软管挤伤就会泄漏油气和水，因此应把

软管捆扎好,防止发生挤伤和磨擦。定期检查接头及密封处有无渗漏,保持管路外部的清洁。对发生泄漏的硬管接头(没有密封圈的)在重新拧紧时要在螺纹处包缠聚四氟乙烯薄膜带或涂厌氧密封胶,涂有厌氧胶的螺纹要加热到 120℃以上,保温 3～5min,才可卸松。进气软管须用保险绳带扣牢,确保万一接头松脱时不致甩伤人。

(4)防污。钻车在井下潮湿多尘的环境中工作,凿岩时溅落的岩碴及泥水等很快会将钻车沾污。这不仅会妨碍检查和加剧导轨与推进部件的磨损,还会加剧外露零件表面的锈蚀,因此,每班必须将钻车冲洗干净,钻车上的液压、气、水路系统装置的滤清器及气路上的分水气,要定期检查滤芯及放水阀,如发现污物堵塞要及时清洗或更换。

(5)定期维修。钻车的部件都有预定的维修周期,特别是凿岩机、推进器部件和液压油,在操作说明书上定有修换周期,应按规格按时执行,这样才能保证设备正常运转。在井下不作业的钻车不允许停放过久。如钻车需在井下停放,必须采取防锈措施,应放在干燥地点和涂以除锈油脂。还必须定期开动凿岩机和进行必要的检查。如不注意这些保养措施,就会很快锈蚀损坏。启用新钻车或停放时间较久的钻车时,必须全面检查,加足油脂。气动钻车的总进气管在开动前要拧开接头,灌入 50ml 的润滑油,以保证启动初期的正常润滑。

三、巷道掘进钻车

巷道掘进钻车的规格型号比较多,选用钻车的主要依据是巷道的规格和掘进的速度。近几年国产钻车已逐步在生产中使用推广,还与国外合作,生产了几种型号的全液压钻车。

A　气动掘进钻车(图 3－11)

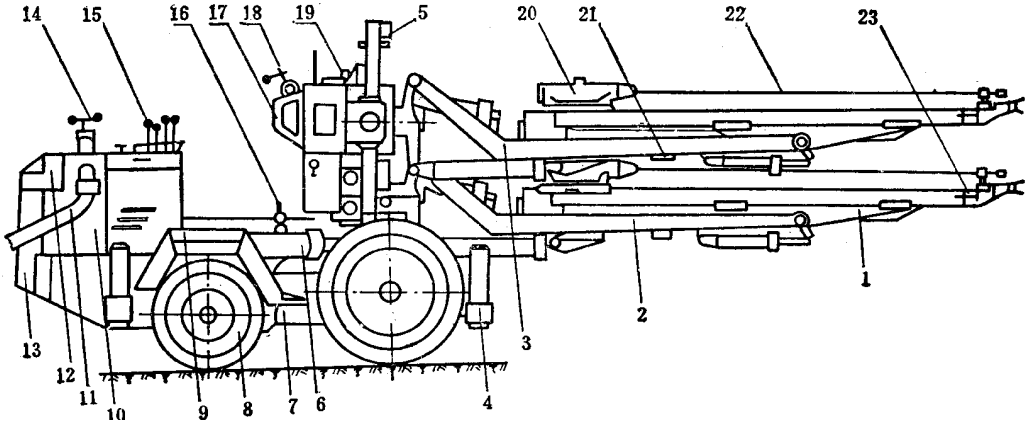


图 3－11　CTJ700－3 型三机轮胎式掘进钻车总体结构简图

1—推进器;2—中间支臂;3—侧支臂;4—千斤顶;5—照明系统;6—摆动机构;7—行走车体;8—转向车体;9—工作平台;10—机罩;11—总进气管;12—工具箱;13—配重;14—闸阀;15—液压系统;16—脚踏阀;17—操纵台;18—风水系统;19—气压表;油压表;20—凿岩机;21—组合阀;22—钎杆;23—限位阀

表 3-16 气动掘进钻车主要技术规格

型号		PYT-2C	CGJ-2	CGJ500-3	CTJ500-2	CTJ700①	CTJ700-2	CTJ700-3
适用巷道断面宽×高 (m)		2×2～2.6×3.2	1.9×2～2.6×3.2	2.2×2.2 ～4.5×3.5	2.4×2.4 ～4.5×3.5	1.8×1.8～4×3	2.2×2.2～5×3.6	3×3～6×4.5
外形尺寸	长 (mm)	4405	5600	6700	6800	6400	6750	7050
	宽 (mm)	950		1250	1600	1150	1500	1720
	高 (mm)	1575		1736	1600	1530	1800	2370
钻车总重 (t)		1.85	2.2	5.5	6	4.5	6.5	8.5
配用凿岩机		YGP35	YGP28			YGZ70、YGZ70A、YGP35		
钻臂数		2	2	3	2	1	2	3
钻臂型号						B25 JD 或B30JD		
钻臂动作组合		摆臂、起落、仰俯、摆角、补偿	摆臂、起落、仰俯、摆角、翻转补偿	转臂、起落、仰俯、补偿		转臂、起落、仰俯、补偿		
推进器型号及推进方式		气缸钢绳	气马达丝杠	液压缸钢绳		TS715/720/725/730气马达丝杠		
推进力 (N)		0～1680	0～1960	0～4900		0～6870		
推进行程 (m)		2.0	2.0	2.5		1.5/2.0/2.5/3.0		
行走方式		轨轮 (轨距600mm)			胶轮	胶轮 (轮转向)		
行走功率 (kW)		直流电机3.5	直流电机3.5	电机7.5	电机22	气马达7.8	气马达11.2	
行走速度 (km/h)		6～8	6～8			0～2.5	0～2.5	0～3
液压系统压力 (MPa)		6	6	10	10	8		
最大耗气量 (m^3/min)		14	14	20	13	8.5	17	26
生产厂家		湘东钨矿	哈尔滨机械厂	沈阳风动工具厂		宣化风动机械厂		

① CTJ700系列钻车还有CTJ700-D、CTJ700-2D、CTJ700-3D (电动、普通或防爆) 和CTJ700-3N (内燃铰接底盘) 等型号。

B　全液压掘进钻车

图3-12是水星14(MERCURY14)全液压钻车外貌图，其主要规格见表3-17。

表3-17　巷道掘进全液压钻车主要技术规格

型号		水星14①	CTH10-2F	Boomer NH174	Boomer② NH175	Boomer H127	NTH529	NTH530	CTJ10-2Y	CGJS-2YB
适用巷道断面宽×高(m)		5.4×3.8	4.8×3.5	12.4×8	12.4×7.8	7.4×5.05	4.98×5.4	4.98×6.3	4×4.5	4×3.8
外形尺寸	长(mm)	8800	6400	13460	13000	10020	10000	10000	8750	7820
	宽(mm)	1400	1000	2500	2500	1900	1200～1400	1300～1600	1500	1382
	高(mm)	1760	1570	3035	3050	2250	2100	2100	2100	1500
钻车总重(t)		8.95	7.5	24.2	30	14.2	12	15	8.4	7.5
配用凿岩机		Hydrastar 200		COP 1238		COP 1032			YYG80/70	YYG80A
钻臂数		2	2	2	3	2	1	2	2	22
钻臂型号		BL36F		BUT35		BUT25	BUT30		B25JD	
钻臂动作组合		摆臂+起落+旋转+仰俯+摆角+补偿		摆臂+起落+伸缩+翻转+仰俯+摆角+补偿					转臂+起落+仰俯+补偿	摆臂+起落+仰俯+摆角+补偿
推进器型号及推进方式		CL510E CI508E 液压缸钢绳		BMH612/614/616/618 液压缸钢绳		BMH111/112/114 液压缸钢绳			TG1020/1030 液压缸钢绳	液压缸钢绳
推进力(kN)		4625	4545	12.5		7.9 (1006ar)			12.1	12.6
推进器总长(mm)		4625	4545	5295/5895/6505/7125		4350/4825/5430			3450/4450	
行走方式		胶轮铰接	履带	胶轮铰接底盘		胶轮铰接	履带		胶轮转向	轨轮
行走功率(kW)		柴油机30	液压马达	柴油机116		柴油机55	液压马达		液压马达	液压马达
行走速度(kW/h)		10	3	16		13	2		2.5	4.3
泵站功率(kW)		电机45	防爆电机45	电机2×45	电机3×45	电机2×30	电机30	电机2×30	电机62.5	电机2×30+15
液压系统压力(MPa)		20(凿岩)/16		15～25		15～25			12/8	7～9
合作生产厂家		ELMCO-SECOMA 沈阳有色冶金机械厂	宣化风动机械厂	Atlas Copco 南京工程机械厂					宣化风动机械厂	广东有色冶金机械厂

① 还生产水生141F/D3-E50单臂全液压钻车，配用HYd300液压凿岩机；

② 还生产BoomerNH178三臂钻车，两侧钻臂可以升高，扩大工作断面到12.9×10.26m。

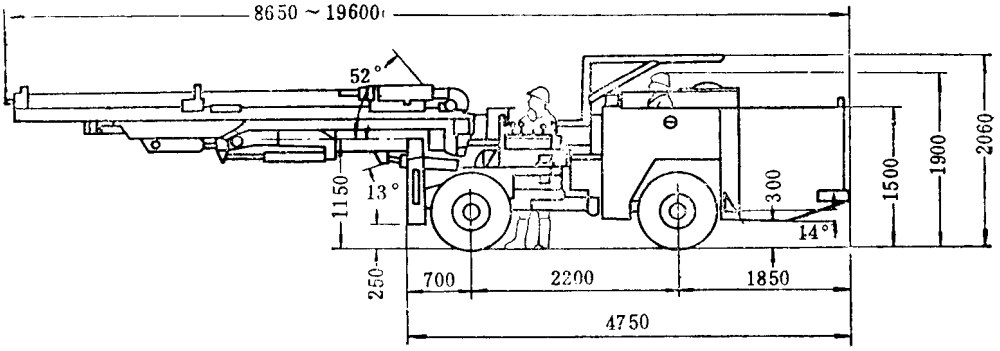


图 3 – 12　水星 141F/D3 – E50 型全液压钻车

四、采场凿岩钻架与钻车

采场用凿岩钻架与钻车分别见图 3 – 13 和图 3 – 14，其型号、规格见表 3 – 18。

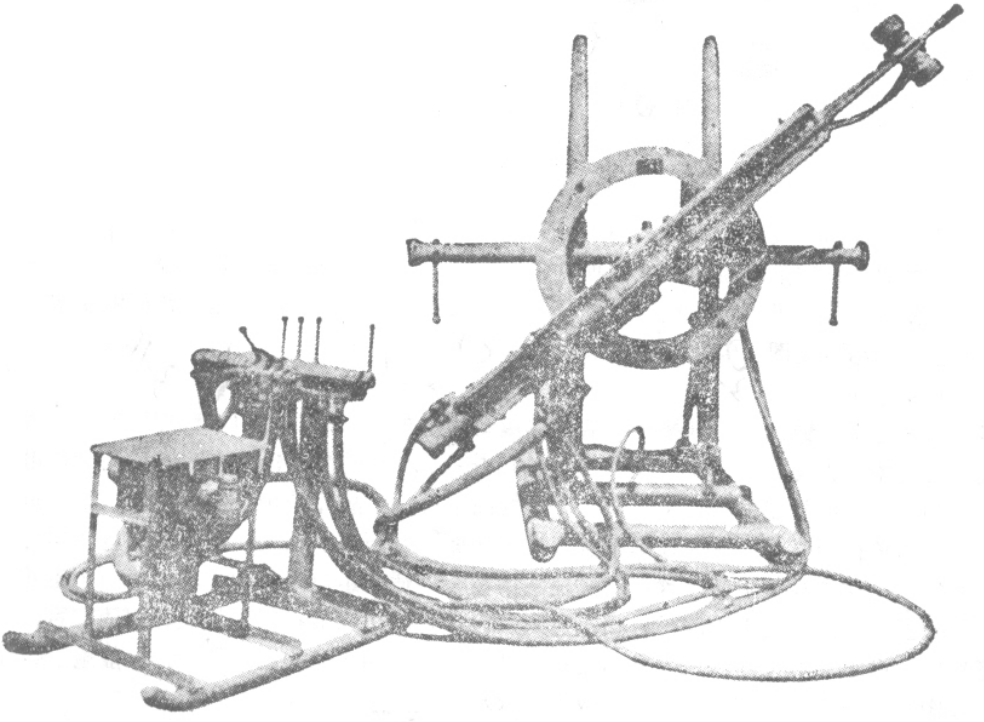


图 3 – 13　采场圆盘钻架

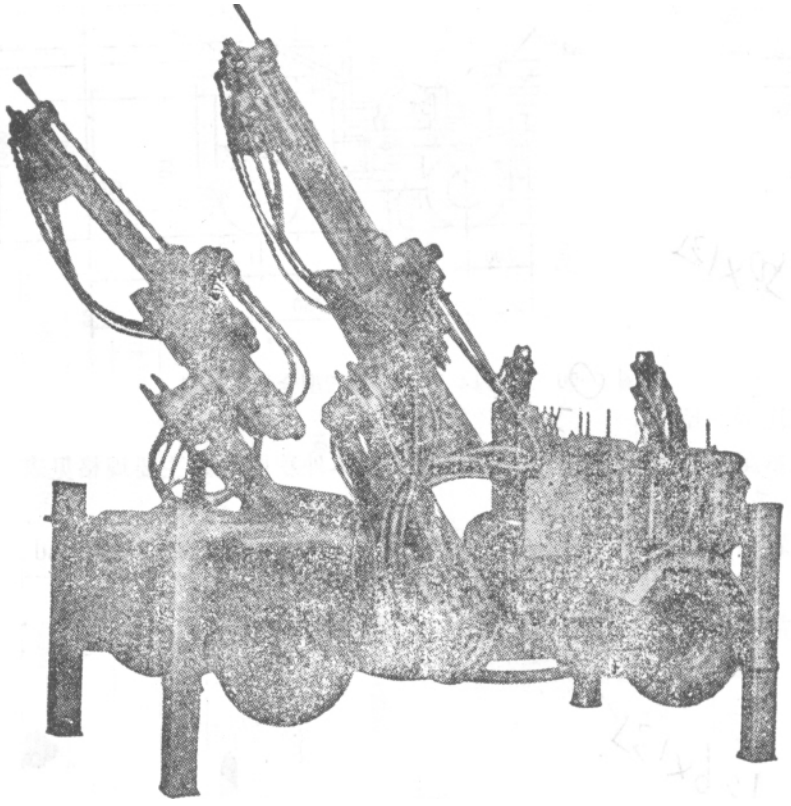


图 3－14　CTC14－2 型采矿钻车

表 3－18　采矿凿岩钻架及钻车规格

型号		TJ25 钻架	FJY27B 钻架	CTC14	CTC14.2	CTC700①	CTC10.2	CTC300A
适用巷道断面(m^2)		2.5×2.5～3×3		2.3×2.8～5×4	3×3～5.5×4	2.8×3～5×4	高 2.8～3.6	高 2.6～3.5
最大高度(m)		3.37	3.5	4	4	4	3.6	3.5
外形尺寸	长(mm)	1725	1725	4330	4700	3970	4600	2545
	宽(mm)	1000	1675	1680	2200	1810	1600	1070
	高(mm)	2340	2057	1660	1800	2180	1600	2105
总重(t)		0.6	0.8	3	5	2.7	2.8	0.4
配用凿岩机数		YGZ－90	YGZ100	YGZ90	2×YGZ90	YCZ90	2×YGZ70A	YGZ50
工作范围		360°环形		平行孔距 17m，起落 5°～95°，摆角 90°	平行孔距 0.38～3.6m 起落 5°～95° 摆角 90°	平移 1.7m，起落 20°～95°，摆角 90°	平行孔距 0.66～3.5m 起落 0°～101°，仰俯 0°～90°	仰俯 0°～33°，摆角 ±25°

型号	TJ25 钻架	FJY27B 钻架	CTC14	CTC14.2	CTC700①	CTC10.2	CTC300A
推进方式	齿轮气马达丝杠	气马达丝杠	气马达丝杠	气马达丝杠	气马达丝杠	气马达丝杠	
推力(kN)	90	120	137	137	137	98	30
接杆长度(m)	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
行走方式	滑撬		胶轮(轮转向)	胶轮	胶轮(轮转向)	三胶轮	二胶轮
行走功率(kW)			2×4.5	4×4.5	2x3.7	10.4	
行走速度(kW/h)			1.5	1.5	1.5	1.7	
泵站功率(kW)			2	2	2	2	
液压系统压力(MPa)			8×10	8~10	S~10	10	
最大耗气量(m^3/min)	13	13.5	12	22	13	19	
进气管内径(mm)	38	38	38	50	50	50	
生产厂家	南京工程机械厂	天水风动工具	南京工程机械厂		昆明风动机械厂		沈阳风动工具厂

①需要更换成 BQB 轻型摆式支臂才能使用 YGZ90 凿岩机

五、竖井凿岩钻架

竖井凿岩常使用伞形钻架或环形钻架,这两类钻架的比较见表 3-19。

表 3-19　伞形钻架和环形钻架的比较

类型	结构	重量(t)	凿岩机型号及台数	孔径(mm)	孔深(m)	操作	维修
伞型钻架	复杂	5~10	YGZ-70,6~9 台	33~35	3~5	人少,省力	较复杂,费事
环形钻架	简单	3.3~5.4	YTP-26,12~24 台	34~36	3~4	人较多,费力	简单,容易

伞形钻架以压缩空气为动力,采用液压支撑及移孔位。工作时伞形架由井口吊运到井底工作面,当立柱调定后,由安在立柱顶盘上的三组支撑液压缸撑紧井臂。根据钻孔要求操纵动臂,使推进器对准孔位。凿岩作业完毕后,收拢钻臂及撑臂,吊运到井口停放钻架处。伞形钻架的结构见图 3-15,其基本参数见表 3-20。

表 3－20　伞形钻架型号及主要技术参数

型号	适用井筒净高直径（m）	收拢后外形尺，寸		一次钻凿炮孔深度（m）	重量（t）	支撑臂支撑范围（m）	垂直炮孔圈径范围（m）	YGZ70凿石机台数	钎尾规格（mm）	工作气压（MPa）	工作水压（MPa）	总进气管内径（mm）	总进水管内径（mm）
		高（m）	外切圆径（m）										
FJD6	5～6	4.5	1.5	3	5	5～6.8	1.34～6.8	6	25×159	0.4～0.7	0.3～0.5	100	38
FJD9A	6～8	7.6	1.75	4.2	10.1	5.2～9.8	2～8.85	9	25x159	0.4～0.7	0.3～0.5	2×100	38

注：制造厂家，济宁矿山机械厂、宣化风动机械厂。

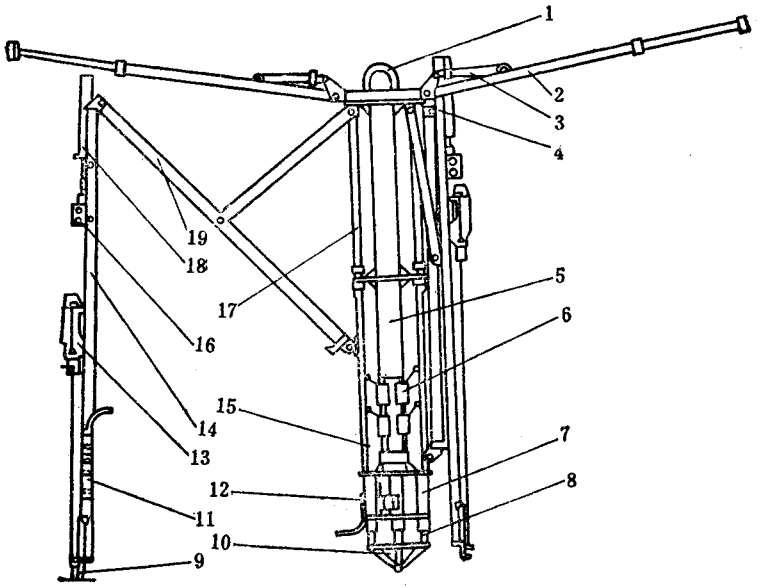


图 3－15　FJD6 型伞型钻架

1—吊环；2—支撑臂（油缸）；3—升降油缸；4—顶盘；5—立柱；6—液压阀；7—调高器；8—调高器油缸；9—活顶尖；10—底座；11—操纵阀组；12—气马达；13—YGZ70 凿岩机；14—滑轨；15—滑道；16—推进气马达；17—动臂（油缸）；18—升隔气缸；19—摇臂

B　环形钻架

环形钻架是将气腿式凿岩机挂在可沿轨道滚动的跑车上，见图 3－16。环形轨道及悬臂轨道的尺寸范围。按每台凿岩机的工作面积为 1.4～1.8m^2 配置凿岩机台数。它可同时使用 12～24 台凿岩机，能钻凿 3～4m 深的炮孔；结构简单可靠，故障较少，操纵方便，易于制造。工作时由单独的气动绞车或稳车下放到离工作面一定距离的高处，用撑紧装置将其固定。凿岩完毕，松开撑紧工作装置，将其提到吊盘下部适当距离处停放。

环形轨道上还可辅设工作平板,作为混凝土浇灌平台用,达到一台设备两用,节省辅助作业时间的目的。

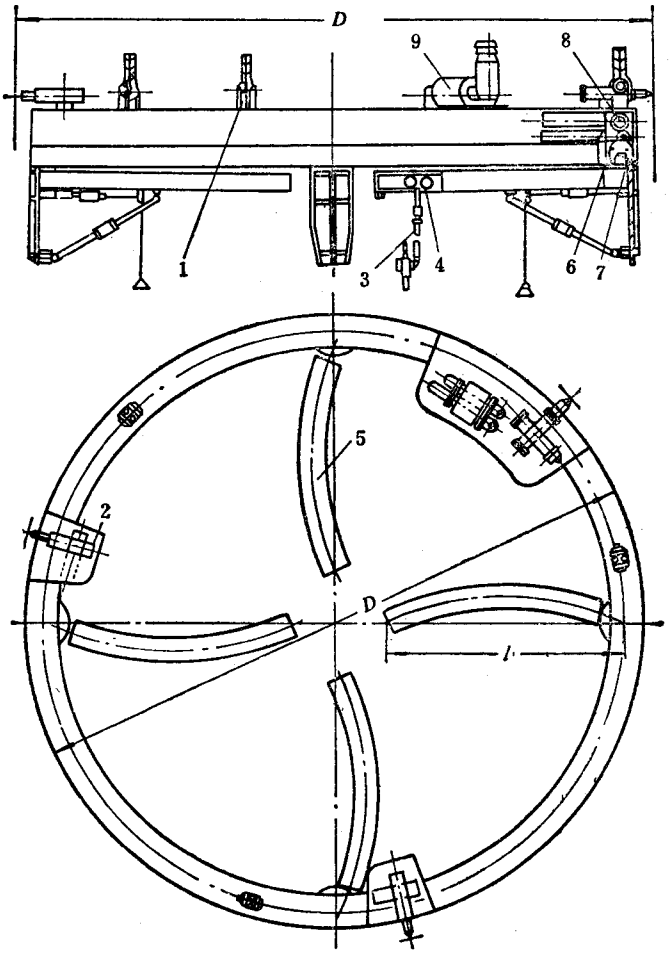


图 3－16　环形钻架
1—悬吊机构;2—撑紧装置;3—凿岩机;4—滑道小车;5—悬臂轨道;
6—环形轨道;7—吹洗管;8—环形分气分水器;9—注油器

环形钻架由于外形尺寸较大,成品运输拆装不方便,加上结构比较简单,一般施工单位均可按图在现场制作。其主要技术参数见表 3－21。

表 3－21　FJH 型环形钻架主要技术参敷

型　　号	FJH5	FJH5.5	FJH6	FJH6.5	FJH7
适用井筒净直径(m)	5	5.5	6	6.5	7
环形轨道外径(mm)	4600	5100	5600	6100	6600
悬臂轨道数(个)	4	4	5	6	6

型　　号	FJH5	FJH5.5	FJH6	FJH6.5	FJH7
悬臂长度(mm)	1350	1600	1850	2100	2350
使用凿岩机台数(台)	12	12～16	16～20	20～24	20～24
重量(t)	3.3	3.6～3.8	4.3～4.5	5～5.2	5.2～5.4

注:FJH 型环形钻架的轨道宽度 130mm;凿岩机型号 YTP26G;钻孔直径 34～46mm,钻孔深度 3～4mm;悬吊方式是用三台 2t 气动绞车悬吊在吊盘上,或用三台 5t 稳车悬吊在地表,悬吊钢丝绳直径 15.5mm。

第五节　地下用潜孔、牙轮和金刚石钻机

尽管导轨式凿岩机的功率大,初始凿岩速度高,由于钎杆和联接套对冲击的衰减作用随孔深而增加,在通常的情况下,当钻孔达到 10m 深度时,导轨式凿岩机的接杆凿岩速度不到起始速度的 50%。对于 100mm 以上的大直径深孔,以使用地下潜孔钻机比较经济合理。对于中等以下坚固性的矿岩,采用牙轮钻进,最为经济。但对于硬岩,由于小直径牙轮钻头(小于 170mm)受结构及加工工艺的限制,使用寿命较短,凿岩成本不会低于潜孔钻进。金刚石钻机是探矿的专用设备,由于海米钻进费用比潜孔高出 2～3 倍,钻进效率也低,故仅用于岩心钻探。

一、地下潜孔钻机

A　地下用潜孔钻机的结构特点与型号

因受作业空间及井下运输条件的限制,地下潜孔钻机必须结构紧凑、尺寸窄小,拆装方便,工作可靠。受这些条件约束,钻机一般没有司机室及装卸钻杆的机械手,目前仍以措孔凿岩钻架应用最广。近些年我国矿山已在使用自行式潜孔钻机。潜孔钻架及钻机型号规格见表 3－22。

表 3－22　潜孔钻架与钻机规格

型号	外型尺寸长×宽×高(mm)	机重(t)	适用巷道宽×高(m)	钻孔方向	回转马达功率(kW)	转速(r/min)	推进行程(m)	推力(kN)	行走方式	行走功率(kW)	总耗气量(m^3/min)
QZJ－100A(YQ－100A)	850×550×330	0.6	2.5×3	水平及向下	电机 3	89	1.1	6			6
QZJ－100B(YQ－100B)	2380×400×470	0.55	2.5×3	任意	气马达 3.4	90	1.1	6			12

型号	外型尺寸长×宽×高(mm)	机重(t)	适用巷道宽×高(m)	钻孔方向	回转马达功率(kW)	转速(r/min)	推进行程(m)	推力(kN)	行走方式	行走功率(kW)	总耗气量(m^3/min)
CTCQ500	3970×181×2180	2.63	2.8×3	上向扇形或平行	气马达3.4	90	1.1	6	胶轮	2×3.7	14

B　高气压潜孔凿岩钻机及增压机

提高气压是提高潜孔冲击器凿岩效率的有效措施;根据公式(3-1)、(3-3)和(3-5)可得出:

$$W = K_W \frac{P^{3/2} A_1^{3/2} S^{1/2}}{m_1^{3/2}} \qquad (3-7)$$

式中　W——冲击功率,W;

K_w——系数 0.12~0.15;

P——工作气压,Pa;

A_1——活塞冲程受压面积,m^z;

S——活塞行程,m;

m——活塞质量,kg。

由式(3-7)可知,冲击功率与工作气压的3/2次方成正比例,与活塞受压面积的3/2次方成正比例,与行程的1/2次方成正比例。但是靠后两个因素提高凿岩功率,将导致增加凿岩机的尺寸和重量。因此最有效的方法是提高工作气压。当工作气压提高到原来的2、3和4倍时,冲击功率将提高到2.8、5.2和8倍。而凿岩速度,一般地说是和冲击功率成正比例的。

此外,在高气压工作下,每凿一米孔的钎具消耗减小,并适宜于采用结构简单、效率较高的无阀冲击器,节省压缩空气的消耗,即每米钻孔能耗可以降低。

地下提高气压的有效途径,是将管路输送的0.5~0.6MPa的压气,在钻机附近经过增压压缩机升压,使工作气压达到1.5MPa左右,压缩机的规格见表3-23。如果直接采用高压压缩机,输出高的气压也是可以的,但因井下空气比较污浊,湿度大,直接采用高压压缩机的方式并不多见。

按目前国内的钻机及钎具结构、材质以及加工工艺情况,工作气压超过1.5MPa,经济技术指标变坏,也是不可取的。

目前国内已经研制出两种高气压潜孔钻机,其技术规格见表3-24,外形见图3-17。

表 3-23　增压空气压缩机主要规格

型　　号	VY22/5-15	VY5.5 5-18	LG16-20/5-15	LGY23/20
排气量 (m^3/min)	12.4	17～40	20	23
进气压力 (MPa)	0.5	0.3～0.6	0.5	0.1
排气压力 (MPa)	1.5	1.6～1.8	1.5	2.0
电机功率 (kW)	45	90	90	250
电机转速 (r/min)	1450	1000	1480	1479
结 构 形 式	V型双缸单作用	V型双作用	单级螺杆	两级螺杆
移 动 方 式	轨轮	滑撬	滑撬	胶轮
润滑油耗量 (mL/n)	80	20	200	50
外形尺寸 长×宽×高 (m)	2.7×1.22×1.32	2.96×1.55×1.34	3.7×1.4×1.73	5.0×2.3×2.9
总 重 (t)	2.1	2.5	3.7	7.0
生 产 厂 家	柳州空压机厂	常德通用机械厂	无锡空压机厂	江西气压机厂

表 3-24　高气压潜孔钻机技术规格

型　　号	外形尺寸			总重	钻孔直径	钻孔深度	冲击器型号	冲击器工作气压
	长 (m)	宽 (m)	高 (m)	(t)	(mm)	(m)		(MPa)
DQ150J	3.5	1.42	2.0	4.2	105/216	下向100	JC150　JG150	1～1.5
DQG-150	3.71	1.42	2.17	5.76	165	下向100	QCWZ165	1～1.5

型　　号	回转头		推进器		底盘			泵站	
	扭矩 (N·m)	转速 (r/min)	提升力 (kN)	行程 (m)	行走方式	行走功率 (kW)	行走速度 (km/h)	工作压力 (MPa)	功率 (kW)
DQ150J	2000	0～33	34	1.7	履带	气马达 2×3.4	2	10	气马达 2
DQG-150	3500	0～25	81	1.9	履带	油马达 2×5	0.9	14	电机 1

注：1. DQ150J钻机由加兴冶金机械厂生产；
2. DQG-150钻机为宣化风动机械厂生产。

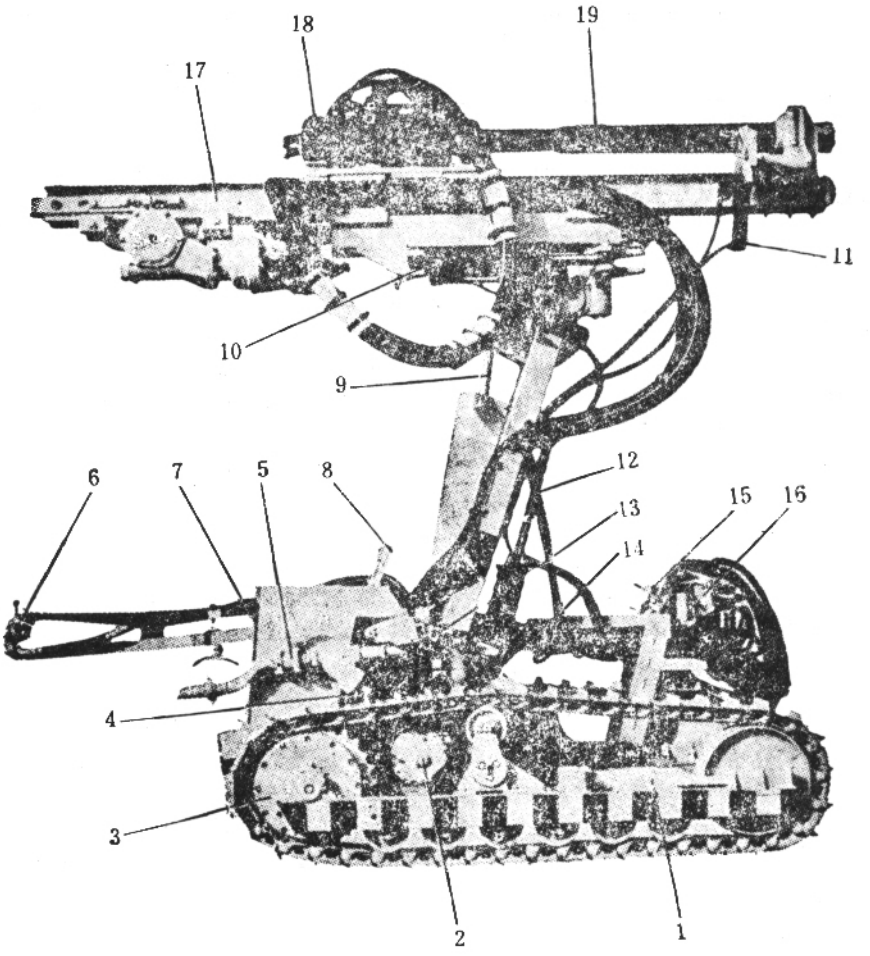


图 3－17　履带式高气压潜孔钻

1—履带张紧油缸；2—行走马达；3—履带驱动轮；4—履带平衡缸；5—总气阀；6—行走操纵阀；7—平衡缸截止阀；8—手动刹车杆；9—俯仰缸；10—摆角缸；11—缸杆油缸；12—起落缸；13—外接气管接头；14—润滑油箱；15—多路阀；16—链式推进器；17—回转头；18—潜孔冲击器；19—钻杆

增压空气压缩机技术规格见表 3－23。

C　潜孔凿岩的排碴与捕尘

排碴与捕尘方法不仅影响凿岩速度，也影响环境保护。

a　气水混合排碴捕尘

气水混合排碴捕尘是目前应用最普遍的方法，要达到较为理想的效果，关键是控制给水量。检查排碴情况以用手抓紧岩粉成因，松手后即散开时的水量为适宜，一般在 4～11L/min 以内，个别情况也可达 25L/min，主要与岩石性质及地质条件有关。水量过多将会恶化冲击器的润滑条件并降低凿岩速度，水量不足将影响捕尘效果。为减少水雾和残

余粉尘对操作者的危害,作业面上要保证通风。风速不低于 0.2m/s。

b　干式凿岩和吸尘捕尘

干式凿岩和吸尘捕尘改善了进气量及润滑,比气水混合捕尘时提高凿岩速度 10～15%;由于消除了水对钻具的浸蚀,也延长了钻具的使用寿命。地下用的干式吸尘器常分粗滤器和袋式捕尘器两级,前者为一箱形容器或旋风分离器,利用扩散减速或离心作用将 90～95%的较粗颗粒岩碴分离掉,余下的少量细微粉碴再通过袋式捕尘器捕集,布袋面积 12～25m^2。捕尘装置所需要的负压由压缩空气通过引射器产生,也可用电动抽风机产生。由于粗滤器捕集的大量岩粉,主要靠人工消除。加上布袋受潮容易堵塞,捕尘装置体积较大,移位不方便,目前尚未推广。

C　泡沫捕尘

为提高气水混合捕尘的粉尘捕获率,可在水中加入万分之几的起泡剂或湿润剂。以降低水的表面张力,提高水对细粒粉尘的湿润作用。如江西有色冶金研究所研制的 CHJ－1 型湿润剂,加入量为 1/20000,能使水的表面张力从 72dyn/cm^2 降到 35dyn/cm^2,捕尘效果提高 40～60%。

D　钻孔偏斜的控制

地下大直径深孔凿岩对钻孔偏斜要求甚严,一般不允许超过 1%。因此除钻机本身要求工作稳定、定位可靠,还要采取下列措施。

(1)钻机要在乎整坚实的底板上作业,凿岩作业的底板浮渣和松石必须清除干净。

(2)钻架定位要准确,测斜仪精度要高,测角误差在 0.1°。目前比较实用的一种测斜仪是利用光栅产生摩尔条纹的变化来判别角度。在透明的定盘与动盘上各有数十条平行黑线,动盘靠铅锤定向,定盘与钻架滑轨靠磁性平尺保持一致。当滑轨面与铅锤方向重合,动定盘线条互相平行。如方向稍不一致,由于线条不平行就会出现箭头状条纹,箭头数量多则偏角大(见图 3－18),从钻架滑轨互相垂直的两个平面进行测斜,便可达到准确定位的目的。

(3)在钻杆上加装三翼形稳杆器,对防止钻孔偏斜有显著的效果。根据凡口铅锌矿试验对比,凡装了稳杆器,70%以上的钻孔偏斜 < 1%,而未装稳杆器的,钻孔偏斜 < 1%的仅有 14%。

(4)要根据岩层变化情况合理调节钻杆推力和转速。推力过大不仅会引起钻头飘移造成偏斜,也会加剧钻头的磨损。向下钻孔,随孔深增加,所施加的推力要将钻杆重量包括在内。

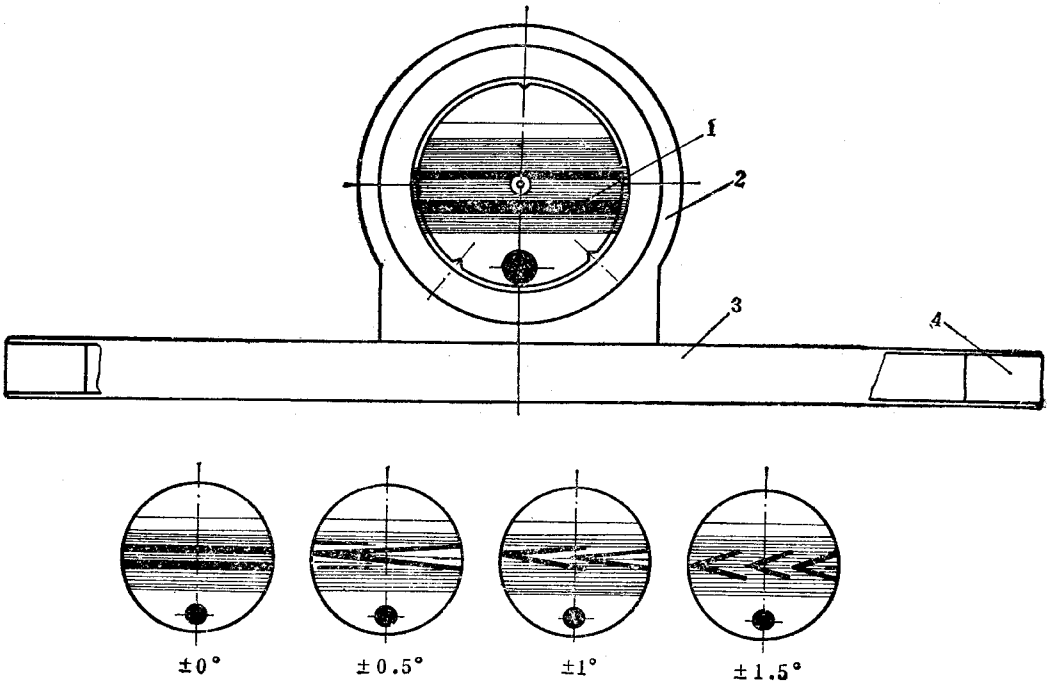


图 3－18　测斜仪的图象与角度偏差关系
1—角差显示盘;2—外壳;3—铝轨;4—磁铁

(5)根据孔径的大小选用钻杆直径。钻杆外径过小,不仅容易产生孔的偏斜,还会因排碴的环形面积增大,使排气流速降低,而影响排碴效果。常用钻杆外径与钻孔直径的匹配见表 3－25。使排碴风速超过 15～25m/s。

表 3－25　常用钻杆外径与钻孔直径的匹配

钻杆外径(mm)	孔径(mm)					
	90～105	105～127	127～152	152～203	203～225	
76	▨					
89		▨				
114			▨			
127(133)				▨		
140(133)					▨	

二、地下牙轮钻机

地下应用白行式牙轮钻机远没有高气压潜孔钻机那样普遍，原因有如下几点：

（1）井下牙轮钻机要求轴压大，设备比较笨重，运搬及定位费事，时间利用率较低，没有潜孔钻机轻便灵活；

（2）由于受轴承等零件结构尺寸的限制，小于 200mm 直径的牙轮钻头寿命低，钻头费用太大；

（3）直径 200mm 以上深孔爆破安全问题还没有完全解决。

地下牙轮钻进与潜孔凿岩比较具有以下优点：

（1）更适于钻凿磨蚀性大的矿岩；

（2）可直接采用电力驱动，无能量转换的损失，节省能耗，噪声也低得多；

（3）便于实现自动控制，可根据岩性自动调节转速和轴压，达到最优钻进效果；

（4）可钻凿直径更大的孔，钻孔直径越大也就越能显示牙轮钻进的优越性，便于在也下工程中实现一机多用。

国产地下牙轮钻机有 KY120 和 KY170 型两种，其技术规格见表 3－26，目前因小直径牙轮钻头寿命较低，暂只用于钻凿中等坚固性以下的岩石。

表 3－26　地下牙轮钻机技术规格

型　　号	KY120	KY170
外形尺寸：长×宽×高（m）		
主　机	1.2×0.9×1.7	3.0×1.4x1.75
泵　站	1.8x1×1.3	
钻杆机	1.4×1×1.2	1.4×1×1.2
总重（主机＋泵站＋钻杆车）（t）	2.2＋2.1＋2＝6.3	7＋2＝9
工作高度（m）	3	3.2
液压回转头扭矩（N·m）	3000	3000
转速（r/min）	0～100	0～100
推力（kN）	0～90	0～130
牙轮钻头直径（mm）	118/170	118/170
扩孔直径（mm）	300	300
钻杆尺寸（直径 mm×长 mm）	ϕ91×1000	ϕ91/ϕ120×1000
钻孔深度（m）	60	60
泵站电机功率（kW）	35.5	39
最大工作压力（MPa）	25	25

型　　号	KY120	KY170
油箱容积(L)	300	400
行走方式	轨轮	履带(胶轮)
行走速度(km/h)		2
制造厂家	湖南津市机床厂	

三、 金刚石钻机

地下金刚石钻机主要用于地下探矿,用来代替坑探,可取得很大经济效益。

地下金刚石钻进宜采用有较高转速的和有较大转速与推力调节范围的液压钻机。要求钻机配有较准确的孔底压力表扭矩表、转速表等,并配有液压拧管机和泥浆泵等。钻机应工作稳定,振动小,体小轻便,易于拆装运搬。目前常用的液压立轴式及液压转盘式钻机。均不能自行。其主要技术规格见 3－27。

表 3－27　地下金刚石钻机规格

型号	YL－3	YL－6	钻石－300	钻石－100A	ZSK50
钻进能力(钻杆外径 mm/深度 m)	56.5/300 42/400	71/450 43/940	43/150～300	33/100	33/50
钻孔倾角(°)	0～360	90～20	0～360	0～360	0～360
外形尺寸:长(mm) 宽(mm) 高(mm)	2000 960 1650	2600 1100 1860			
机　　重(t)	1.0	1.5	0.91	0.330	0.150
钻机结构形式	立轴液压式	立轴液压式	全液压无塔提升	立轴液压式	立轴液压式
回转器转速(r/min)	正转:1205～46.5,共八挡;反转 154、38	正转 1240～35,共二十挡;反转 150～30 四挡	0～1500	正 0～1560; 反 0～129	1460
回转器通孔直径(mm)	76、92	92	61	42	33
给进行程(mm)	600	610	850		
给进力(kN)	向下 30 向上 61	向下 75 向上 100		8.0	8.0
最大提升力(kN)	85.6	140	26.0	2	2
卡盘夹紧力(kN)	93.1				
钻机动力(kW)	15(电)18(油)	30(电)30(油)	22(电)	10(电)	5.5(电)
油泵型号	2CB－F32/10C	BY2040/2010	QXBS－E50		

型号	YL－3	YL－6	钻石－300	钻石－100A	ZSK50
油泵工作压力（MPa）	10(14)	10(16)	20	8.0	8.0
升降机： 卷筒直径×长度（mm） 钢绳直径(mm) 提升速空(m/s) 提升力(kN)	 200×600 12.5 2.46～0.38 四挡 4.9～31.6	 280×185 15.5 5～0.45 五挡 7.0～54.4		 0.3 8.0	 0.16 2.0
制造厂家	中南冶金机械厂			赤峰钻机厂	

第四章　钻　　具

第一节　牙轮钻具

一、工作原理

牙轮钻头钻凿炮孔时，是在钻头轴向施加一定推力——钻压，同时作回转运动的。在钻头转动时各牙轮又绕本身轴滚动，滚动的方向与钻头转动方向相反。牙轮在滚动过程中，对岩石的作用包括由于钻压产生的碾压作用和牙轮对岩石产生的冲凿作用。然而，钻头在孔底工作时并非纯滚动。由于牙轮的超顶，退轴（三个牙轮的锥顶与钻头中心不重合）、移轴（三个牙轮的轴线不交于钻头中心线）和牙轮体的复锥形状，使牙轮在孔底工作时还产生一定的滑动，对岩石产生切削作用。因此，三牙轮钻头破碎岩石实际上是碾压和冲击、切削的复合作用。

牙轮上的牙齿在钻压和扭矩作用下侵入岩石、并在岩石面上留下一定深度的破碎坑痕。牙齿的形状、齿距、齿的突出高度对岩石破碎效果有很大的影响。根据不同的岩石物理力学性质，上述的牙轮齿参数不同。因此，产生了各种不同结构形式的牙轮钻头，构成了牙轮钻头的系列。

二、牙轮钻头结构

牙轮钻头按牙轮的数目分，有单牙轮、双牙轮、三牙轮及多牙轮钻头。单牙轮及双牙轮钻头多用于炮孔直径 150mm 以下的软岩石钻进。多牙轮钻头用于炮孔直径 300mm 以上岩心钻进。使用最多的是三牙轮钻头。三牙轮钻头又可分为压缩空气排碴风冷式

及储油密封式两种。

压气排碴风冷式牙轮钻头(简称压气式钻头)是用压缩空气排除岩碴的。此种钻头使用于露天矿的钻孔作业。通常钻凿炮孔直径为 150～445mm,孔深在 20m 以下。压气式钻头的结构见图 4－1。

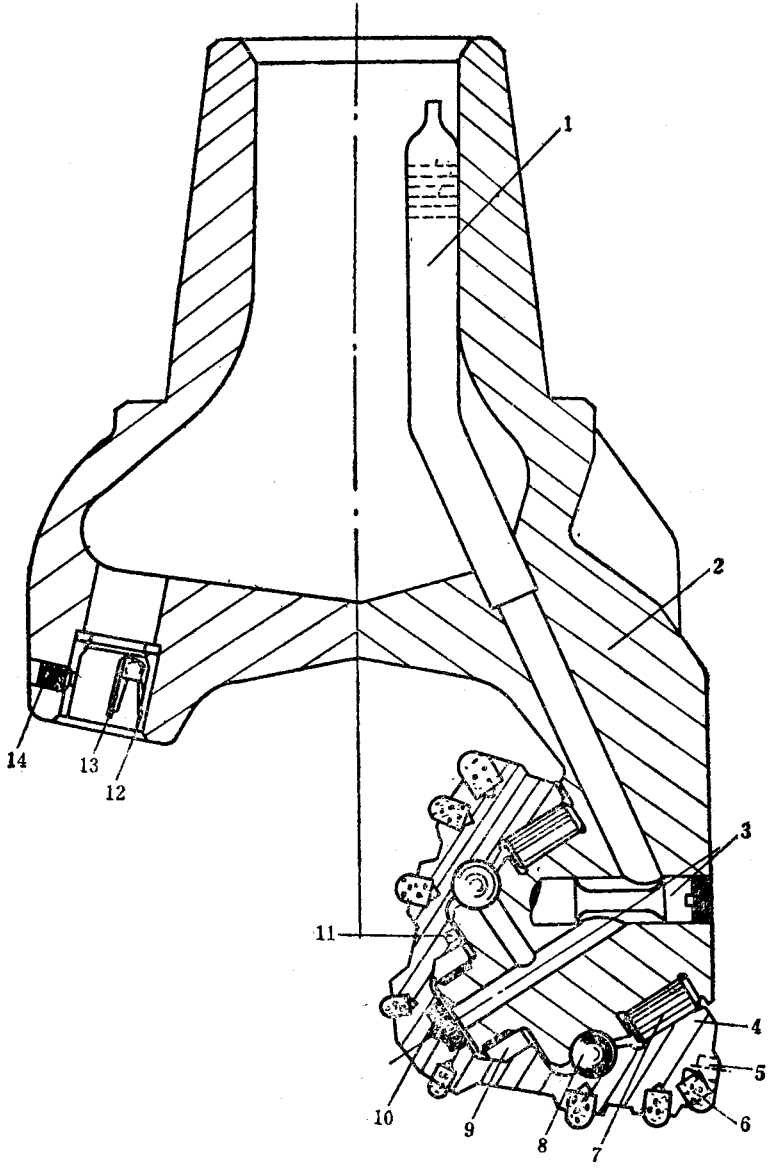


图 4－1　压气式牙轮钻头

1—挡碴管;2—牙爪;3—塞销;4—牙轮;5—平头硬质合金柱齿;6—硬质合金柱齿;7—滚柱一;8—钢球;9—衬套;10—止推块;11—减磨柱;12—喷嘴;13—逆止阀;14—定固螺钉

压气式钻头由三片牙爪 2 及在其轴颈上通过轴承(滚柱 7,钢球 8、滑动衬套 9)装配三个互相配合的牙轮 4 所组成。牙爪尾部螺纹体与钻杆相连接。牙轮上镶嵌硬质合金柱齿,起着直接破碎岩石的作用。牙齿借助滚柱,钢球和衬套绕爪轴自转,钻机的钻压通过轴承传递给牙齿并作用于岩石。径向负荷主要由轴颈滚柱轴承和衬套承受。滚珠轴承用以支持牙轮,在某些情况下用以承受轴承径向和轴向负荷。钢球由塞销孔装入,并由塞销 3 支持,牙轮衬套两端设有止推面,牙轮内端嵌有止推块 10,平面止推轴承嵌有减磨柱 11 用以减少平面止推轴承的磨损。

为了减轻牙爪爪尖的磨损。牙爪尖部镶嵌有平顶硬质合金柱或堆焊碳化钨耐磨合金。

钻头内腔有气流分配系统。压气通过钻杆输入牙轮钻头体内腔,其中大部分压气由牙爪侧边三个可更换的喷嘴 12 吹至炮孔底,将岩碴由孔壁与钻杆之间的环形空间排至孔外。喷嘴 12 用紧固螺钉 14 固定在钻头体上。当压气突然中断供应时,为防止孔底岩碴或水浸入轴承,在喷咀处设有逆止阀。另一部分压气通过挡碴管 1、冷却气道进入轴承各部冷却轴承。

储油密封式牙轮钻头是用清水或泥浆排除炮孔内岩碴的。此种钻头使用于石油钻孔、地质勘探钻孔及地下矿山钻孔或配套用于地下天井牙轮钻机,见图 4 – 2。

储油密封钻头与压气式钻头的主要不同之处是:为防止岩碴、泥屑进入钻头轴承内腔。在轴承端部设有径向密封装置 11。为储存并向轴承腔补充润滑脂。在牙爪上端设有储油囊 5。润滑脂经由长油孔 7 进入轴承内腔(见图 4 – 2)。牙轮钻头钻进时,钻孔内的水或泥浆压力经由压盖上的传压孔 3 作用于储油囊上。油囊中的润滑脂不断流入轴承内腔。钻头轴承长时间工作后,其内腔压力增大。为防止因内压过大而破坏密封圈和油襄。在钻头上设有泄压阀 4。洗井液通过喷嘴 2 形成高速射流。冲刷孔底,排出岩屑。

储油闭封轴承有滚动及滑动轴承两种形式。两者不同之处是:密封滑动轴承的大轴承部位用滑动轴承代替了滚柱轴承。增大了轴承工作面,承压面积大,接触疲劳应用小,轴承寿命长。

三、牙轮钻头系列及其适用岩石

压气式牙轮钻头可分为钢齿及镶齿(硬质合金齿)两种。

钢齿牙轮钻头主要用楔形齿。根据岩石硬软不同,楔形齿的高度、齿数、齿圈距等都不同。岩石越硬,楔形齿的高度越低,—齿数越多,齿圈越密。反之则反。牙轮外排齿采用“T”形齿或“Π”形齿。

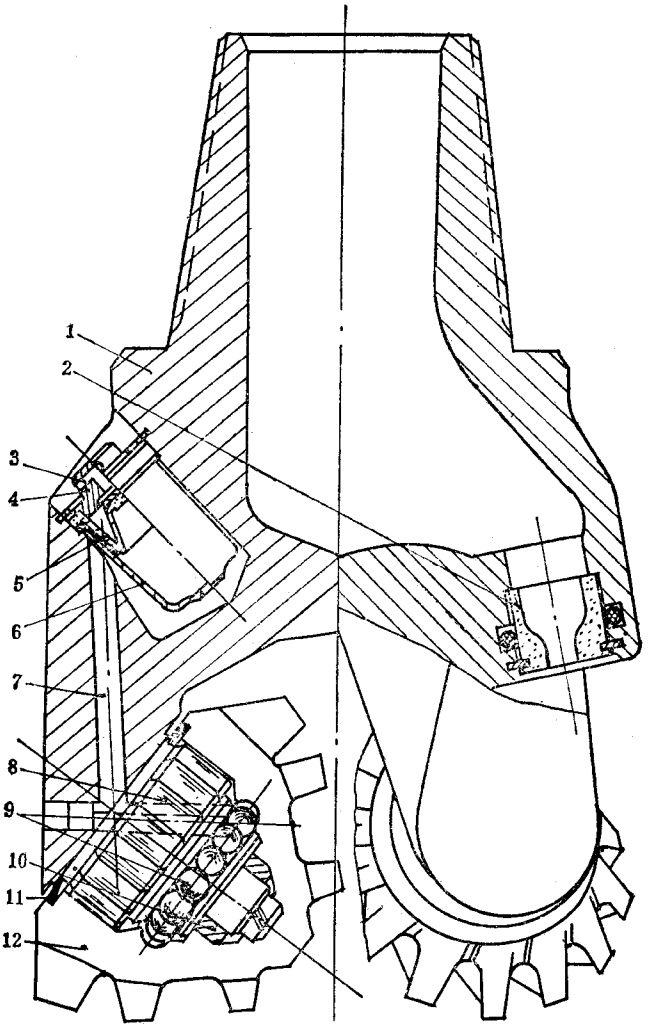


图 4－2　储油密封式牙轮钻头

1—牙爪；2—喷嘴；3—传压孔；4—泄压阀；5—储油囊；6—固定油囊筒；7—长油孔；8—滚柱；9—钢球；10—衬套；11—径向密封装置；12—牙轮

镶齿钻头的齿形有球形齿、楔形齿和锥球齿等，如图 4－3。在软岩中使用楔形齿，在中硬岩中使用锥形齿及锥球齿。在硬岩中使用球形齿。随岩石硬度的增加。硬质合金齿的高度减少，齿数增多，齿圈数增多。反之则反。

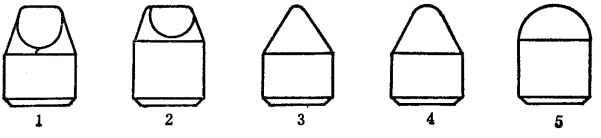


图 4－3　硬质合金齿形

1、2—楔形齿；3—锥形齿；4—锥球齿；5—球齿

根据岩石种类及物理力学性质不同，研制出各种结构的牙轮钻头及牙齿形状。压气式牙轮钻头及储油密封式牙轮钻头的规格及系列列于表 4－1 至表 4－5。国外生产的牙轮钻头见表 4－6。

表 4－1　压气式牙轮钻头规格[①]

钻头直径D			连接螺纹					钻头全高
			称呼螺纹规格[①]	钻头脊部倒角直径[②]		螺纹高度		
(mm)	(≈in)	公差 (mm)	(in)	(mm)	(≈in)	(mm)	(≈in)	(mm)
105	$4\frac{1}{8}$	+1.50	$2\frac{3}{8}$	77.4	$3\frac{3}{64}$	76	3	180
120	$4\frac{3}{4}$		$2\frac{7}{8}$	91.7	$3\frac{39}{64}$	89	$3\frac{1}{2}$	200
150	$5\frac{7}{8}$		$3\frac{1}{2}$	104.4	$4\frac{7}{64}$	95	$3\frac{3}{4}$	250
158	$6\frac{1}{4}$	+2.50	$3\frac{1}{2}$	104.4	$4\frac{7}{64}$	95	$3\frac{3}{4}$	260
165	$6\frac{1}{2}$							270
170	$6\frac{3}{4}$							280
187	$7\frac{3}{8}$							290
200	$7\frac{7}{8}$		$4\frac{1}{2}$	135.3	$5\frac{21}{64}$	108	$4\frac{1}{4}$	315
215	$8\frac{1}{2}$							335
225	$8\frac{3}{4}$							325
255	$9\frac{7}{8}$		$6\frac{5}{8}$	186.9	$7\frac{23}{64}$	127	5	360
270	$10\frac{5}{8}$							385
280	11							395
315	$12\frac{1}{4}$	+4.0	$6\frac{5}{8}$	186.9	$7\frac{23}{64}$	127	5	400
350	$13\frac{3}{4}$							440
380	15							500

钻头直径D			连接螺纹					钻头全高
			称呼螺纹规格①	钻头脊部倒角直径②		螺纹高度		
(mm)	(≈in)	公差 (mm)	(in)	(mm)	(≈in)	(mm)	(≈in)	(mm)
445	$17\frac{1}{2}$	+4.0	$7\frac{5}{8}$	215.1	$8\frac{15}{32}$	133	$5\frac{1}{4}$	580
508	20			242.5	$9\frac{35}{64}$			630

① 连接螺纹用美国石油工业（API）标准的正规螺纹；
② 钻头脊部倒角直径公差为±0.4mm（1/64in）；
③ 武汉冶金设备制造公司生产这种压气式钻头。

表 4-2　储油密封式牙轮钻头规格

钻头代号	钻头直径与直径公差①		连接螺纹	
	cm	mm	螺纹尺寸	螺纹代号
4A	$6.67\left(3\frac{7}{8}\right)$	97+1.0	$2\frac{3}{8}$	231A
5	$6.35\left(4\frac{5}{8}\right)$	118+1.0	$2\frac{3}{8}$	231
6	$7.94\left(5\frac{5}{8}\right)$	142+1.0	$3\frac{1}{2}$	331
6A	$11.11\left(5\frac{7}{8}\right)$	149+1.0	$3\frac{1}{2}$	331
6B	15.24 (6)	152+1.0	$3\frac{1}{2}$	331
7A	$5.72\left(6\frac{3}{8}\right)$	161+1.5	$3\frac{1}{2}$	331
7B	$7.62\left(6\frac{1}{2}\right)$	165+1.5	$3\frac{1}{2}$	331
8	$8.89\left(7\frac{1}{2}\right)$	190+1.5	$4\frac{1}{2}$	421
9	$10.16\left(8\frac{1}{2}\right)$	215+1.5	$4\frac{1}{2}$	421
10	$14.29\left(9\frac{5}{8}\right)$	244+1.5	$4\frac{1}{2}$	421
11	$15.88\left(10\frac{5}{8}\right)$	269+1.5	$5\frac{9}{16}$	521
12	$17.46\left(11\frac{5}{8}\right)$	295+1.5	$6\frac{5}{8}$	621
13	$7.62\left(12\frac{1}{4}\right)$	311+2.0	$6\frac{5}{8}$	621或620
14	$20.64\left(13\frac{5}{8}\right)$	346+2.0	$6\frac{5}{8}$	621或620
18	$21.59\left(17\frac{1}{2}\right)$	445+2.0	$6\frac{5}{8}$	621或620

① 钻头直径与直径公差一栏括号内的数学单位为英寸。
注：储油密封式牙轮钻头主要生产厂家为上海第一石油机械厂。

表 4-3　矿用压气式牙轮钻头系列

类　　别	系　　列	钻头颜色	适　用　矿　岩
钢齿钻头	1	黄	低抗压强度、可钻性好的软岩，如页岩、疏松砂岩、软石灰岩等
	2	绿	较高抗压强度的中硬岩石，如硬页岩、砂岩、石灰岩、白云岩等
	3	兰	半磨蚀性硬岩，如石灰岩、石英砂岩、硬白云岩等
	4		待发展系列
镶硬质合金齿钻头	5	黄	低抗压强度的软至中硬矿岩，如砂岩、石灰岩、白云岩、褐铁矿等
	6	绿	较高抗压强度的中硬矿岩，如硬石页岩、硬白云岩、花岗岩等
	7	兰	磨蚀性硬岩，如花岗岩、玄武岩、磁铁矿赤铁矿等
	8	红	极硬磨蚀性矿岩，如石英花岗岩、致密磁铁矿、铁隧石等

表 4-4　储油密封式牙轮钻头系列

系列代号		JR	R	ZR	Z	ZY	Y
系列代号（旧）			L	M	C	T	TK
钻头体颜色		乳白	黄	淡兰	灰	墨绿	红
适用地层		极软	软	中软	中	中硬	硬
岩石力学性质	史氏硬度 (kN/mm^2)	<1.5	1～2	<2	2～2.5	2.5～3	3～3.5
	塑性质数	3.5	2.5～3.5	1.5～2.5	1.5～2.5	1.0～2.0	0～1.5
适用岩石		泥岩		中软页岩	中硬页岩	硬质页岩	
		石膏		中硬石膏	硬石膏	硬石灰岩	
		盐		中软石灰岩	中硬石灰岩	硬白云岩	
		软页岩		中软砂岩	中硬白云岩	砂岩	
		软石灰岩				石英岩	
		白垩					

表 4-5　牙轮齿形和岩石种类的匹配

齿形	楔形齿	锥球齿	球齿
适用岩石	砂质页岩、砂岩、石灰岩、白云岩	硬砂质页岩、石英砂岩、砂质石灰岩、硬白云岩	花岗岩、磨蚀性石英砂岩，黄铁矿、玄武岩

表 4-6　国外生产的牙轮钻头

类别	系列	适用岩层	美国钻具公司							澳大利亚矿用钻具公司	法国SMF公司	苏联古比雪夫钻头厂	瑞典	
			休斯	里德	德雷赛	史密斯	瓦雷尔	威廉斯	格鲁纳				桑德维克多乐满厂	斯格塔厂
钢齿钻头	1	低抗压强度软岩	S	M11	S 4 M	QS	V3S	K 3	GR5C	M 4	MRS 3			
				M13					GR4					
	2	抗压强度高的中硬岩	M	M23	M 4 M	QM	V 1	K 2	GR2	M 2	MRM 2	C		
				M24			V 2	K 1	GR1			CT		
							VH 2	K 7 T	GR1T					
	3	硬的半磨蚀和磨蚀性岩石	H	M32	H 7 M	QH	VH 1	K 7H	GR1H	H 1 H	MRH 3	T		
			HR	M33		QH7			GR1C			TK		
				M34										
硬质合金齿钻头	4	供将来发展使用系列												
	5	抗压强度低的软岩和中硬岩	HH33	M51	S8M	Q4JL	QMC9		GR44					
				M52			QMC7							
							QM77							
	6	抗压强度高的中硬岩	HH44	M62	M8M		QMC8	B 3	GR55	M 5	MRM6	T 3		
				SM64				B 2		M 6	MEM6	TK3		
				M70		Q5JL								
	7	坚硬半磨蚀性和磨蚀性岩石	HH55	M73				B 1	GR66	M 7	MRH6		CM	MH
			HH77	M74	H8M	Q7JL	QMCS		RG77		MEH6	K	CH	VH
				M80										
	8	极坚硬和强磨蚀性岩石	HH88	M83	H10M3									
			HH99	M84	H10M	Q9JL	QMCH	B 9			MRH9	OK		
					H10M4						MEH9	OKП		

四、钻杆和稳杆器

和牙轮钻头配套的钻杆规格见表 4－7。

表 4－7　钻杆技术规格表

炮孔直径(mm)	钻杆直径(mm)	钻杆壁厚(mm)	钻杆每米重量(kg/m)
118	97	9.5	20.4
118	102	12.7	28.3
150	114	12.7	32.7
150	121	19.7	34.2
170	146	19.1	59.5
190	159	19.1	65.5
215	159	19.1	65.5
215	168	19.1	71.4
225	194	19.1	83.3
250	219	25。4	122.0
310	273	25.4	154.8
350	273	38.1	220.2
380	324	25.4	187.5
380	330	25.4	190.5
380	330	38.1	273.8
380	349	38.1	290.3

稳杆器是牙轮钻进时防止钻杆及钻头摆动、炮孔歪斜,保护钻机工作构件少出故障,和延长钻头寿命的有效工具。国内外穿孔实践表明,牙轮钻进必须配备有稳杆器。

稳杆器有两种型式:幅条式及滚轮式,见图 4－4。

幅条式稳杆器由四根用耐磨材料做成幅条焊在稳杆器上。有时在幅条上镶有硬质合金柱齿。幅条式稳杆器适用于岩石普氏坚固性系数 $f<16$ 的中等磨蚀性的矿岩,不宜用于钻凿倾斜炮孔。

滚轮式稳杆器上装有三个滚轮。滚轮表面镶有硬质合金柱齿。由于滚轮磨擦阻力小。故滚轮式稳杆器使用寿命长。适用于岩石硬度高和磨蚀性强的矿岩。特别适用于斜炮孔钻进。稳杆器的技术规格见表 4－8。

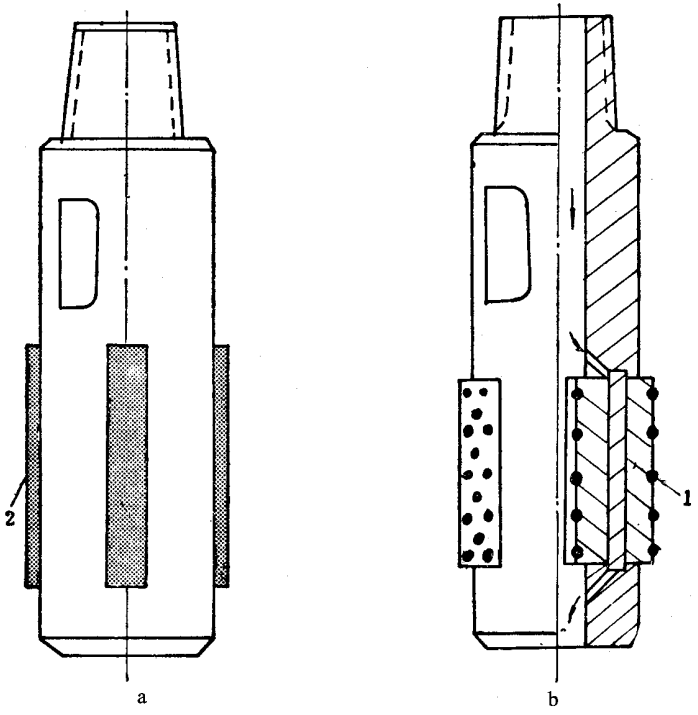


图 4－4　稳杆器
a—幅条式稳杆器;b—滚动式稳杆器

表 4－8　稳杆器技术规格

炮孔直径(mm)、	稳杆器长度(mm)	稳杆器本体直径(mm)	重量(kg)
152	673	150	59
171	673	169	75
200	673	198	100
229	724	226	132
250	780	246	181
270	780	266	209
280	780	276	230
310	780	307	295
350	1040	347	454
380	1040	376	590

五、牙轮钻头喷嘴的选择

钻头的喷嘴用来控制或分配通过轴承的排渣风量。小直径喷嘴之后的气压较高。

促使更多的气量通过轴承。如果直径太小,将导致空压机频繁跳闸。并降低排碴效果;若喷嘴的直径过大,钻头中的空气压力将下降,通过喷嘴的气量将增加,进入轴承的冷却气量降低,这将导致轴承的工作温升很高,降低钻头轴承寿命。经验表明:进入轴承的冷却气量应保证不少于25~30%,钻头中的气压应高于0.014MPa,否则将危及钻头轴承寿命。所以正确的选用喷嘴直径对穿孔作业和钻头使用寿命都是极为重要的。喷嘴直径可按式(4-1)计算:

$$\phi^2 = \frac{Q_b}{n(p+0.47)} \tag{4-1}$$

式中　ϕ——喷嘴直径,mm;

Q_b——进入钻头的气量,m^3/min;

P——空压机的计算压力,MPa;

n——喷嘴数目,个。

经验表明,钻进时钻头中的气压能在司机室仪表上观测到。如果喷嘴后的气压比空压机的计算压力约低0.07MPa,则通过轴承和喷嘴的气量能达到最好的平衡。在这种条件下矿山可根据空压机的计算压力和输出气量(如图4-5,4-6和图4-7)选择合适的喷嘴。

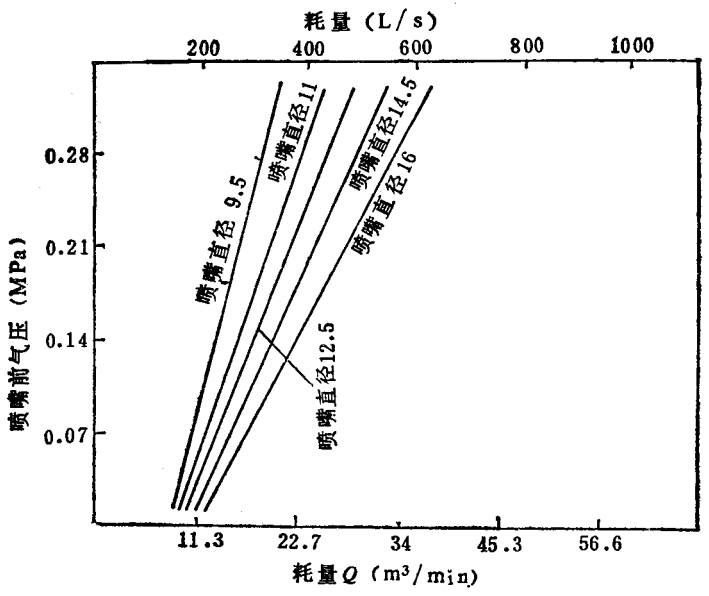


图4-5　直径200mm钻头气压和输出气量与喷嘴直径的关系

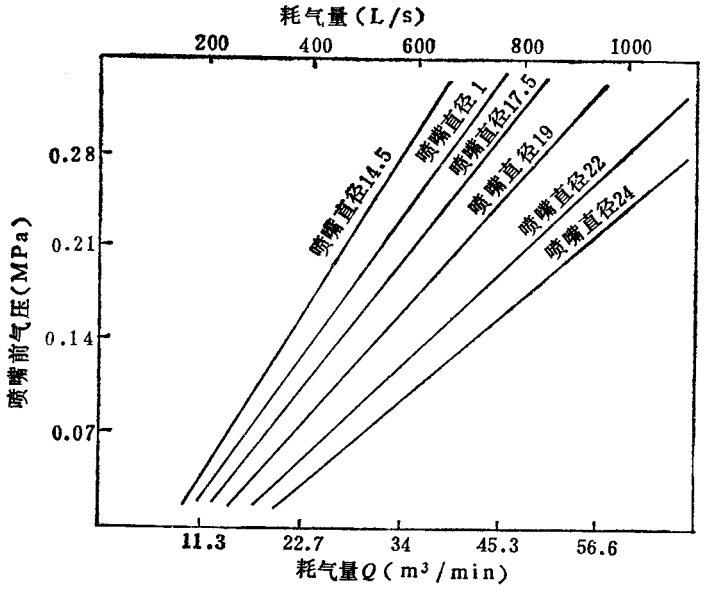


图 4－6　直径 251mm 钻头气压和输出气量与喷嘴直径的关系

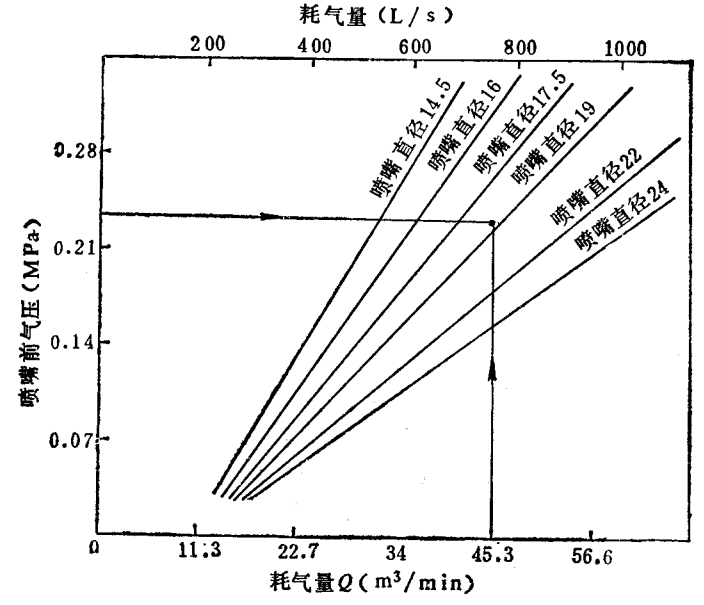


图 4－7　直径 311mm 钻头气压和输出气量与喷嘴直径的关系

选择方法举例如下：设钻头直径为 311mm，空气机的额定气量为 45.3m³/min，钻头中的气压为 0.232MPa。图中风量及风压坐标线的交点就是所要选择的合适喷嘴直径 19mm。

在钻进过程中若利用喷射水来除尘,除尘水量应控制在一定程度。经验表明,每分钟用水量接近 2 ~ 3kg 即能有效地控制粉尘,过多的水量会降低钻头轴承寿命,降低钻速,增加钻孔成本。

第二节　潜孔钻具

潜孔钻具包括冲击器、钻头,钻杆等用于破碎岩石的工具。

一、潜孔冲击器

冲击器直接施冲击于钻头尾部,并将其排出乏气用作排碴。钻头的回转动作是由钻杆带动的,所以一般冲击器并没有回转动作,冲击器的气缸直径受炮孔直径限制。所以提高它的冲击功率是一个重要问题。

A　潜孔冲击器的种类和规格

按配气方式分,冲击器分有阀和无阀配气两类,有阀类又可分为自由阀和控制阀两种。自由阀一般采用板阀和蝶阀,其优点是结构简单,启动灵活;缺点是在阀换时高压气有瞬时短路现象,耗气量较大。这对于低工作气压时问题不大,因为冲击器工作时排出的乏气不能满足排碴需要,一般还要增加 20 ~ 40% 的压气直吹孔底以提高穿孔速度。控制阀是由压气通过气虹壁中专门的孔道来推动阀片促使换向。高压气没有(或少有)短路现。象,耗气量较小,但结构复杂,加工精度高,故很少采用。无阀冲击器结构更加简单,工作更加可靠,耗气量仅为自由阀的 2/3 ~ 1/2,但由于进气时间受限制,气虹内平均压力较低,冲击能较小,最适宜在工作气压 0.7MPa 以上时使用。

潜孔冲击器按乏气排出的途径又可分为:中心排气——乏气经由活塞和钻头中心孔从钻头端部排出;侧排气——乏气从冲击器侧边排出,侧排气冲击器工作时孔底岩碴不易吹扫干净(特别是下向孔),岩石重复破粉,降低钻孔速度。

我国现用冲击器主要有三种型号

(1)C 型。特点是自由阀配气,侧排气。单次冲击功小,冲击频率较高,适用工作气压 0.4 ~ 0.7MPa,它为 60 年代产品,已逐渐被新型冲击器所代替。

(2)J 型和 CZ 型。自由板阀配气,中心排气,见图 4 - 8a。单次冲击功大,冲击频率较低,使用寿命长,特别是第二代产品“B”型具有较高的穿孔速度,适用工作气压 0.4 ~

0.7MPa。

（3）W 型。无阀配气，中心排气，见图 4－8b，单次冲击功较大，具有结构简单、工作可靠等优点。

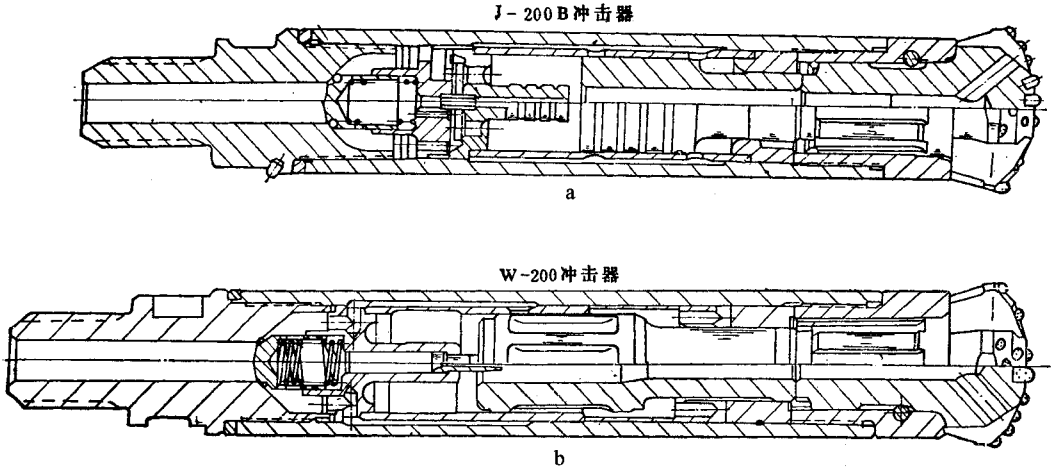


图 4－8　潜孔冲击器
a—J 型冲击器；b—W 型冲击器

我国矿山（工地）使用的主要潜孔冲击器规格和性能列于表 4－9。

表 4－9　国产主要潜孔冲击器型号与规格性能

类　型	板　阀									无阀		
冲击器型号	J－80B	J－100B	J－150B	J－170B	J－200B	QCZ－80	QCZ－150	QCZ－170	CZ－250	W－150	W－170	W－200
钻头直径（mm）	90	110	155	175	210	90	150	170	250	155	175	210
冲击器外径（mm）	76	95	136	156	185	78	136	146	215	142	159	185
活塞直径（mm）	53	68	104	118	130	53	90	100	155	98	110	130
活塞结构行程（mm）	140	140	140	140	120	140	125	125	125	120	130	130
活塞质量（kg）	3.4	5.5	13.8	17.5	20	2.75	8.0	8.8	29.7	12	15	22
单次冲击功（J）	90	“0	330	420	520	9	260	280	700	280	340	400
冲击频率（Hz）	14.2	13.7	13.3	13.3	13.3	15	15	17	10.8	15.0	15	13.3
耗气量（m^3/min）	5.6	9	16	18	22	5	12	15	30	7.5	12	20
适用工作气压（MPa）	0.4～0.7	0.4～0.7	0.4～0.7	0.4～0.7	0.4～0.7	0.4～0.7	0.4～0.7	0.4～0.5	0.4～0.7	0.4～0.7	0.4～0.7	0.4～0.7
计算工作气压（MPa）	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
冲击器长（mm）	770	860	990	1153	1200	812	1035	1200	1417	983	1139	1275
冲击器重（kg）	16.5	35	82	115	160	21	72	90	260	90	121	184

类　　型	板　　阀									无阀		
钻头长(mm)	200	210	260	270	300				360	260	260	300
钻头重(kg)	4	6	16	22	32					16	21	32
适用钻机	CLQ－80 YQ－100		YQ－150 KQ－150		KQ－200	KQ－80 YQ－100	KQ－150		KQ－250	YQ－150 KQ－150	KQ－150	KQ－200
生产厂家	嘉兴冶金机械厂、长沙矿山研究院					宣化风动机械厂				通化风动机械厂、 嘉兴冶金机械厂		

B　高工作气压潜孔冲击器

提高潜孔钻机的工作效率的主要途径是提高工作气压。这还有利于降低能耗和提高冲击器和钻头寿命。目前冲击器的工作气压已达到1.7～2.5MPa,我国矿山(工地)采用的几种高气压冲击器见图4－9。主要规格见表4－10。

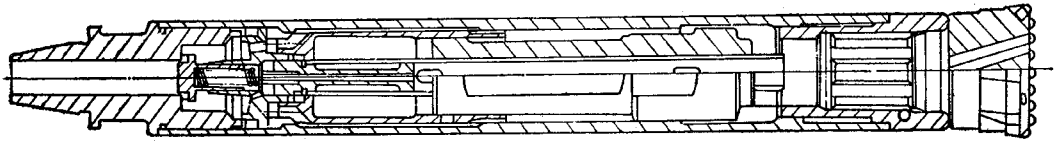


图4－9　高气压潜孔冲击器

表4－10　我国矿山使用的高气压冲击器

生产厂家		嘉兴冶金机械厂			瑞典阿特拉斯		嘉兴冶金机械厂	长沙矿研究院
型　　号		JG－100	JG－150	JC－150	COP－42	COP－62	JWA－150	JZ－150
钻头直径(mm)		105～114	152～165	155～165	105～114	152～162	155～165	155～165
冲击器外径(mm)		92	137	136	96	138	140	736
冲击器长度(mm)		1160	1570	1243	760	1280	1185	
活塞直径(mm)		75	108	97	76	112	114	104
活塞结构行程(mm)			148	140	100	125	147	120
冲击器重量(kg)		36	105		35	93	95	100
工作气压(MPa)		1.1～1.8	1.1～7.5	0.6～1.5	0.6～1.8	0.6～1.8	0.7～1.5	0.7～1.5
在右列工作	0.6MPa			6.7	5.4	6.9	8	6.7
气压时的耗	1.1MPa	4.25	9.3	12.7	6.5	12.8	12	12.7
气量(m^3/min)	1.8MPa	8.5	16.1	21	11.8	11.6	24	
	2.5(m^3/min)		26.6					

二、潜孔钻头

潜孔钻头有刃片和柱齿两类，刃片钻头由于钎焊质量不易保证，钻头常因硬质合金片早期破碎或脱落而报废，使用寿命较低，穿孔速度也较低，因此目前已普遍采用柱齿型潜孔钻头。不同结构的冲击器，其钻头结构也有所不同，我国矿山采用的潜孔钻头结构如图 4－10 所示。其型号和规格见表 4－11。

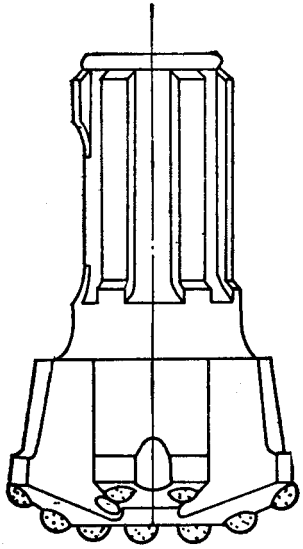


图 4－10　柱齿潜孔钻头

表 4－11　我国常用潜孔钻头型号和规格

钻头型号	钻头直径(mm)	总长(mm)	净重(kg)	适用冲击器
J－80　B－85	85	200	4	J－80B
J－80　B－90	90	200	4.2	
J－80　B－95	95	200	4.4	
J－100　B－110	110	210	6	J－100B
J－100　B－115	115	210	6.3	
J－100　B－120	120	210	6.3	
J－150　B－155	155	255	15.6	J－150B W－150
J－150　B－160	160	255	16	
J－150　B－165	165	255	16.5	
J－170　B－175	175	270	22	J－170B
J－170　B－180	180	270	22.5	

钻头型号	钻头直径(mm)	总长(mm)	净重(kg)	适用冲击器
J-200　B-210	210	300	32	J-20B
J-200　B-125	215	300	33	W-200
JC-150-156	156	400	26	JC-150
JC-150-165	165	400	26.8	
JC-150-178	178	400	27.5	COP-6
JD-100-105	105	260	6.6	COP-42
JD·100-115	115	260	7.2	
JD-150-156	156	388	25.1	
JG-150-165	165	388	25.0	COP-62
JG-150-178	178	388	27.3	
JG-100-105	105	305	8.3	JG-100
JG-100-115	115	305	8.7	DHD-340
JG-150-156	156	434	27.9	JG-150
JG-150-165	165	434	28.6	
JG-150-178	178	434	30.1	DHD-360
JWA-150-155	155	348	20	
JWA-150-165	165	348	20.7	JWA-150
JWA-150-175	175	348	22.2	

柱齿钻头的布齿原则是：

(1)合金齿沿径向在同一直线上的投影分布均匀,无空白区,,以达到在凿岩时不致残留“岩墙”。

(2)合金齿在整个钻头端面上均匀分布,每个齿负担凿岩面积大致相等。因边齿工作条件恶劣,运动速度大,磨损快,应适当增加数目。

(3)边齿间的中心距要大于齿径的两倍,以防止齿孔之间裂开。

三、冲击器和钻头的寿命

在表4-12中给出了潜孔冲击器钻头的寿命。表中以直径150mm、工作气压0.5MPa为准。在应用此表时应注意到冲击器和钻头的寿命取决于岩石的坚固性和磨蚀性外,还和工作气压、钻压、转速等工作参数有关。此外,随钻头直径加大,寿命增高。

表 4－12　潜孔钻具的寿命

矿岩性质	普氏坚固性系数 f	冲击器寿命(m)	钻头寿命(m)
坚　硬	16～18	1500～2500	50～100
较坚硬	12～16	3000～4000	150～200
中　等	10～12	4000～6000	250～500
石灰岩	8～10	5000～8000	500～800
软岩及铝土矿	5～7	10000～15000	1000～1500

第三节　旋转钻具

旋转钻机的钻具由旋转切削钻头和钻杆两部分组成。

如图 4－11 所示，旋转切削钻头一般是由钻刃、钻头和钻尾三部分构成的。钻刃，一般是用硬质合金片镶焊在钻头体上而构成，它是直接切削岩石的部分；钻头体是钻头的基体，其中间有排粉吹碴气孔，它是由优质钢锻造或模锻而成；钻尾是钻头与钻杆的连接部分，在它的上面制有连接螺纹或连接销钉孔。

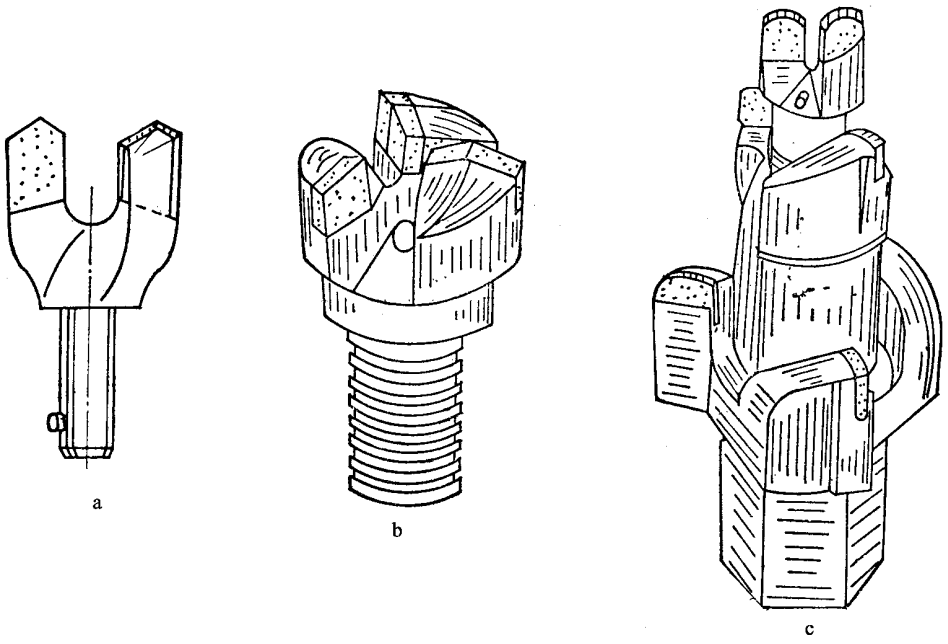


图 4－11　旋转切削钻头
a—二翼型钻头；b—三翼型钻头；c—塔型钻头

旋转切削钻头平常只用于中等硬度以下的岩石，近年来由于超耐磨材料——聚晶金

刚复合片的出现,扩大了其使用范围。这种钻头比牙轮钻头要简单得多,在中等硬质岩石里,有广阔的使用前景。

二翼型钻头用于松软的地层,如粘土、疏松沙岩及页岩。由于其刃数少,接触面上的单位压力大,破岩效果好。刃数少的弊端是刃部磨损快。在磨蚀性较高的岩层中使用寿命低。

三翼型钻头适用于软及中硬的岩层。由于刃数增多,刃的磨损较小。但在塑性系数大、粘滞性较高的岩层中比二翼型钻头容易产生泥包。三翼型钻头应用较为普遍。

塔型钻头是在平刃型钻头上发展起来的。它的钻刃在空间上呈分段排列。最上边的钻刃可为双翼型或三翼型,它们在钻孔时起着导向定心的作用。这种钻头工作平稳,分段破碎岩石而有较高的钻速,一般用于中硬岩石。

此外,还有四翼型钻头,它有更多的破岩工作面。由于轴压力分布均匀使之工作平稳,且钻头磨损较慢。但由于单位接触压力低。使破岩侵深减小。钻进效率降低。此外,制造也困难。

旋转钻机钻杆有两种类型。其中中空型钻杆与牙轮钻机、潜孔钻机用钻杆结构基本相同,钻杆中空处为排粉吹碴气道;另一种是螺旋钻秆,钻杆结构如图 4 – 12 所示。

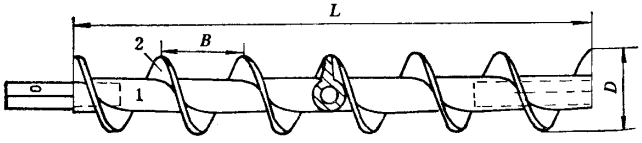


图 4 – 12　螺旋钻杆
1—杆体;2—螺旋叶片

螺旋钻杆体是用一定长度的无缝钢管制作的;螺旋叶片用钢板冲压成型后焊在钻杆体上;带有凸块和凹槽(或阳、阴螺纹)的连接尾座和连接套筒焊接在钻杆体的两端。钻孔时,钻杆须逐节接长。

钻孔时,螺旋钻杆与孔壁构成了一个螺旋输送器,适用于较松软的岩石。螺旋钻杆的排碴能力有限,应用受限制。

第四节　金刚石钻进用钻具

一、金刚石钻头的结构及使用条件

A　金刚石钻头的结构特点

金刚石钻头见图 4－13，由含金刚石的胎体 1，底部水口和内外侧水槽 2，钢体 3 和连接螺纹 4 等四个部分组成。图中所示为取心钻头，当钻头不留内径时，便构成不取心的全面钻头。

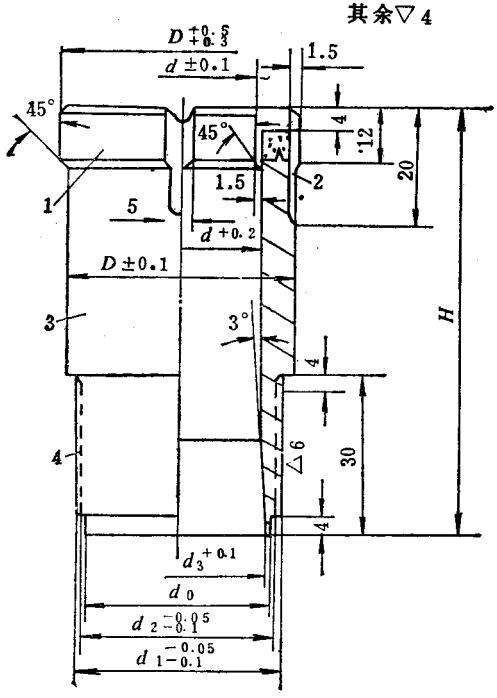


图 4－13　金刚石钻头的结构、
1—胎体；2—水槽；3—钢体；4—连接螺纹

按金刚石的镶嵌方式，金刚石钻头可分为表镶（单层）和孕镶（多层）两种，见图 4－14 和图 4－15。目前还出现了聚晶复合片的镶块钻头。

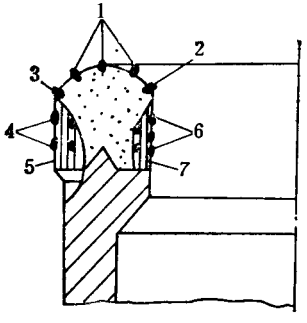


图 4－14　表镶钻头胎体部分
1—底刃金刚石；2—内边刃金刚石；3—外边刃金刚石；
4—外保径金刚石；5—外梭；6—内保径金刚石；7—内梭

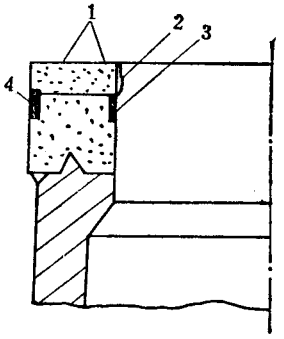


图 4－15　孕镶钻头胎体部分
1—工作层金刚石;2—金刚石层;3—内保径金刚石;4—外保径金刚石

金刚石钻头的胎体,金刚石和钢体间的焊接工艺,是用粉末冶金方法制作的,后者通常有冷压浸渍、热压或无压浸渍几种途径;此外还有用电镀和电火花的方法。

B　金刚石钻头的使用条件

(1)适用于岩心钻可钻性分级七级以上中等硬度及坚硬岩石。

(2)孔深可达数千米,钻孔方向 0°～360°,除油井钻头外,孔径一般较小(< 150mm),可采取有代表性的优质岩心样品,也可进行全面钻进。

(3)要求具备高转速回转式钻机,较大泵压的水泵、加工精度高的低合金钢管材(钻杆、岩心管、套管及相应的连接件等),优质化学处理剂和膨润土。

金刚石钻进已广泛采用不提升钻杆用绳索打捞器提取岩心的绳钻钻具,成功地用于高频低冲击功液动冲钻具,适用于高转速井底动力钻具,其应用范围还在扩大。它是工效高,钻探质量好,劳动强度小,孔内事故少的钻架探方法。

二、金刚石钻头类型及适用条件

常用金刚石钻头有下列类型:

(1)单管孕镶人造金刚石钻头。钻头上端有外螺纹(d_1/d_2),内壁有 3°锥度(由 d_3 起),与内壁带相同锥度的扩孔器连接。再与单层岩心管连接(参看图 4－15)。在锥面上滑动有带纵向切口的岩芯卡环。钻头金刚石浓度 15～25%,可制成各种耐磨性胎体,保径层用聚晶。适用于取样钻和坑道钻。

(2)双管人造金刚石钻头。这是我国使用最广泛的一种标准钻头,其上端有内螺纹,与内壁平滑的扩孔器连接。主要配合单动双层岩心管钻进。主要性能同于单管钻头。多用热压法和电镀法制造。适用于中硬到坚硬岩石。

(3)绳索取心钻头。该类型钻头有两种:

1)多阶梯钻头。采用优质天然或人造金刚石,胎体采用铸造碳化钨,可提高钻头进尺。

2)锯齿形钻头。胎体端部为同心圆尖齿,胎体耐磨性中等。采用 46～30 目的金刚石,浓度 15～20%。

(4)全面钻头。胎体端面形状为双锥形(凹面形)。钻头中心部分有水孔,并有放射状水槽。用于已查明的无矿岩层钻进及技术孔。

(5)裂隙岩层用钻头。随裂隙性增大。胎体壁厚由 6～7mm 增至 10～15mm,胎体耐磨性增强,金刚石含量降低。

(6)易溶解冲蚀岩层用钻头。采用水孔留在底端的底喷式钻头。可用于绳索取心,空气钻进和泥浆钻进。

三、金刚石钻头的使用

A　钻头选型

按我国金刚石岩心钻探管材系列(GB3423—82),钻头外径为 28、36、46、46S,59,59S、75、75S、01mm(S 表示绳索取心用钻头)。

岩石硬度增高,对金刚石质量要求提高。金刚石尺寸减小,其出刃降低到只能通水的程度,孕镶钻头更适应于坚硬岩石。岩石磨蚀性增高,胎体硬度应增大。

钻孔目的和钻孔结构决定着钻头的直径、结构和用途。

B　钻进参数选择。

(1)转数。孕镶钻头周速 2～4m/s,表镶钻头 1～3m/s,转数范围为 500～2000r/min,小直径钻头取大值。

遇到下述情况转数应降低:岩石硬度过高、裂隙性增强(降低 20～50%),塑性增强,孔深增大,钻压降低,采心和孔斜要求严格。

(2)钻压。孕镶钻头单位面积压力 0.3～1.3kN/cm^2,表镶钻头每颗金刚石压力 40～140 牛/粒,钻压大小视钻头尺寸和岩石硬度而定。

遇到下述情况钻压应降低:金刚石品级差,岩石硬度低,裂隙性增强(降低 40～50%);遇到软硬互层和钻具强振而金刚石消耗量过大;岩石塑性增强;钻具与孔壁间隙大,采心和孔斜要求严格。

确定钻压时还应考虑水射流的反作用力和摩擦力造成的钻压损失。

(3)水量。为防止烧毁钻头的水量不大(5～7L/min),但为了排出岩屑,在环状空间应保持 2.7～30L/cm^2·min,即流速 0.45～0.5m/s 的水量范围为 2.0～150L/min。但水

量过大,孔底无残留岩屑,磨耗胎体,金刚石不易出刃(打滑)。岩石硬度增加,岩屑量少,应降低水量。确定水量时应考虑钻杆柱接头漏损量。使用泥浆时钻速比用清水时低 10~15%。

第五节　钎具

冲击式凿岩时,钎尾承受冲击,冲击能以应力波的形式通过钎杆到达钎头,钎头是直接破碎岩石的部分。钎尾、钎杆和钎头三者可以是整体的——整体钎子;也可以是分体的——分体钎头或尾杆;钎子也可以由几根连接起来以增加长度——接杆钎子。

一、钎钢

中空钎钢是专门用于制造钎杆的型钢,有圆形断面和六方断面两种。

国际标准规定,六角形钎杆用中空钎钢尺寸为 19、22 和 25mm;圆形接杆用中空钎钢尺寸为 22、25,32、33、45 和 48mm。我国主要使用 22、25mm 六角中空钎钢和 32mm 圆形钎钢,少量 19mm 六角中空钎钢和 38mm 圆形钎钢。

国外广泛采用 30CrNi3Mo 等中碳合金钢如日本的 SKC24,SKC31,C253 和瑞典的 SNCM2 等,也有采用 95CrMo 等高碳合金钢。我国常用中空钎钢以 55SiMnMo 和 35SiMnMoV 为主,后者主要用于制作直径等于或大于 32mm 的钎钢。主要钢种的热处理工艺见表 4-13。

钎钢在运输和贮存时应避免锈蚀,以免降低使用寿命。

表 4-13　钎钢钢种及热处理工艺

钢种	色标	正火温度(℃)	冷却方法	硬度(HRC)
ZKT8	黄	800~820	风冷	25~30
ZK8Cr	蓝	860~880	风冷	32~37
ZK55SiMnMo	红	880~900	空冷或风冷	35~40
ZK35SiMnMoV	绿	900~920	风冷	35~40
95CrMo		880~900	空冷或风冷	35~40
30CrNi3Mo		900~920	空冷	35~40

二、整体钎子

整体钎子一般用于轻型凿岩机，如手持式、气腿式以及轻型导轨式。主要用于回采和开拓工作中钻凿直径较小的炮孔，在竖井掘进中尤宜采用整体钎子。

整体钎子常用对边尺寸为 19、22 和 25mm 的六角中空钢制造，一端锻出钎尾，另一端锻出钎头。其顶镶有硬合金片（柱）。

整体钎子凿岩速度稍高，拔钎阻力较小没有连接钎头的麻烦；但钎杆寿命必须和钎头寿命相适应，才能做到同步报废。

整体钎子的钎头型式，有一字型，丫字形，十字形和柱齿等多种，见图 4－16。

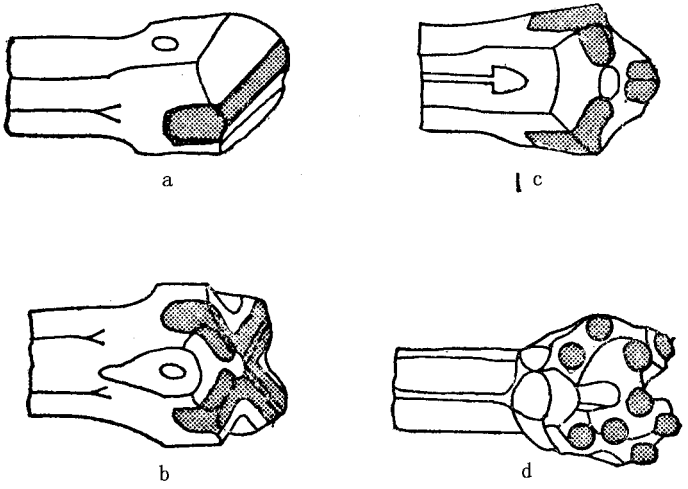


图 4－16　整体钎子的钎头型式
a—字型；b—十字型；c—丫字型；d—柱齿

一字型钎头整体钎子的制造和修磨最简便，在整体致密岩石中凿岩的经济性最好，所以常被优先使用。

十字型和丫字型钎头整体钎子在节理发育的岩石中凿岩平稳，卡钎故障少。

三、分体钎子

分体钎子的钎头、钎尾和钎杆均可拆卸。

钎头与钎杆的主要连接方式有二：锥体连接和螺纹连接。锥体连接适甲于轻型、中型凿岩机，浅孔凿岩，钎头直径一般小于 51mm 钎稍锥角一般为 7°。国外也有用 11°或 12°的。螺纹连接适用于重型凿岩机，中、深孔凿岩，钎头直径一般大于 51mm。

四、钎头

可拆式钎头按照硬合金形状可分刃片式和球齿式，见图 4－17。

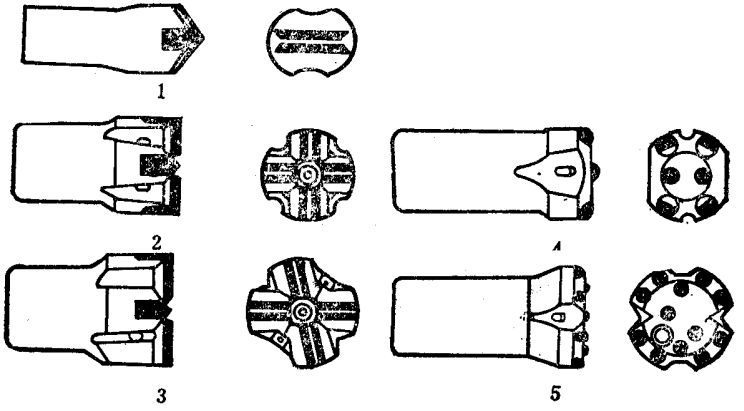


图 4－17　可拆式钎头
1—字形；2—十字形；3—X 字型；4—柱齿；5—柱齿大直径

刃片钎头按照合金片数目及其排列可分为单刃和多刃（三刃，十字型，×字型），柱齿钎头一般按照柱齿数来区分。

用于小直径浅孔凿岩的钎头直径为 32、35、38 和 41mm。配合直径为 22、25mm 的六方钎杆。岩常用的柱齿钎头直径为 45 和 48mm，配合直径为 32mm 的波纹接杆，钎头直径最大可达 127mm。

X 字型可拆式钎头的硬合金片之间的夹角为 80°和 100°（或 75°和 105°），一般用来钻凿直径≥64mm 的孔，最大直径可达 102mm。这种钎头凿出的孔比十字形的孔为圆。

各制造厂都有自己的产品系列，国产钎头的类型和规格可归纳如表 4－14。

表 4－14　国产钎头类型和规格

钎头形式	直径（mm）																
	28	32	36	38	40	42	44	46	50	55	60	65	70	76	80	89	102
整体钎头	*	*	*														
一字形			*	*	*	*	*										
三刃形			*	*	*	*	*	*									
十字形						*	*	*	*	*	*	*	*	*			
X　形											*	*	*	*	*	*	*
柱齿形			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
钎尾直径	22，24						29，32				32，38						
尾孔锥度	7°																
尾孔螺纹							波形 29×12 32×12				波形 32×12 38×12（16）						

五、钎杆、接杆及接杆套

A　钎杆

图 4－18 给出了几种钎杆的样式，其规格尺寸见表 4－15。

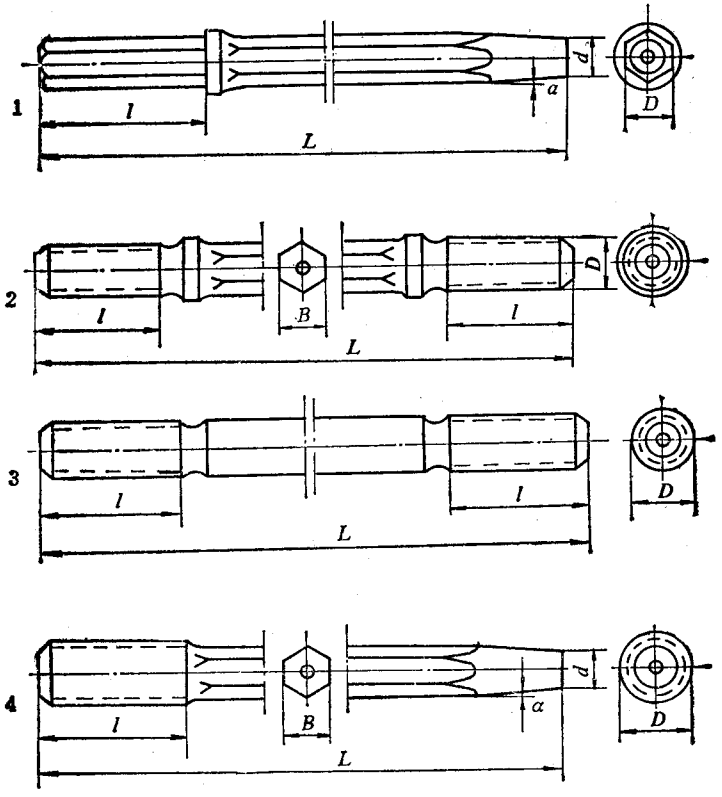


图 4－18　钎杆种类
1—手持、气腿凿岩机用钎杆；2—六方接长杆；3—圆接长杆；4—螺纹和锥形交接杆

表 4－15　国产钎杆主要规格(单位：mm)

名　称	型　号	B	d	L	l	连接形式
六角活钎头钎杆	Q652	22	21	1600、1800、2000、2200、2400、2600、2800、3000、3200、4000	108	锥形　$\phi 22 \times 7°$（锥孔大径及锥度）
	Q655	25	21	同上	108 150	同上
六角形接杆钎杆	B25QJ	25		1000、1200、1400、2000、2500、3200、3800、4000	80	左旋波形螺纹中 32×12（螺纹直径×螺距）
	JB32	32		同上	80	同上

名　　称	型　　号	B	d	L	l	连接形式
圆形接杆钎杆	JO32	$D=32$		1000、1200、1400、2800、3200、3800、4000	80	同上
液压凿岩机专用钎杆	B25Y	25	21	1800、2200、2600、3000、3400、4000	100	$\phi 22\times 7°$

钎头钎杆用锥形连接的构造见图 4－19，其参数列于表 4－16。

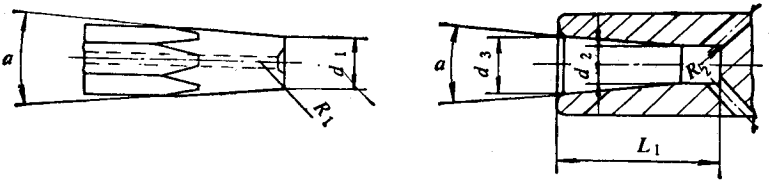


图 4－19　钎头钎杆锥体连接构造

表 4－16　钎头锥体部几何参数(单位：mm)

名　　称	锥　角 α	d_1		d_2		d_3		L_1	R_1	R_2
		尺寸	偏差	尺寸	偏差	尺寸	偏差	最小		
4.3°×12	4°18′	19.1	0 －0.2	19	+0.2 0	22	+0.2 0	51	1.5	6.3
7°×22	7°	16.0	0 －0.1	16.2	+0.1 0	21.8	+0.1 0	54	6	6.3
12°×22	12°	14.9	0 －0.2	15.4	+0.2 0	22	+0.2 0	48	6	6.3

B　接杆钎子

中深孔凿岩是用连接套筒把钎尾、接长杆和钎头用螺纹连接起来。对所用螺纹的要求是连接紧密耐磨性强和拆卸方便。

为了提高接杆钎子使用寿命，国外有把螺纹做成双倍长度，即螺纹长度加工成必要长度的两倍。当第一节螺纹磨损后，可用车床将磨损段截去，然后将残留螺纹端部倒角，便可以继续使用。

C　连接套筒

接杆套筒的作用是把钎尾，钎杆与钎头连接成一整体。常用套筒有筒式或直接贯通式、半桥式、桥式三种见图 4－20。无论哪种型式，必须注意连接螺纹并不承受冲击力，而是通过钎杆相顶端面或套筒端面传递，因此接触端面必须平整，以利于传递应力波。

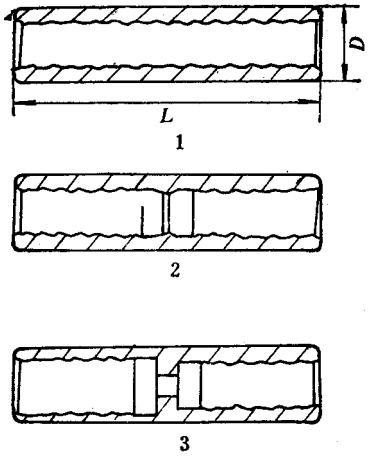


图 4－20　连接套筒型式
1—筒式；2—半桥式；3—桥式

筒式套筒的螺纹是连贯通的，它适用于普通波形螺纹连接。半桥式与桥式套筒均可防止钎杆在套筒中串动。主要用于反锯齿螺纹和双倍长螺纹的连接。

连接套筒一般采用低碳合金钢制造，表面渗碳及淬火处理，其规格见表 4－17。

表 4－17　连接套筒规格

型　　号	*D*	*L*	螺纹尺寸
$J032T_1$	45	160	左旋波形螺纹 32×12
$J029T_2$	38	140，130	左旋波形螺纹 29×12

为连接方便，套筒的一端可固定在一根钎杆上，或将钎杆一端头段粗，做上半个套筒亦可，但必须注意不能形成加工的内应力。

D　螺纹规格

接杆钎常用螺纹型式有：波形螺纹、反锯齿形螺纹和梯形螺纹等几种。波形螺纹适用于直径≤32mm 的钎钢。反锯齿螺纹比波形螺纹容易拆卸。适用于直径＞38mm 的钎钢。梯形螺纹是一种拆卸更容易，使用寿命更长的新型螺纹，适用于直径较大的钎钢。

波形螺纹的构造见图 4－21，其规格见表 4－18。反锯齿形螺纹构造见图 4－22 和表 4－19。

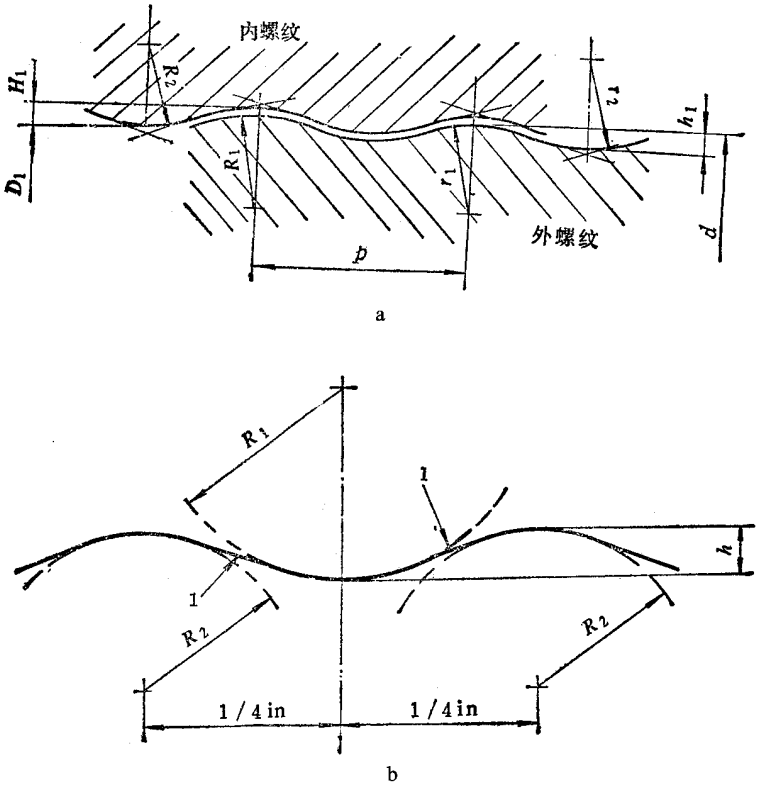


图 4－21　波形螺纹构造
a—构造；b—曲线形状
1—R_1 和 R_2 的公切线

表 4－18　左旋波形螺纹规格(尺寸单位：mm)

公称①螺纹直径(cm)	内螺纹				外螺纹				螺距
	直径D_1 +0.250	H_1 +0.20	R_1 ±0.4	R_2 ±0.4	直径d 0,−0.15①	h_1 +0.20	r_1 ±0.4	r_2 ±0.4	p
2.22 $\left(\frac{7}{8}\right)$	18.86	1.5	5.5	6	21.84	1.5	5.5	6	12.7
2.54 (1)	21.76	1.5	5.5	6	24.74	1.5	5.5	6	12.7
3.18 $\left(1\frac{1}{4}\right)$	28.36	1.5	5.5	6	31.34	1.5	5.5	6	12.7
3.81 $\left(1\frac{1}{2}\right)$	35.01	1.5	5.5	6	37.99	1.5	5.5	6	12.7
4.45 $\left(1\frac{3}{4}\right)$	40.71	1.9	4.3	5.2	44.49	1.9	4.3	5.2	12.7
5.08 (2)	47.01	1.5	1.5	6	49.99	1.5	5.5	6	12.7

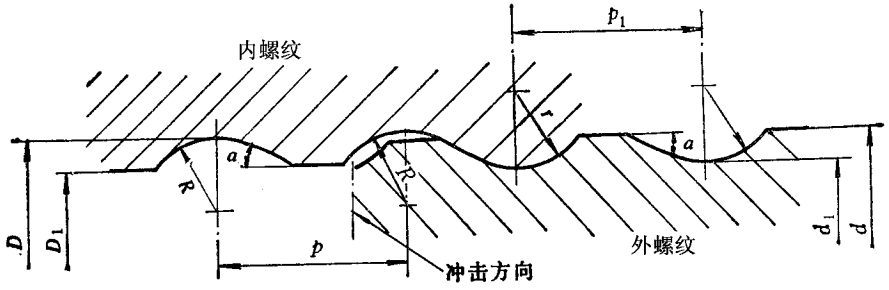


图 4－22　反锯齿形螺纹构造

表 4－19　反锯齿形螺纹规格(尺寸单位:mm)

公称①螺纹直径(cm)	内螺纹				外螺纹				螺距
	D $+0.100$	D $+0.130$	d $\pm\frac{1}{2}°$	R $+0.40$	d $^{0}_{-0.08}$	d_1 0	d $\pm\frac{1}{2}°$	r $+0.40$	p
2.70 $\left(1\frac{1}{16}\right)$	27.13	23.95	22°	1.98	26.85	23.72	22°	1.98	7.2
3.18 $\left(1\frac{1}{4}\right)$	32.69	28.22	25°	3.28	31.65	27.89	25°	2.21	10.1
3.81 $\left(1\frac{1}{2}\right)$	38.79	33.50	25°	4.39	37.74	33.15	25	3.58	12.7
4.45 $\left(1\frac{3}{4}\right)$	44.93	39.65	25°	4.39	43.89	39.29	25°	3.58	12.7
5.72 $\left(2\frac{1}{4}\right)$	58.60	53.47	25°	5.16	57.02	52.37	25°	4.76	14.5
6.35 $\left(2\frac{1}{2}\right)$	64.75	56.62	25°	4.37	63.22	55.65	25°	3.78	16.9

凿岩机,而其他两种用于重型凿岩机。

六、钎尾

钎尾有钎肩式、钎耳式和花键式三种类型。钎肩式钎尾用于轻型凿岩机,而其它两种用于重型凿岩机。

钎肩式钎尾的断面形状为六角形,内切圆直径为 22mm 或 25mm,钎尾尾部长度有两种:108mm 和 159mm。钎尾长度有两种,一种为长接杆钎尾,另一种为短接杆钎尾,见表 4－20。

表 4－20　钎尾规格

种　类	规　格 (mm)	尾部长度 L (mm)	杆部长度 L (mm)	连接形式与尺寸 (mm)
长接杆钎尾	六角22	108	1000	波形螺纹22
	同上	108	1800	同上
	同上	108	2600	同上
	同上	108	3400	同上
短接杆钎尾	六角22	108	255	波形螺纹22mm 反锯齿形螺纹27mm
	六角25	108	255	波形螺纹22mm
	六角25	159	255	反锯齿形螺纹27mm

钎耳式和花键式钎尾全部是机加工的。钎耳式钎尾有两种:雷诺钎耳型与切线钎耳型。钎尾上螺纹多为阳螺纹,也有带阴螺纹的。后者主要用于钻凿下向深孔(图 4－23)。

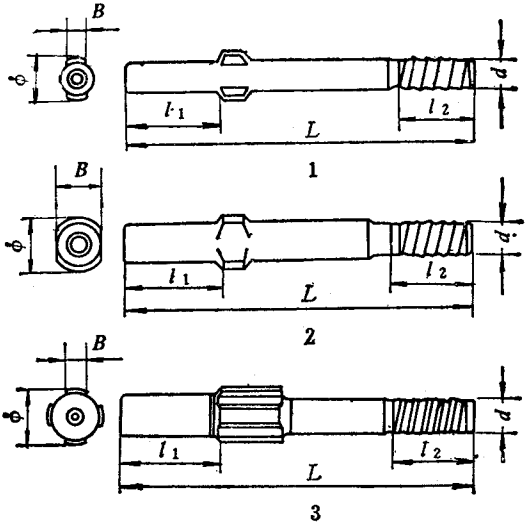


图 4－23　钎耳式与花键式钎尾
1—雷诺钎耳型;2—切线钎耳型;3—花键式

七、钎头的镶焊及固齿工艺

A　刃片钎头的钎焊

由于硬质合金与钢的热胀系数相差一倍以上,在钎焊加热和冷却过程中如果工艺不当,会产生巨大的焊接应力,它引起合金片的脱落或破裂。中小直径焊接钎头一般采用

中高频感应加热。大直径钻头(潜孔钻头)采用盐浴炉和真空或气体保护加热。对加热装置的要求是:温度易于控制,工件氧化、脱碳少,便于钎焊操作,加热时间短,生产效率高。国外广泛采用低溶点的银基焊料,因其焊接温度低,残余应力小。

焊剂的作用是消除焊接面的氧化物,改善焊料对工件表面的润湿性。

为了降低焊接应力,经常采用较宽的焊缝,或在焊缝中加塑性较好的金属片(网)——补偿片。焊接后应缓慢冷却,使焊接应力松弛和释放。

钎焊硬质合金片常用的焊料和焊剂列于表 4－21。

表 4－21　几种常用焊料和焊剂

种类	焊料名称	组　分 %	焊溶点 (℃)	焊接温度 (℃)	焊　剂
铜基	H－62	Cu62Zn38	905	930～950	硼砂 100%
	H－68	Cu68Zn32	905	930～950	硼砂 50%,硼酸 50%
	105	Cu58Zn38Mn4	909	930～950	硼酸 80%,硼砂 14.5%,氟化钙 5.59%
	紫铜	Cu＞99.7	1083	1100～1150	同上
银基	银铜	Ag72,Cu28	780	820～850	硼酸 60%,氟化钾 40%
		Ag50,Cu15			氟化钾 42%,硼
		Zn16、Cd16,Ni3	690	720～750	酐 35%,氟硼酸甲 23% 氟化钾 30%,硼酸 70%

可以采用的焊料型号有西北铜加工厂生产的 DY－811 型和山东冶金研究所生产的 S－1,S－2 型焊料。这两种类型焊料的主要成分为 Cu－Zn－Mn－Co。

B　柱齿钎头的固齿工艺

硬质合金柱齿的固定一般采用过盈冷压工艺,小直径钎头也有采用热嵌或钎焊固齿。冷压固齿的盈量大小取决于齿和齿孔的光洁度,钎体硬度和柱齿直径,固齿过盈量见表 4－22。

表 4－22　推荐固齿过盈量

工艺条件	光洁度		过盈量(mm)	
	柱齿	齿孔	钎头体 HRC28～32	钎头体 RC40～45
柱磨　孔钻	▽7	▽4	0.2～0.25	0.15～0.20
柱磨　孔铰	▽7	▽7	0.15～0.20	0.10～0.15

小直径柱齿采用推荐过盈量的下限。为保证固齿质量。柱齿和齿孔直径都要逐个测量,然后根据选定的过盈量单配,在加工精良选配准确的情况下,过盈量可减小到 0、0.05～0.01mm。

八、钎具受力和疲劳

凿岩机活塞的动能是以应力波的形式传递给钻头和岩石的。应力的大小和作用时间(波形)不仅影响破碎岩石效果,而且也影响钎具的使用寿命。在相同的冲击能条件下,改变活塞的形状和质量可以改变应力波(第一个入射波)的形状,也就是说可以通过控制入射波的形状提高凿入效率和避免钎具过早疲劳破坏,从而延长钎具的使用寿命。

理论研究和电子计算机已可以把应力波精确地计算并绘制出来,为凿岩机具的设计和结构改进提供了依据。

活塞冲击钎杆后,由于应力波的传播和反射,钎杆中将受到多次交变应力的作用,钎杆中纵波和弯曲波的叠加构成全应力波的传播过程。图 4 – 24 是在石灰岩钻进过程中钎杆中的一组实测应力波形。

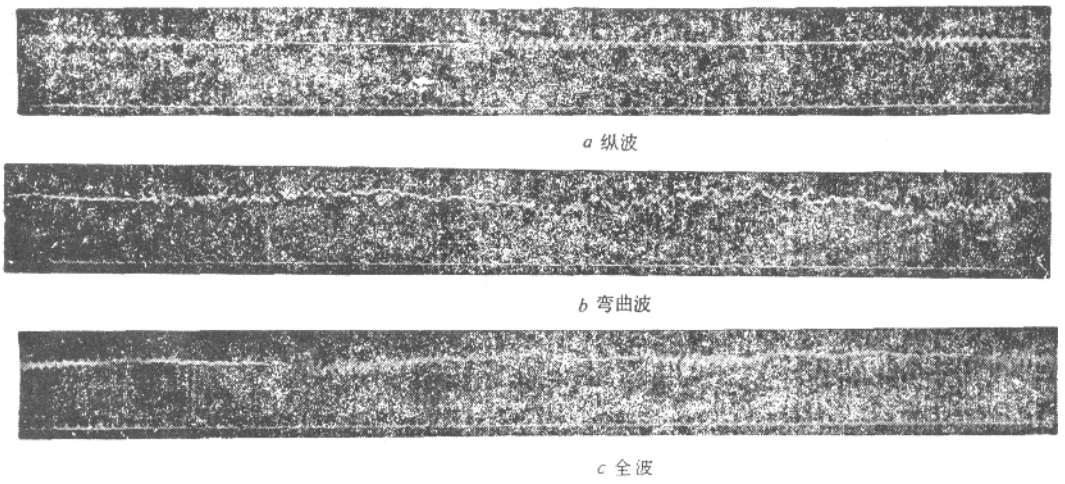


图 4 – 24　石灰岩钻进过程中钎杆中部的应力波形

这种高频应力作用是钎杆疲劳损坏的原因。

根据钎具受力大小以及所选用钢材的疲劳曲线(S – N 曲线),应用迈纳(Miner)累计损伤理论,可以估算出钎杆的疲劳寿命。

九、钎具寿命

钎头的寿命主要取决于硬质合金的材质、岩石的坚固性和磨蚀性、钎头构造、制造工艺以及这些参数的互相配合状况,往往在不同酌情况下有很大差别。近年来由于硬质合金的材质有所改进,钎头的设计更加合理,钎头体采用了优质钢材,镶焊和制造工艺进一

步完善,使钎头寿命有很大提高。柱齿钎头在适当的条件下应用能达到较长的寿命。一般来说,钎头寿命大直径的比小直径的长,正常工作气压下凿岩比低气压凿岩长。

钎杆的寿命,除了和岩石的坚固性和凿岩机类型有关外,主要取决于钎钢的磨蚀疲劳性能。改进钎钢的腐蚀疲劳性能,是提高其寿命的重要途径。

表 4 – 23 列出了一般情况下钎头钎杆的寿命。

表 4 – 23　中小钎头和钎杆的寿命(m)

岩　　石	软　　岩	中等岩石	较硬岩	坚硬岩
小钎头 $\phi < 46$mm	250 ~ 450	150 ~ 300	60 ~ 130	20 ~ 40
中钎头 $\phi > 56$mm	400 ~ 730	300 ~ 500	200 ~ 300	50 ~ 100
钎　　杆	400 ~ 500	200 ~ 300	150 ~ 200	100 ~ 150

第六节　矿用硬质合金

在采矿工程中,广泛应用镶嵌有硬质合金的钻头和钎头,它是钻凿坚硬岩石的利器。

矿用硬质合金,是由结晶粒度 2 ~ 5μm 的碳化钨和钴烧结而成。有极高的弹性模量和抗压强度,洛氏硬度 HRA 高达 86 ~ 91。抗弯强度和断裂韧性稍小。各为 1600 ~ 3000MPa 和 540 ~ 640N/cm$^{3/2}$,冲击韧性 3 ~ 10Nm。硬质合金还有极高的耐磨性。随它的碳化钨含量增多,硬度和耐磨性提高但韧性降低。

硬质合金中钴相中的线膨胀系数约为碳化钨的三倍,在快速加热或冷却时,将产生内应力而导致相同界面破裂。因此,无论在制造、嵌焊、修磨或使用过程中,切忌将硬质合金骤热骤冷,否则在受到冲击时便会断裂。

在表 4 – 24 中列出了矿用合金的成分及性能。在选用硬质合金牌号时,要兼顾岩石的硬度、磨蚀性和钻头受冲击力的大小。凡冲击力大、岩石耐磨性弱时可采用含钴较高的合金(价格也较高),在相反的情况下可用含钴量较低的合金,以提高耐磨性降低费用。此外,对于柱齿型钎头可采用含钴量稍低(6 ~ 8% Co)的合金。对于旋转式钻头,更可采用含钴 3 ~ 6%的合金。

表 4－24　凿岩硬质合金的性能和使用范围

硬质合金牌号	成分（%）			性能							使用范围
	碳化钨（WC）	钴（Co）	碳化钽（TaC）	硬度 HRA 不低于	密度（g/cm³）	强度(MPa) 抗弯（不小于）	强度(MPa) 抗压	20℃时的冲击韧性（J/cm³/²）	导热率（W/cm²K）	线胀系数（10^{-6} K^{-1}）	
YG4C	96	4		89.5	14.9～15.2	1450					镶焊钻探钻头和旋转式钻头
YG6	94	6		89.5	14.6～15	1450					镶焊旋转式钻头
YG8	92	8		89	14.5～14.9	1600	5400	24.5	0.76	4.5	f＝8以下多裂隙磨蚀性岩层
YG8C	92	8		88	14.5～14.9	1750		29.4	0.76	4.8	中硬、磨蚀性强的岩层
YK25	90	10	0.5	87.5	14.4～14.8	2400		59.0			坚硬和极坚硬岩层
YG11	89	11		87	14.0～14.4	1900	4800	37.3	0.67		中等岩石
YG11C	89	11		86.5	14.0～14.4	2000		37.3	0.67		硬和坚硬岩层
YG15	85	15		87	13.9～14.2	2000	4200	39.2	0.56	5.3	坚硬和极坚硬岩层
YJ2	92	8		88	14.6～14.9	2000					高磨蚀性的中硬及坚硬岩石
YJ1	90	10		87	14.4～14.7	2200					f＝10～16的坚硬矿岩
YJ0	88	12		86.5	14.2～14.5	2350					坚硬和极坚硬的岩层

注：1．YG表钨钴硬质合金，C为粗晶粒碳化钨，YJ表凿岩用钨钴硬质合金；

2．含Co量≥8%的硬质合金可以制作凿岩用钎头和牙轮钻头。

注：1. YG 表钨钴硬质合金，C 为粗晶粒碳化钨，YJ 表凿岩用钨钴硬质合金，

2. 含 Co 量≥8%的硬质合金可以制作凿岩用钎头和牙轮钻头。

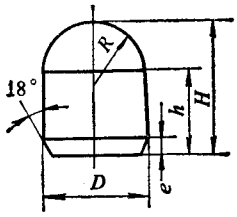
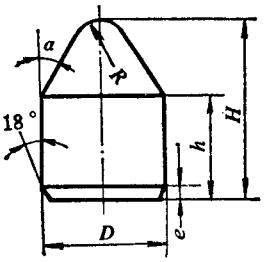
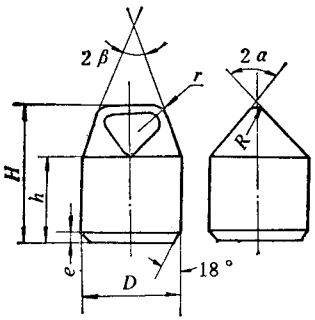
为了提高硬质合金的耐磨性、抗热冲击和抗热塑变的能力，我国矿用硬质合金中的一些新牌号，添加了碳化钽。近年来，国外（美国、联邦德国等）采用热等静压法制造低孔隙的凿岩用硬质合金，从而大大改善了它的断裂韧性。

表 4－25 和表 4－26 中列出了各种硬质合金的形状及规格，可用于嵌制各种形式的钎头和潜孔钻头、牙轮钻头。

表 4－25　硬质合金刀片形状及规格　单位(mm)

型　　式	型号	L	H	C	r	R	适用钎头直径
一字型硬质合金片	KO26	26	12	8	13	80	26
	KO28	28	12	8	14	80	28
	KO30	30	14	8	15	80	32
	KO32	32	14	8	16	110	32
	KO34	34	14	8	17	110	34
	KO36	36	15	10	18	110	36
	KO38	38	15	10	19	110	38
	KO40	40	15	10	20	110	40
	KO42	42	15	10	21	110	42
	KO44	44	16	10	22	110	44
	KO46	46	17	10	23	110	46
短型硬质合金片	K113	13	13	8	18		36
	K114	14	13	8	19		38
	K115	15	14	8	20		40
	K116	16	14	8	21		42
	K117	17	15	10	22		46
	K117	17	15	10	23		46
	K118	18	16	10	24		48
	K119	19	16	10	25		50
	K121	21	16	10	27.5		55
	K123	23	18	12	30		60
	K125	25	18	12	32.5		65
	K127	27	20	12	35		70
	K129	29	22	12	37.5		75
	K136	36	22	12	44.5		89
	K149	42	22	13	51		102

表 4－26　硬质合金柱齿形状及规格

齿形		尺寸 (mm)						角度 (°)	
		D	H	h	R	e	r	α	β
球形齿		8	10	7.1	4.2	1.0			
		8	15	11	4.2	1.0			
		9	15	10.5	4.6	1.0			
		10	12	8.3	5.2	1.5			
		10	15	10	5.2	1.5			
		11	15	9.5	5.5	1.5			
		12	14	9.4	6.2	1.5			
		14	16	10.5	7.2	1.5			
锥球齿		16	25	18.6	8.2	1.5			
		18	27	19.8	9.2	1.5			
		8	10	6.6	3	1.0		35	
		8	15	11	4	1.0		30	
		9	15	105	4	1.0		30	
		10	11	7.2	4.4	1.5		35	
		11	15	9.5	4	1.5		30	
		12	15	9	4	1.5		30	
		12	18	10	4	1.5		34	
		13	20	14	4	1.5		30	
		14	22	14	4	1.5		35	
		16	25	17.3	5	1.5		35	
扁楔齿		8	10	6.5	2	1.0	1.8	45	22.5
		10	11	7	2.5	1.0	2.0	45	22.5
		10	13	9	2.5	1.0	2.0	45	22.5
		12	15	9	3.0	1.5	2.5	45	22.5
		12	17	10.5	3.5	1.5	3.0	35	22.5
		14	18	10	3.5	1.5	3.0	45	22.5
		14	20	11	2.7	1.5	3.0	35	22.5
		16	21	11	2.6	1.5	3.0	35	22.5

第七节　钎头修磨

当硬质合金片刃口磨损到一定宽度，或柱齿磨损平面达到某一尺寸时，钻头就应进行修磨。及时和正确的修磨，不仅可以提高穿孔速度，而且能延长钎头使用寿命。钎头

磨损极限可参考表 4－27。

表 4－27　钎头磨损极限(钎头直径≤45mm)

岩石性质	刃角磨损宽度(mm)	柱齿磨损平面直径(mm)
软岩	3.5	5～6
中等岩石	3.0	4～5
硬岩石	2.5	3～4

刃片钻头一般可以修磨 8～10 次,每次修磨后刃角仍应保持 110°,侧边隙角 3°,刃口应保留 0.5～1mm 的钝面(老痕),修磨过尖会降低使用寿命。小直径柱齿钎头一般不修磨,大直径柱齿潜孔钻头价格贵,及时修磨可以延长其使用寿命 40%,穿孔速度提高 20%。柱齿钻头的修磨周期为刃片钻头的 2～3 倍。

修磨硬质合金的砂轮应采用绿色碳化硅砂轮,粒度为 40～60 目,硬度在中软以下。应避免使用过硬过粗的砂轮,否则将在刃面留下刻痕,或局部产生热微裂纹,成为硬质合金断裂的根源。

天津磨床厂生产的 M691 型钻头刃磨床,可修磨一字和十字型钎头,砂轮转速 985r/min,电机功率 3kW,外形尺寸 1200×1500×1500mm,重 1200kg。

修磨柱齿钻头,可采用微型风砂轮机,一般使用金刚石砂轮,有片形和碗形两种形状。碗形砂轮用以修磨柱齿的球面。天水风动工具厂生产的 S402192 型风砂轮机,配备专用金刚石砂轮可修磨柱齿。砂轮机主要规格是:最大砂轮直径 40mm,空载转速 19000r/min,耗气量 0.35m^3/min,机长 181mm,机重 0.6kg。

第五章　影响钻孔与凿岩速度的主要因素

第一节　牙轮钻钻孔

一、影响牙轮钻钻孔的主要因素

影响牙轮钻钻孔的主要因素有四，即钻压、钻杆钻速、钻头直径和岩石的坚固性。后者可用岩石的各种可钻性指标来描述。

诸影响牙轮钻穿孔速度因素间的关系，可用式(5－1)表示。

$$c = K_c D^{-2} n^x F^y \tag{5-1}$$

式中　c——钻孔速度；

D——钻头直径；

n——转速；

F——钻压；

K_c——和岩石坚固性有关的系数；

x，y——指数，见下文所述。

牙轮钻头常用的钻头直径为200～380mm，因钻孔速度和钻孔的截面积成反比，故式(5－1)中钻头直径 D 的指数为－2。

牙轮钻常用的钻杆转速因岩石的软硬而异，硬岩采用较低的转速，下面为转速的一股采用范围。

岩石硬度	软岩	中等岩	硬岩
钻杆转速(r/min)	70～120	60～100	40～70

式(5－1)中指数 x 常是一个稍小于1的数值,一般 $x=0.7\sim0.95$,排粉越彻底,x 越近于1。

钻压 F 取决于直径 D 和岩石普氏坚固性系数 f,可近似由下式算出或从表5－1查得。

表5－1　牙轮钻钻压参考数据

岩石特征	典型岩石	每厘米钻头上的钻压(kN/cm)	钻压(kN) 钻头直径(mm) 150	170	200	250	310	380
抗压强度小的软岩	页岩、砂岩、弱石灰岩	3～5	45～75	51～85	60～100	75～125	93～155	114～190
抗压强度小到较大的中硬岩石	硬质页岩、砂岩石灰岩、白云岩	6～8	90～120	102～136	120～160	150～200	186～248	228～304
抗压强度大、有磨蚀性的岩石	硅化灰岩、石英砂岩、花岗岩	10～12	150～180	170～204	200～204	250～300	310～372	380～456
高抗压强度、极硬并有强磨蚀性的岩石	石英砂岩、花岗岩、玄武岩、铁矿石、磁铁石英岩	14～15	210～225	238～255	280～300	350～375	434～465	532～570

$$F=(0.6\sim0.7)fD \tag{5-2}$$

式中　F——钻压,kN;

D——钻头直径,cm。

式(5－1)中指数 y 一般在1～1.8之间,它和牙齿形状,磨钝程度及岩石的性质有关。

牙轮钻的回转功率可由式(5－3)给出:

$$P=K_p nDF^{1.5} \tag{5-3}$$

式中　P——回转功率,kW;

n——钻杆转速,r/min;

D——钻头直径,mm;

F——钻压,kN;

K_p——和岩石坚固有关的系数,见表5－2。

表 5－2　牙轮钻功率系数 K_p

岩　　石	抗压强度(MPa)	K_p
极　　软		43.7×10^{-8}
软		27.5×10^{-8}
中　　软	17.2	31.3×10^{-8}
中硬	55.2	25.0×10^{-8}
硬	207	18.8×10^{-8}
极　　硬	469	12.5×10^{-8}

二、牙轮钻钻孔速度的预估

近年来国内外研究了许多种岩石的坚固性指标,利用这些指标可以在不同程度上预估出牙轮钻在不同岩石中的钻孔速度。但这些预估都是和具体钻孔条件相联系着的,出入颇大,下列方法可供参考。

A　利用单位载荷作用下的压头侵入深度预估钻孔速度

此法为 R.I. 莫里斯(Morris)所提出,如下:

$$c = 0.06\times1.8n\left(\frac{h}{P}\times\frac{F}{0.08m}\right)$$

$$= 1.35n\left(\frac{h}{P}\times\frac{F}{m}\right) \qquad (5-4)$$

式中　c——穿孔速度,m/h;

n——钻杆转速,r/min;

h——发生跃进式侵入后,压头的侵入深度,mm;

P——发生跃进式侵入时,压头所承受的载荷,kN;

F——钻压,kN;

m——牙轮钻头上的总齿数,认为有效工作齿数为总齿数的 0.08 倍,故乘以齿数。

鞍山式铁矿及围岩的(h/P)值如下:

岩　石	磁铁矿	赤铁矿 1	赤铁矿 2	粉红色花岗岩	云英片麻岩	硅质磁铁矿
h/P 值						
(10^{-2}mm/kN)	5.23	9.41	5.19	8.82	9.19	5.90

据德雷塞钻具公司称,用上式预估钻速的相对偏差小于 25%,一般在 10%左右。

B　用侵入硬度预估钻孔速度

此法由长沙矿山研究院所提出,它和上法相似,唯岩石的坚固性指标改用侵入硬度。作侵入硬度时,利用端头曲率半径为 2.3mm 的压头进行,在发生跃进式破碎时的载荷为

P、压头和岩石接触面积为 S，则侵入硬度为 P/S。所给出的钻速预估式如下：

$$c = 0.16n\left(\frac{P}{S}\right)^{-1}\left(\frac{F}{0.08\text{m}}\right)\frac{K_1}{R}$$

$$= 2n\left(\frac{P}{S}\right)^{-1}\left(\frac{F}{S}\right)\frac{K_1}{R} \qquad (5-5)$$

式中　c——钻孔速度，m/h；

（P/S）——侵入硬度，kN/mm^2；

R——钻头齿尖的曲率半径，mm；

K_1——和岩石的侵入硬度有关的系数，选取如下：

侵入硬度（P/S）（kN/mm^2）	<1.8	1.9～3.1	3.2～5
K_1 值	1.26	1.38	1.49

F、n、m 的意义同式（5－4）

C　用微型钻预估钻孔速度

微型钻的试验方法见（第一章—第二节—五、）。休斯钻具公司采用这种估算方法。

图 5－1 是牙轮钻穿孔速度的预估算图。其横坐标是每厘米钻头直径上的钻压，纵坐标是钻孔速度。只要给出每厘米钻头直径上的钻压，在相应的横坐标上画垂直线，和微型钻钻速线相交，再画水平线到纵坐标，便可得到预估的钻孔速度。此图适合每分钟 60 转的钻机，否则要作相应的修正。

华东石油学院曾对图 5－1 作了分析。认为可以用下式来预估钻速。

$$c = 458.5(W/55.1)^a \qquad (5-6)$$

式中　c——钻孔速度，m/h；

W——单位钻头直径上的钻压，kN/cm；

a——和微型钻钻速有关的指数，设微型钻钻速为 V，m/h，则

$$a = 1.1563 - 0.28761\text{n}\,V \qquad (5-7)$$

当转速不是每分 60 转时，式（5－6）要用转速校正。

D　用凿碎比能预估钻孔速度

据东北工学院岩石破碎研究室的研究，凿碎比能和牙轮钻钻孔破碎岩石的比能之间有以下关系：

$$a_y = K_a a \qquad (5-8)$$

式中　a_y——牙轮钻穿孔破碎岩石的比能，J/cm^3；

a——凿碎试验的比能，J/cm^3；

K_a——系数，对于 45R 型钻机　$K_a = 0.5$ 对于 60R 型钻机，$K_a = 0.4$。

由此，钻孔速度可由(5－9)式预估。

$$c = 45.8\,\frac{U(I - I_0)}{D^2 K_a a} \qquad (5-9)$$

式中　U——回转直流电机的电压，V；

I——回转直流电机的电流，A；

I_0——回转直流电机的空载电流，A；

D——钻头的直径，cm；

c——穿孔速度，m/h；

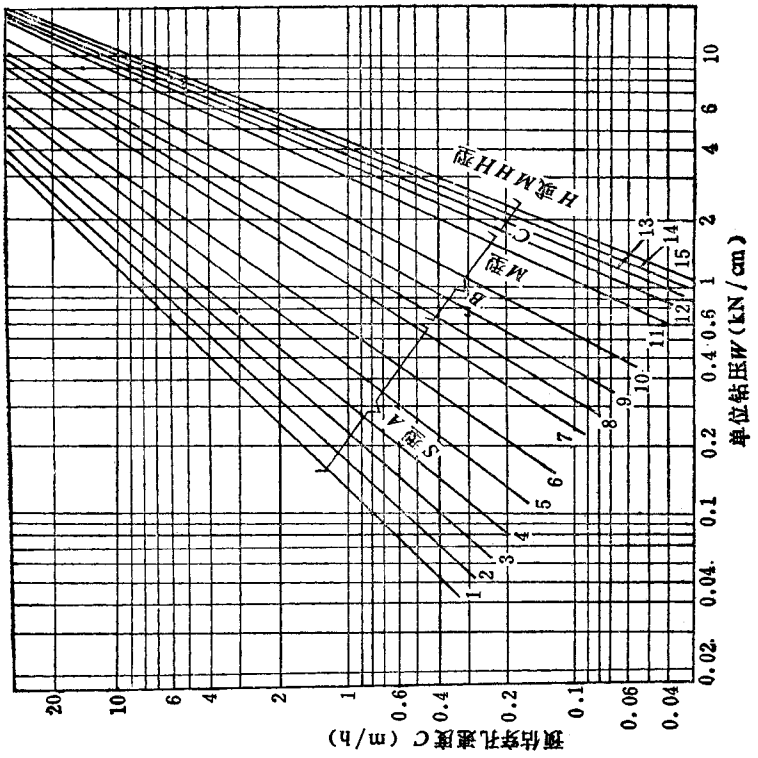


图 5－1　用微型钻钻速来预估钻孔速度
A—大理石、砂岩、石灰岩、石膏；B—白云质灰岩、白云岩、硬页岩；
C—花岗岩、燧石、石英岩

曲线号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
微钻速(m/h)	1.22	1.06	0.91	0.76	0.61	0.46	0.30	0.24	0.18	0.12
曲线号	11	12	13	14	15					
0.06微钻速(m/h)	0.03	0.018	0.012	0.015						

其他符号同前。

45R 和 60R 型钻机的 $U=470\,V$，$45\,R$ 的 $I_0=10\text{A}$，$60\,R$ 的 $I=20\text{A}$。

据巴隆等人的研究，牙轮钻穿孔的破碎岩石比功和史氏硬度有以下关系：

$$a_y=9.8\left(\frac{P_s}{250}-1\right) \tag{5-10}$$

式中　a_y——牙轮钻穿孔破碎岩石的比能，J/cm^3，

P_s——史氏硬度，N/mm^2。

E　用岩石的抗压强度预估钻孔速度。

据 R.A.Cunningham 的研究结果，钻速可用式(5-11)给出。

$$c=K_2 n W^{\beta} \tag{5-11}$$

式中　c——钻孔速度，m/h；

n——钻杆转速，r/min；

W——单位钻头直径上的钻压，kN/cm；

K_2、β——钻孔速度系数和钻压指数，取决于岩石的抗压强度，列于表 5-3。

表 5-3　钻孔速度系数 K_2 和钻压指数 β

岩石名称	砂岩	无水石膏	大理岩 1	大理岩 2	白云岩	砂岩	玄武岩	花岗岩	石英岩
抗压强度(MPa)	17.2	36.5	52.4	52.4	214	145	268	214	469
β	1.254	1.806	1.343	1.429	1.530	1.595	1.676	1.700	1.840
$10^3\times K_2$	29.7	17.9	12.4	5.10	1.83	1.03	0.45	0.10	0.085

第二节　冲击式凿岩

一、冲击功对凿岩速度的影响

凿岩时，冲击功有一个门槛值，当冲击功超过此值时，每次冲击破碎岩石的比能基本稳定，因此凿岩速度便和冲击能成正比例，可用式(5-12)表达凿岩速度

$$c=\frac{NE\eta}{a\,\frac{\pi}{4}D^2}\times 60 \tag{5-12}$$

式中　c——凿岩速度，cm/min；

N——冲击频率，Hz；

E——冲击能，J；

η——凿入能量利用率；

a——凿碎比能，J/cm^3；

D——眼孔直径，cm。

当冲击能小于门槛值时，凿岩速度急剧降低，工作是不合理的。岩石凿碎能的门槛值，主要取决于岩石的坚固性和钎头的刃长（或柱齿数目）。对于各种岩石，当每厘米刃长上的冲击能大于 10J 时，就可以认为超过了门槛值。不坚固的岩石，此值较小。

二、冲击频率对凿岩速度的影响

现代凿岩机，每分钟冲击次数不超过几千，在此范围内，凿岩速度和冲击频率成正比，如式（5－11）所示。也就是凿岩速度正比例于冲击功率，而后者是每次冲击能和冲击频率的乘积。

三、工作气压对凿岩速度的影响

压缩空气是气动凿岩机动力的源泉，它的压力对凿岩速度有显著的影响。对于一般凿岩机，有以下经验关系：

$$E \propto (P-0.1)^{0.9} \tag{5-13}$$

$$N \propto (P-0.1)^{0.3} \tag{5-14}$$

$$c \propto NE(P-0.1)^{1.2} \tag{5-15}$$

式中　P——工作气压（表压），MPa；

其他符号同上。

现时国际上以 0.63MPa 为凿岩机优先设计压力。以 0.63MPa 时的凿岩速度为 1，其他各种气压时的凿岩速度的影响系数如下：

工作气压（MPa）	0.3	0.4	0.5	0.6	0.63	0.7	1.0	1.6
影响系数	0.310	0.0505	0.713	0.932	1.000	1.161	1.888	3.485

提高工作气压就能提高凿岩速度，其主要措施是：

（1）压气机工作状态良好，保证额定的压气流量；

（2）整顿管道系统，堵塞漏气。拆除迂回的管路和不必要的弯头和阀门，不要用过细的管径；

（3）均衡用气时间。

四、钎头直径对凿岩速度的影响

钎头直径改变时，一方面改变了钻孔的截面积，同时也改变了冲击凿入系统的匹配

条件,从而也改变了凿入能量利用率,由式(5-16)可知:

$$\frac{c_1}{c_2}=\frac{D_2^2\eta_1}{D_1^2\eta_2}=\left(\frac{D_2}{D_1}\right)^2\left(\frac{\eta_1}{\eta_2}\right) \tag{5-16}$$

平常用凿岩速度和钎头直径的 n 次方成反比的关系来计算,即:

$$\frac{c_1}{c_2}=\left(\frac{D_2}{D_1}\right)^n \tag{5-17}$$

n 值在 1~2.5 之间。当钎头直径增大时,若凿入系统的匹配有所改善,则 $n<2$;反之,当钎头直径增大时,匹配劣化,则 $n>2$。

由于 n 值难以准确选取,故式(5-17)只能在钎头直径变化不大时,用来估算凿岩速度的改变。

五、钻孔深度对凿岩速度的影响

对于内回转凿岩机,孔深每增加一米,凿岩速度递降 4~8%。

对于外回转凿岩机,孔深对凿岩速度的影响要小得多,在 25~30m 范围内,每米递降 1~3%。

每个接头视其构造和质量不同,将导致凿岩速度下降 10~15%。

六、推力对凿岩速度的影响

冲击式凿岩的推力,以达到抵销钎子从孔底弹起为度。过大的推力,将增加回转阻力,加速钎头磨损,推力过小,则钎刃脱离眼底,降低了凿入破碎的效率。图 5-2 为"7655"型凿岩机的推力和凿岩速度的关系。

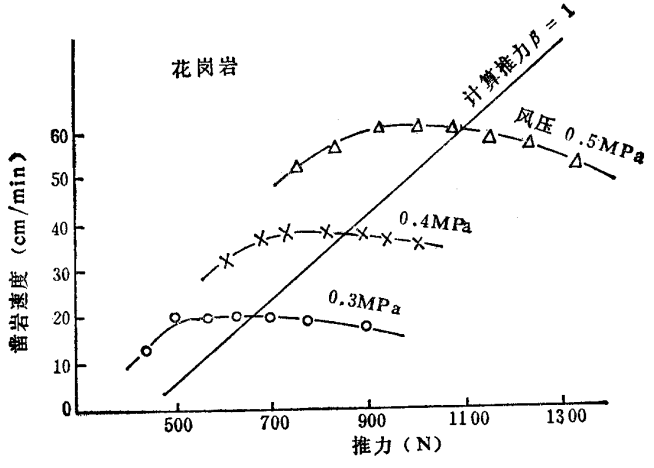


图 5-2　"7655"型凿岩机的推力和凿岩速度的关系

利用推力和钎子从眼底弹起的动量平衡，可推出最优推力如下：

$$F = 2\beta N m v = 2\beta N \sqrt{2mE} \tag{5-18}$$

式中　F——最优推力，N；

N——冲击频率，Hz；

m——活塞的质量，kg；

v——冲击末速度，m/s；

E——每次冲击功，J；

β——考虑到岩石破碎所耗散之动量，取 $\beta = 0.85 \sim 1.0$。

七、凿岩系统的匹配

冲击式凿岩时，活塞质量、钎杆截面积、钎头对岩石的凿入系数之间，要有一个恰当的组合，才能有较高的凿入效率。按波动力学分析，冲击凿入指数 γ 在 1～2 之间，有较好的匹配效果，冲击凿入指数可由式(5-19)求出：

$$\gamma = \frac{(\rho\alpha\omega)^2}{mK} \tag{5-19}$$

式中　ρ——钎杆的密度，kg/m^3；

α——纵波在钎杆中的速度，m/s；

ω——钎杆的截面积，m^2；

m——活塞的质量，kg；

K——钎头对岩石的凿入系数，N/m。

钎钢的密度为 7800kg/m^3，纵波在钎杆中的速度为 5100m/s。凿入系数视岩石的坚固性和钎头刃长(或柱齿数目)而定，在没有准确的测定时，对于刃长 40mm 的钎头，可采用下列数据：

坚固的岩石	$K = 100 \sim 500$	MN/m
中等的岩石	$K = 20 \sim 100$	MN/m
不坚固的岩石	$K = 4 \sim 20$	MN/m

第三节　旋转式钻孔

一、钻压对钻孔速度的影响

在图 5-3 中给出了钻压和钻孔速度间的关系，从图中看出随着钻压的增大，钻孔破

碎岩石的方式可分为四个区段。

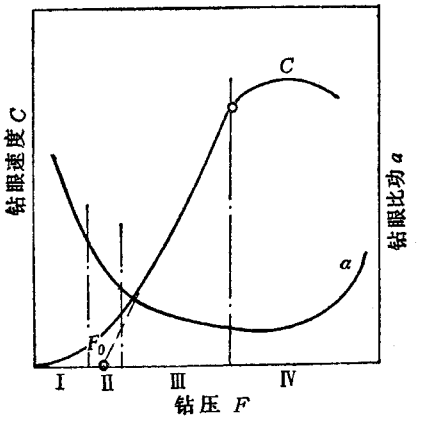


图 5－3　钻压对旋转钻眼的影响

当钻压 $F < F_0$ 时，钻刃未能有效地侵入岩石，钻速很低，破碎岩石的比功很大，这是第 1 区段。在第Ⅱ区段，钻压超过 F_0，钻刃侵入岩石的深度发生跃进性的变化，钻速开始提高，比能下降，属于过渡的区段。第厦区段是正常钻孔工作的范围，钻速随钻压增加而直线地上升，比能则处于一个稳定的数值。当岩石的普氏坚固性系数 $f < 10 \sim 12$，钻头直径在 40～45mm 范围，钻压 1000～4000。便能工作在第Ⅲ区段。在既定条件下，如果钻压过大，摩擦阻力增加，排粉困难，钻速随钻压的增长率减缓，比能再度增大，产生阻塞现象，这是第Ⅳ区段。

О.Д. 阿里莫夫（Алимов）研究了钻头直径 40～45mm 的旋转式钻眼，给出了在第Ⅲ区段工作的如下关系：

$$c = k_3(F - F_0)/9.8 \qquad (5-20)$$

式中　c——钻孔速度，cm/min；

k_3——随岩石坚固性而定的系数，见图 5－4；

$f = 2 \sim 6$ 时，$k_3 = 1 \sim 0.135f$，

$f = 6 \sim 16$ 时，$k_3 = 0.31 \sim 0.019f$；

f——普氏岩石坚固性系数；

F——钻压，N；

F_0——钻压的起算值，N；

$F_0 = 350f_0$

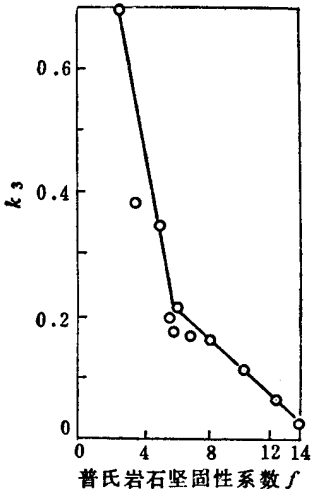


图 5－4　岩石坚固性系数 f 和 k_3 值关系

二、最优转速

在钻速不高时，钻速随转速增加而升高，但转速超过其最优范围后，钻速并不随转速增加而升高，有时反而下降。最优转速随岩石坚固性提高而减小，见图 5－5。它可由式（5－21）给出：

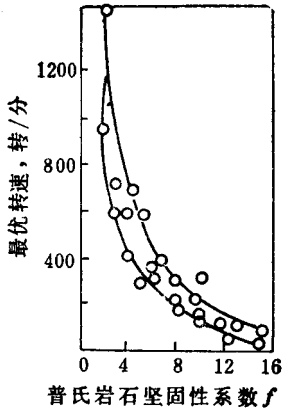


图 5－5　最优转速和岩石坚固性关系

$$n_y = \frac{2200}{f} \tag{5-21}$$

式中　n_y——最优转速，r/min；

f——普氏岩石坚固性系数。

三、钻进功率

旋转钻孔时破碎岩石的比功如下：

$$a_z = \delta f$$

$$\delta = 27.4 \pm 3$$

式中　a_z——钻孔破碎岩石的比功，J/cm^3；

f——岩石普氏坚固性系数。

回转钻孔时的功率如下：

$$P = 0.46 k_3 (F - F_0) f \qquad (5-22)$$

式中　P——钻眼功率，W；

其他符号同前。

式(5-19)到式(5-21)是以钻头直径 40~45mm 给出的，如果钻头直径偏离所给定的范围，则结果要作相应的修正。

露天旋转钻孔的直径一般在 100~150mm 左右，深不超过 30mo 转速的范围见表 5-4。

表 5-4　转钻机数选取(r/min)

岩石性质	大型钻机	中型钻机
软岩	70~120	90~150
中等	60~100	70~120
硬岩	40~70	50~90

当钻头直径较大或刃数增多时，施加于钻头的压力，应和钻头刃的总长度成正比例增加。

第四节　排碴对钻孔速度的影响

钻凿钻孔所产生的岩碴，如不能及时排出，将明显影响钻孔速度，除了少数旋转式钻机利用带螺纹的钻杆来排出岩碴外，通常利用水或压气来排碴，它同时还起着冷却钻头飞延长寿命的作用。

凿岩机常利用水来冲洗眼底，捕灭粉尘，为此目的，每分钟的供水量应在 3~5L 以

上。

牙轮钻和露天潜孔钻，常利用压气排碴。在排除向下钻孔的岩碴时，眼孔内气流速度必须超过岩碴颗粒的浮悬速度，它由式(5－23)给出：

$$v_s = 4.7\sqrt{d_m \rho} \tag{5-23}$$

式中　v_s——悬浮岩碴的气流速度，m/s；

d_m——吹出岩碴的最大尺寸，mm；

ρ——岩石的密度，t/m^3；

平常孔内气流速度大于25～30m/s，耗气量由式(5－24)给出：

$$Q = 15\pi(D^2 - d^2)v_s \tag{5-24}$$

式中　Q——排渣耗气量，m^3/min

D——孔径，m；

d——钻杆直径，m。

第六章　钻孔与凿岩的技术经济指标

第一节　露天牙轮钻的技术经济指标

牙轮钻机的实际台年钻孔米数和作业率见表 6－1。从表中可见，不仅各矿差别颇大，就是同一矿山不同年份，也不一样。一般每年可钻孔 2～3 万米，作业率 50～70%。

表 6－1　45R 牙轮钻机台年钻孔米数和作业率

矿山名称	1983 年		1984 年		1985 年		1986 年	
	千米/台年	作业率%	千米/台年	作业率%	千米/台年	作业率%	千米/台年	作业率%
水厂	30.0	66.1	36.9	68.4	39.4	72.3		
大石河	17.5	42.2	26.2	62.6	25.7	65.8		
大孤山	23.0	60.3	22.6	59.2	24.3	64.9	23.4	64.4
大孤山①	18.8	60.3	25.0	64.9	19.9	62.7		
东鞍山	33.4	66.9	29.9	69.3	31.2	67.8	34.3	69.9
眼前山	25.0	64.9	24.7	62.7	38.8	60.6	37.5	68.9
齐大山	28.0	57.6	25.7	57.7	25.1	52.9	27.5	60.4
弓长岭	17.6		21.5		18.3	61.2	17.9	70.3
德兴	34.8		40.0		19.6		17.7	

①60R 型钻机。

表 6－2 是眼前山铁矿 45R 型牙轮钻停歇时间的写实分析。机电故障修理和等待场地占有很大比重。

表 6－2　45R 牙轮钻停歇时间分析

钻机号和年度	机械故障修理（h）	电气故障修理（h）	停电（h）	待场地（h）	待水（h）	维修（h）	其他（h）	合计（h）	折合（d）	工作（d）	台日作业率（%）
4#1983	1170.5	581.5	78.5	1341	60	759	90.5	4081	170	195	53.4
3#1984	955	469	122	471	74	284	1244	3619	150	215	59
4#1985	761	892	154	968	27	478		3279	136	229	62.7
5#1985	710	592	150	914	29	556	249	3200	133	232	63.5

按三个铁矿分析，进口牙轮比国产牙轮钻的作业率略高，分别为 66% 和 55%。按眼前山矿工 982～1985 年的统计，钻孔的废孔率在 2.6～5.2% 之间。

表 6－3 给出了 KY－310 型、60R 型和 45R 型三种牙轮钻的钻孔成本构成。其中钻头费用约占钻眼总费用的 32～42%。

表 6－3　牙轮钻机钻孔的成本构成（元/台日）

钻机型号	KY－310	KY－310	60RⅢ	45R
炮孔直径（mm）	310	250	310	250
岩石坚固性系数 f	8～14	8～14	14～18	8～14
钻机折旧费	177（12.4）	177（13.5）	226（17.4）	179（16.8）
维修费：机械备件	287（20.1）	287（21.9）	235.3（18.2）	197（18.4）
电气备件			94.7（7.3）	90（8.4）
动力费	237.6（16.6）	285.1（27.7）	168.3（13.0）	147（13.7）
工资及附加工资	17.5（1.3）	17.5（1.3）	18.1（1.4）	18.1（1.4）
润滑油及油脂	39.4（2.8）	43.3（3.3）	17.9（1.4）	16.3（1.5）
牙轮钻头费	596.7（41.8）	440（33.5）	449.6（34.7）	345（32.3）
钻杆、稳杆器等			24.6（1.9）	24.6（2.3）
车间经费	67.8（4.7）	62.5（4.8）	61.7（4.8）	50.9（4.8）
总　　计	1423.0（100）	1312.5（100）	1296.2（100）	1067.8（100）
每日钻孔量（m）	118.2	150.3	83	92
每米孔成本（元）	12.04	8.73	15.62	11.61

注：括号中为成本构成的百分率。

表 6－4 给出牙轮钻头实际寿命的数据。牙轮钻头的寿命在很大程度上取决于钻头的质量及岩石的坚固性和磨蚀性。表 6－5 是每台牙轮钻每年的钻头钻杆消耗。

表 6－4　牙轮钻头的实际寿命

矿山名称	年份	钻头生产厂家	钻机型号	钻头直径（mm）	消耗个数（个）	总进尺（m）	钻头寿命（米/个）
眼前山铁矿	1983 1984 1985	鞍山	45R	250	277 276 216	77067 80248 78235	278 290 362
齐大山铁矿（南采）	1982 1983 1985	武汉 鞍山 鞍山	45R	250	429 285 104	94120 51576 20518	219 181 197
南芬露天铁矿	1983 1984 1985	本溪	45R	250	274 270 440	151084 141804 183172	551 525 416
东鞍山铁矿	1983	鞍山	45R	250	121	25909	214
大孤山铁矿	1984 1985	鞍山	60R 45R 60R 45R	310 250 310 250	105 73 76 83	31259 27775 19912 25335	298 380 262 305
德兴铜矿	1984 1985 1986	武汉	45R	250	7 23 43	12006 39253 70952	1715 1706 1650

表 6－5　牙轮钻机的钻头、钻杆消耗量

矿山名称	眼前山铁矿	大孤山铁矿	大孤山铁矿	齐大山铁矿	南芬露天铁矿	南芬露天铁矿	歪头山铁矿
年　份	1983～1985	1984～1985	1984～1985	1984～1985	1982	1983	1982～1984
钻机型号	45R	45R	60R	45R	45R	60R	45R
钻头（个/台·年）	97.4	78	90.5	113.5	123	84	98
（个/万·吨）	0.37				0.36	0.18	0.33
钻杆（根/台·年）	2.23				5.5	3.5	

第二节　露天潜孔钻工效和成本

露天潜孔钻的生产能力可参考表 6－6，设计时可采用表 6－7 的数据。KQ－200 型潜孔钻台年最高记录是 22957m（南芬露天铁矿）。

表 6－6　潜孔钻机生产能力

钻机型号	冲击器型	钻头直径（mm）	岩石坚固性系数 f	钻孔速度（m/h）	台班效率（m）
CIQ－80	J100	110	6～8	8～12	40～50
			10～12	5～7	30～40
	QC－100	110	12～14	3～4	20～30
			16～18	2～3	12～16
SQ100J	JG100	105	12～16	9～15.4	～52
YQ－150A①	J－150	155	6～8	10～15	60～70
	QC－150B	165	10～12	6～8	35～45
	J－170	175	12～14	4～5	25～35
	J－170B	175	10～16	～6.5	
	W－170		16～18	2.5～3.5	18～22
	QCW－150	150	8～16	6.7～20	
KQC165	CGWZ165	165	14～16	10.7	
KQ－200	J－200	210	6～8	12～18	70～80
			10～12	7～9	40～50
	W－200	210	12～14	4.5～6	30～40
	J－200B	210		6.5～7.5	
KQ－250	QC－250	250	16～18	3～4	20～25

①YQ－150A 为 KQ－150 型钻机的原型

表 6－7　冶金部门潜孔钻效率（设计推荐）

岩石坚固性系数 f	钻头直径（mm）			
	80	150	170	200
	潜孔钻效率（米/台·班）			
4～8	25～30	30～35	30～40	30～40
8～12	20～25	25～30	25～30	25～30
12～16				20～25

潜孔钻机钻孔成本随着矿山的条件不同，其变化范围较大，在表 6－8 中仅给出钻孔成本构成的比例。

表 6－8　潜孔钻机钻孔成本构成比例（%）

费用项目	YQ－150 型①		KQ－200 型	
	硬　岩	软　岩	硬　岩	软　岩
设备费	14.0	18.0	31.1	37.3

费用项目	YQ－150 型①		KQ－200 型	
	硬　岩	软　岩	硬　岩	软　岩
动力费	29.3	37.7	21.8	26.2
钻具费	41.1	25.6	31.5	18.9
工　资	7.0	9.0	3.4	4.0
其　它	8.6	9.7	12.2	13.6
总　计	100	100	100	100

①YQ－150 为 KQ－150 型钻机的原型。

第三节　露天旋转钻机的技术经济指标

表 6－9 给出了几种旋转钻机的实际生产能力。表 6－10 是 H60 型旋转钻机在鼓山石灰石矿的钻孔速度，表 6－11 是其工时构成。

表 6－9　各种旋转钻机生产能力

指标名称	钻机型号						
	GZ-1	KS-95	WS-75	BC110/25	KX-150	BC-110	CD-25C
使用矿山	抚顺西露天煤矿	邯郸石灰石矿	华新水泥厂	抚顺西露天煤矿	义马露天煤矿	小龙潭煤矿	霍林河煤矿
岩石坚固性系数 f	4～6	8～12	7～2	2～3、4～6	3～6	2～3	3～6
孔径（mm）	160～176	95～115	120	115～120	140～160	110	130～171
台阶高（m）	14～16	10～20	10～30	6～8	10		
孔向（°）	90	90	90	90	70～90		60～90
效率（米/台·年）	105000	39864					53809～184376
效率（米/台·月）	10000	3489		1300	6200		15000～23000
效率（米/台·班）		40～51	35	36	125	70～100	
作业率（%）	50	73	72	34			
钻头寿命(米/个)		400	1680			7000	
穿孔成本(元/米)	1.656	2.077	3.6				

表 6－10　鼓山石灰石矿 H60 钻机纯钻进速度

钻头批号	修磨次数	总进尺(m)	每次平均进尺(m)	计入油缸回程的钻进速度(m/h)	纯钻进速度(h/m)
01	12	303.5	23.5	8.86	11.8
02	14	370.46	26.4	12.40	18.9
03	32	457.5	14.3	12.80	19.8
04	32	486	15.2	11.90	17.8
平均值	22.5	404.4	19.85	11.50	17

表 6－11　H60 型旋转钻机的工时消耗构成

作业项目	平均耗用时间(min)	每班平均进行次数(次)	每班占用时间(min)	相对比例(%)
准备工作	30	1	30	6.25
移机,找平,稳钻	30	2	60	12.5
接钻杆	2.5	20	50	10.4
卸钻杆	1.5	20	30	6.25
更换钻头(孔中更换)	20	1	20	4.16
(中孔更换)	4	1	4	0.83
收尾工作	10	1	10	2.08
其他	20		20	4.16
钻孔			256	53.4

第四节　露天二次爆破的凿岩费用

目前,露天开采时破大块和处理根底,仍以凿岩爆破最为常用。破大块时孔深约 0.4～0.5m,处理根底时孔深 1.5～3m。凿岩机以 Y26 或 01－30 型手持式较为适用。有的矿山曾采用内燃式凿岩机,但未得到成功。

二次爆破的凿岩生产率,每台班约为 20～30m,按眼前山铁矿 1984～1985 年两年统计,采场开动 4m^3 电铲 6 台,每年二次爆破的凿岩工作量约为 1500m,共耗钎头 750～800 个,钎钢约为 500kg,约占二次爆破总费用的 12～13%。表 6－12 列出了该矿二次爆破各项费用分配。

表 6－12　二次爆破的费用(元)

项　目	1984 年	1985 年
材料费	10289(18.4)	22835(34.2)
备件费	2919(5.2)	1146(1.7)
钎头费	6720(12.0)	6350(9.5)
炸药费	20548(36.7)	17247(25.9)
钎杆费	921(1.6)	1972(3.0)
人工费	14640(26.1)	17160(25.7)
总计费用	56038(100)	66710(100)
凿岩总进尺(m)	15250	15629
每米费用(元)	3.67	4.27

注:括号内为费用构成的百分率。

第五节　地下凿岩的技术经济指标

凿岩机的生产能力主要取决于岩石的坚固性和工作气压,在气压为 0.5MPa 时各种凿岩设备的台班效率可参考表 6－13。

表 6－13　凿岩设备的生产能力(米/台·班)

凿岩设备型号	岩石普氏坚固性系数 f			
	8～10	10～12	12～14	14～16
YT25	25	20	18	15
7655	30	25	23	22
YSP45	25	23	22	21
YG80	20	17	15	12
YG90	45	44	42	40
YQ100A	10	9	8	6

表 6－14 给出了各种型号凿岩设备的寿命、零备件消耗。表 6－15 是凿岩设备的台班成本。表中 YG80、YG90、YG100A 按每班工作六小时计,其他凿岩机,按每班工作四小时计。

表 6－14　凿岩设备的寿命及零备件消耗

设备型号	YT25	7655	YSP45	YG80	YG90	YQ100A
单价:(元/台)	350	560	1030	1120	1600	15000
寿命:(小时)	4000	5000	4500	5000	5000	15000
折旧费:(元/小时)	0.09	0.11	0.23	0.22	0.24	1.00
(件/台年)		123	54	186	136	234
备件消耗:(元/台年)		646	664	712	860	9987

表 6－15　凿岩设备台班成本(元)

项　目	设备型号					
	YT25	7655	YGF45	YG80	YG90	YQ100A
折旧费	0.36	0.44	0.92	1.32	1.8	6.0
备件费	2.00	2.15	2.21	2.37	2.23	33.29
油质费	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
胶管费	3.3	3.2	2.3	4.1	4.1	4.1
钎钢费	0.99	0.99	1.0	10.32	10.32	8.5
钎头费	1.74	1.74	2.61	3.48	3.48	3.48
压气费	4.60	4.91	7.68	15.36	15.26	23.04
水　费	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.6
工　资	8	8	8	16	16	16
总　计	22.79	23.33	27.52	54.85	55.79	96.51

注:此表根据弓长岭地下铁矿 1986 统计。

第七章　破碎岩石的非凿岩爆破方法

第一节　犁松法及其设备

一、犁松法概念

在露天采矿工程中，破碎岩石的传统方法是钻孔爆破。近年来，对于硬土层、软岩和节理裂隙发育的中硬岩石已开始采用一种新型的犁松法破碎岩石。该法先通过安装在犁松机上的犁钩将岩石破碎，然后用铲运机进行装载、运输和卸载。犁松机和铲运机是犁松法的主要设备。

犁松法的突出优点是简化了露天开采工艺过程，大幅度地提高露天矿的采剥强度和降低采剥矿岩的成本，便于剔除矿层中的废石夹层，并有利于覆土造田。据统计，美国用犁松法代替穿爆法破碎石灰岩和砂岩等，其成本仅占穿爆法的 33.1%。苏联莫斯科近效水泥厂在页岩和石灰岩中破碎岩石，犁松法的成本只有原用凿爆法的 1/5 ~ 1/10。目前，犁松法已开始在美、苏、日、法和圭亚那等国家应用。我国自 80 年代开始，在云南昆阳磷矿、晋宁磷矿和山西铝厂孝义铝矿亦试用犁松法，在氟磷灰石、白云岩、页岩和石灰岩中破碎岩石，都取得了良好的技术经济效果。它是一种具有广阔发展前景的破碎岩石方法。

二、犁松法主要设备

犁松法的主要破碎岩石设备为犁松机，其装载与运输设备为铲运机，或装载机和汽

车犁松机，实质就是带有犁松器的履带式推土机（图 7－1），近一、二十年来，随着大型推土机的出现，犁松器的研制成功，诞生了犁松机，它将推土机的使用范围由推土扩大到破岩。

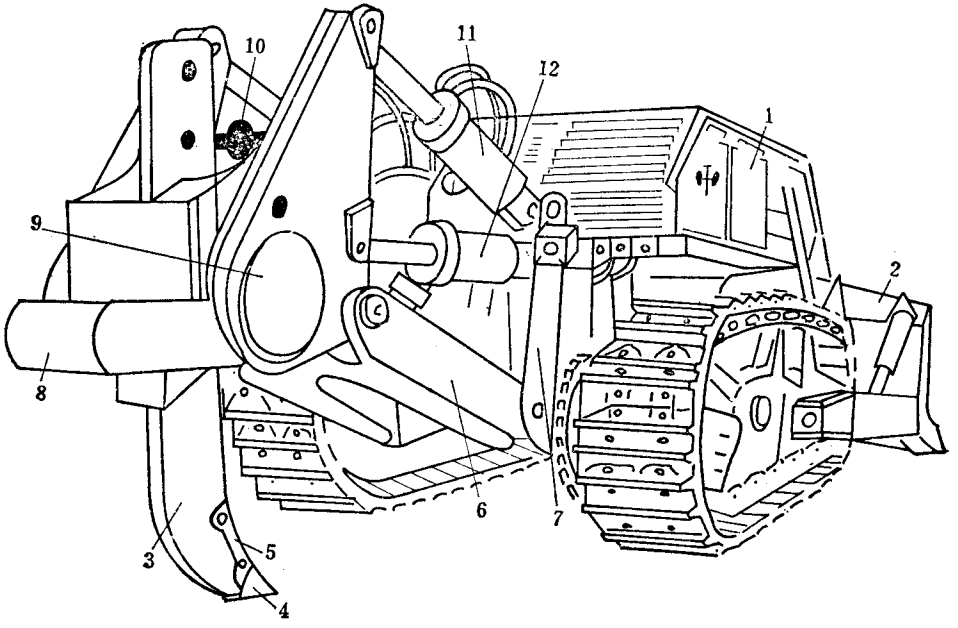


图 7－1　犁松机
1—机体；2—铲；3—犁钩；4—齿套；5—保护板；6—臂；7—托架；8—推块；9—横梁；10—销栓；11—倾斜缸；12—提升缸

矿山使用的犁松机功率一般在 239kW（320 马力）以上，如日本小松制作所的 D355 型 306kW（410 马力）及 D456 型 463kW（620 马力）的犁松机和美国卡特彼勒公司 DSL 型 343kW（460 马力）及 D10 型 522kW（700 马力）的犁松机等，在一些国家成功地用于松碎页岩、石灰岩等岩石。

犁松器安装在犁松机的后面，由调节装置和犁钩组成。在矿山常用的犁钩数为 1～3 个。犁钩挖掘角度的可调范围为 35°～61°，挖掘深度随岩石性质之不同而异，一般为 0.6～1.8m，在表 7－1 中列出犁松器的技术性能，以供参考。

表 7－1　犁松器技术性能

项　目	单　位	单　钩			多　钩		
犁松机功率	kW	235	302	456	235	302	456
犁松器重量	kg	5170	5740	8340	5390	6880	10190
犁钩数量	个	1	1	1	3	3	3
犁钩挖掘角度	（°）	35～60	37～61		35～60	37～61	31～58

项　目	单　位	单　钩			多　钩		
犁钩最大挖深	m	1.24	1.40	1.79	0.84	1.02	1.20
犁钩最大升程	m	0.97	1.13	1.20	0.89	0.95	0.98

犁松机工作时,首先将犁钩插入一定深度,然后随着犁松机的前进,犁钩附近的岩体,除表层被犁松外,绝大部分岩体是在犁钩破碎力作用下产生裂纹,并迅速扩展和导致岩块破裂。

典型的犁松法开采是铲运机配合犁松机在已松碎的岩石工作面作业,利用铲刀切入松碎岩层,在铲运机牵引力或助推机推力的作用下,将已松碎的岩堆切割成 300 ~ 500mm 的薄层,挤压并装进铲斗,直至装满为止。铲运机可在缓倾斜和水平条带工作面作业,装卸时间较短,装载的重心低,运行速度较快,平均每小时可达 25 ~ 38km,运距达 1000m 左右,铲运机操作循环时间见表 7 – 2。

表 7 – 2　铲运机循环时间①

铲运机型	装载方式	助推机	运距(m)	最大坡度(%)	循环时间(s)			
					装	运	卸	合计
637 型	推 – 拉式		300 ~ 400	3 ~ 4	50	100	30	180
637 型	助推加推 – 拉式	D9L	700 ~ 800	8	50	160	30	240
657 型	助拉式	D9L	400 ~ 600	10 ~ 12	60	190	50①	300
WS23S	助拉式	D9L	900 ~ 1000	27	42	224	16	282

①石灰岩在格筛上卸载。

目前,我国开始生产最大松土机为 235kW,最大铲运机斗容为 $10m^3$。与此同时,有关单位正进行 302kW 松土机和斗容 $16m^3$ 自行式铲运机的研制工作。

三、犁松法基本参数

A　岩石可松碎性分级

岩石的可松碎主要取决于岩体内的弹性波速度。当弹性波速度小于 2100m/s 时,岩石容易松碎;当弹波速度为 2100 ~ 2800m/s 时,岩石松碎困难,弹性波速度超过 2800,n/s 时,岩石不能松碎。在松土机功率介于 220 ~ 522kW 条件下,可参照表 7 – 3,依据弹性波速度对岩石进行可松碎性分级。

在图 7 – 2 中给出了功率 302kW 犁松机的松碎岩石的范围,以供选用犁松法时参考。

表 7－3　按弹性波速度的岩石可松碎性分级

指　　标	岩石可松碎性等级		
	容易松碎	松碎困难	不能松碎
弹性波速度(m/s)	<2100	2100～2800	>2800
岩土名稗	泥灰岩、白垩、粘土、亚粘土、砂岩、页岩、石灰岩等	坚硬砂岩、石灰岩和片麻岩石英等	花岗岩、玄武岩等
结构特征	节理、裂隙发育，风化严重，粗粒	有节理和裂隙，有风化现象	均质致密，细粒构造，尤弱面
岩石容重(t/m^3)	2.6	2.7～2.8	>2.8
岩石坚固系数 f	<6	6～8	>8

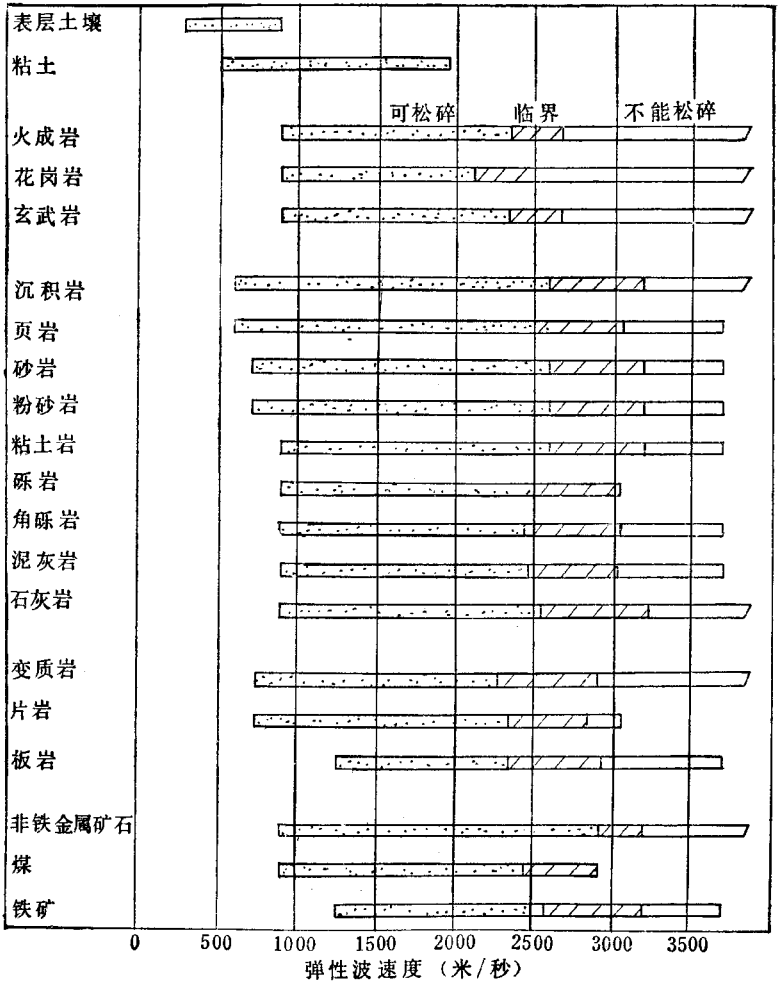


图 7－2　302kW 犁松机松碎岩石的范围

B　犁松机生产率

犁松机生产率主要取决于犁松机型号和岩石物理力学性质等因素。当犁松机型号已定的条件下,其小时生产率与岩体中弹性波速度的实测曲线如图 7－3 所示。

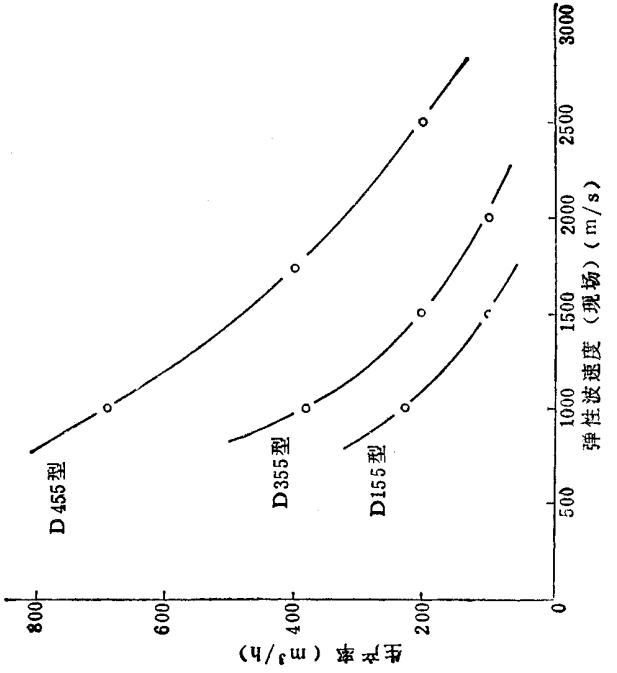


图 7－3　犁松机生产率与弹性波速度的关系曲线

C　犁松机钩深

犁松机的钩深是根据犁松机体后部不升高和履带不打滑的原则来确定的,一般为 0.5～1.5m。

表 7－4　列出我国孝义铝矿和美国部分矿山应用犁松机所得出的最大钩深资料。

表 7－4　犁松机最大钩深实际资料

矿山名称	岩石或土壤	弹性波度（m/s）	犁松机			最大钩深（m）
			型号	功率（kW）	钩数	
山西孝义铝矿	页岩、砂岩	480～900	D355A	302	1	1.0～1.3
山西孝义铝矿	薄层石灰岩		D355A	302	1	0.5～0.8
山西孝义铝矿	黄土		D355A	302	1	1.3～1.5
美国印第安那州南部煤矿	表土页岩	1070～3500	D9L	338	1	1.4
美国阿肯色州石灰石矿	表土、石灰岩	2820	D10	515	3	1.8

四、犁松法的技术经济指标

犁松法破碎岩石是一种效率高、成本低的新方法。在中硬以下的岩层，特别是节理、裂隙发育的中硬岩和软岩中，有推广的价值。国内外犁松法的技术指标可参阅表 7－5 和表 7－6。

表 7－5　孝义铝矿的犁松法技术指标

岩土类别	钩深（m）	间距（m）	生产串（m^3/h）
粘土及砂岩，页岩	1.0	1.91	2578
硬质粘土	1.0	2.12	1826
砂页岩及少量灰岩	1.0	1.40	1615
铝土矿（软）	0.9	1.56	1395
石灰岩	0.6	1.50	465

表 7－6　国外应用犁松法的技术指标

工地（国名）	岩　　石	弹性波速度（m/s）	生产率（m^3/h）	
			单纯松碎	松碎加推土
新荣（日本）	花岗岩①	600～2000		410
葛生（日本）	硅石②	1000～1S00	507	209
（澳大利亚）	泥岩	2400	499	327
垂卡蒂（英）	泥岩、砂岩	2000～2800		413
小野田（日本）	石灰岩	900～2700		180
太涅立夫（西班牙）	火山岩	2400～2500	600	
南瓦勒斯（英）	凝灰岩	1500		490
入川（日本）	硬质砂岩	2300～2700	308	172

①预裂爆破后；
②交叉碎裂

第二节　碎石器

一、气动碎石冲击器

气冲碎石冲击器与液压碎石冲击器一样，都是岩石二次破碎的机械方法。它是一种

多用途的通用设备，在矿山可用于开挖与破碎大块岩石，在土木工程也可用于开凿基岩，拆毁钢筋混凝土结构以及破碎冻土、整治路基、路面等。

气动碎石冲击器常与通用的移动式设备（履带式或轮胎式反铲液压挖掘机、电铲，装载机、改装的推土机与拖拉机等）或固定式设备（龙门起重机等）配备使用；有时也与专门设计的设备配套使用。

气动碎石器的动作原理和冲击器、凿岩机差不多；但不回转不排碴，且直径不受限制，因而有较大的空间选择性，能合理地选择其结构及性能参数，故有较高的作业效率与使用寿命。

为了适应不同用途，碎石冲击器的锤具可制成多种形式。图 7－4 选了五种主要的锤具形式。其冲击能从数百牛·米到数千牛·米。

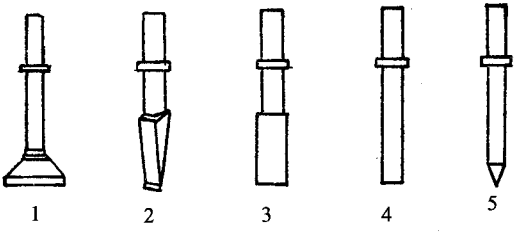


图 7－4　锤具形式
1—平板形；2—楔形；3—锤头形；4—平头形；5—尖形

国内外主要气动碎石冲击器的类型及性能列于表 7－7。

表 7－7　国内外气动碎石器型号与性能

厂　家	型　号	活塞质量 (kg)	总重 (kg)	工作气压 (MPa)	耗气量 (m^3/min)	冲击能 (J)	冲击频率 (Hz)
嘉兴冶金机械厂 通化风动工具厂	FC-300	84	950	0.6	17.4	3000	4
沈阳冶金机械总厂	FC-420	110	1200	0.55	22.1	4200	3.88
通化风动工具厂	FP120L			0.6	12	1200	6.6
美国肯特风动工具公司	Ram200		744	0.5	22	2770	
	Ram999		376			1387	
	Ram555		229			41460 (J/min)	
美国英格索尔-兰德公司	ABm500	51				580000 (J/min)	
	ABm1000	90				995000 (J/min)	
法国马考穆顿风动工具公司	BR450		450		9.5	1800	5.0

厂　家	型　号	活塞质量(kg)	总重(kg)	工作气压(MPa)	耗气量(m^3/min)	冲击能(J)	冲击频率(Hz)
联邦德国法马克公司	VR15A	208	2132	蒸气压力0.83	8.4	3660	3.8
	VR20A	703	3946	蒸气压力0.83	10	9340	2.2
苏联矿山机械设计院	BH-2			0.6		500	2.7
日本大成凿岩机械公司	TB-1		150	0.5	6		8.7
	TB-2		330	0.5	8		7.5
	TB-3		440	0.5	10		6.0
	TB-4		700	0.5	11		6.3
日本风动机械公司	IPH-200	12.5	208	0.5	5.5	600	6.3
	IPH-400	25.2	405	0.5	6.5	1100	5.3
	IPH-500	26.9	500	0.5	8	1200	5.5
	IPH-600	30.5	624	0.5	9	1300	5.2
	IPH-1000	52	830	0.5	10	2200	3.7
日本帝国凿岩机械厂	BB55	32	450	0.5	7.2		9.7
	BB66	46	650	0.5	10.1		10.0
日本古河公司	BB6		670		10.5	1700	6.5
	BB11		1800		17	2400	7.7

二、液压碎石冲击器

液压碎石冲击器与气动碎石冲击器相比，有下列优点：(1)节省能量，只有后者的四分之一；(2)工作面干净，无尘土飞扬；(3)活塞在油中运动，寿命较长；(4)噪音低，不必安装消音器；(5)操作方便，只要改变油压和油量，就能改变其冲击功和冲击次数。因此，国外倾向于生产液压碎石冲击器。国内也已经有产品。

A　液压碎石冲击器的结构及工作原理

液压碎石冲击器的结构分有阀与无阀两类。有阀的又分套筒式与柱塞式两种。

液压碎石冲击器是利用活塞冲击钎杆，活塞的往复运动是通过各种形式的配流阀来实现的。

图 7－5 是套筒阀配油碎石器的工作原理，套筒阀 D 在油缸内位于活塞户的后部，处在同一轴线上。阀上有径向通油孔 H，其工作原理如下：

第 1 阶段：高压油进入活塞户下部的前腔塞室 C_1，活塞向上移动。

第 2 阶段：活塞向上移动时，同时推动套筒阀 D 直至上部止动位置。这时，高压油通过套筒阀 D 的径向小孔 H 进入后腔室 C_2，于是活塞上面的压力升高。这时，蓄能器 M 的隔膜升起，压缩蓄能器中的氮气，进行蓄能。

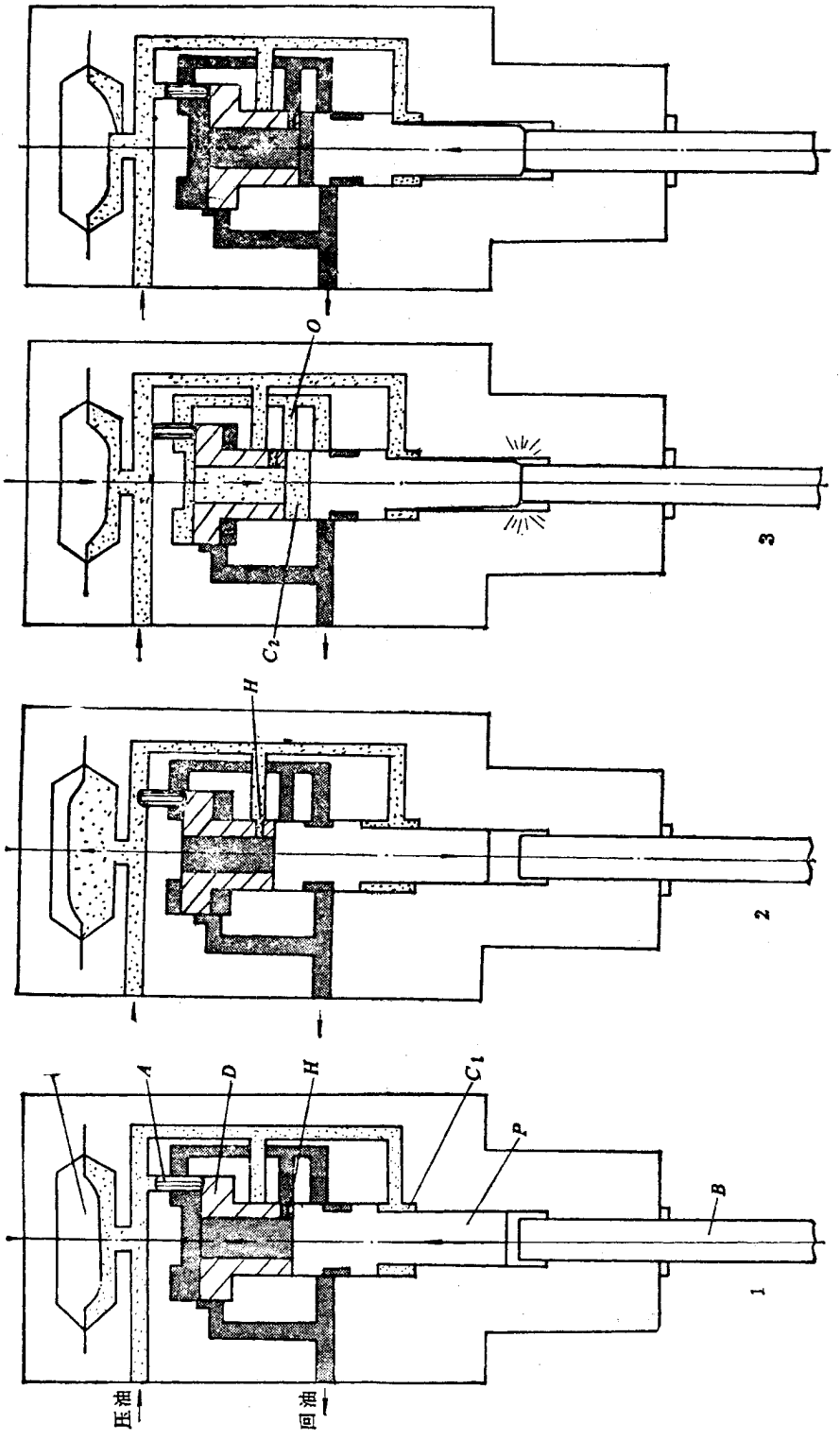


图 7-5　套筒阀液压碎石冲击器工作原理

M—蓄能器；*A*—小柱塞；*D*—阀；*H*—阀上径向通油孔；C_1—前油腔；C_2—后油腔；*P*—活塞；*B*—钎子；*O*—缸壁油孔

第 3 阶段:当活塞上面的压力超过活塞下面的压力时,使活塞向下移动。这时,蓄能器释放出积蓄的能量,使活塞加速下移。活塞下移过程中打开油孔 O,使套筒阀上部边处于高压油的作用下,便向下移动,活塞继续下移直至冲击钎尾。

第 4 阶段:活塞冲击钎尾时,套筒阀向下移动堵住后腔塞 C_2 的高压油孔,而使后腔室与回油管相通,于是形成回油。随后即重复上述过程。

小柱塞 A 的上部常通压力油,当套筒网 D 在下部回油位置时,它压迫阀使其固定在最下面位置。

B　国内外主要液压碎石器的类型及性能

其性能和类型见表 7－8。国产有 PCYG 和 PCYD 系列液压碎石器由长沙矿山研究院研制,后者是在活塞和钎尾之间有液垫式的。PCYG 系列的冲击能由 0.2～8kJ;PCYD 系列冲击能 10～40kJ。

表 7－8　国内外几种液压碎石器型号与性能

厂　家	型　号	冲击频率 (Hz)	单次冲击能 (J)	重量(不包括锤头) (kg)	供油		氮气的充气压力 (MPa)
					油　压 (MPa)	油　量 (kg/min)	
嘉兴冶金机械厂	PCYD-20	0.17～0.33	18000～20000	930	16～18	170～200	
	PCYD-40	0.13～0.22	36000～40000		16～18	170～200	
嘉兴冶金机械厂	PCYG-1	8.3～11.7	900～1000	380	13～16	90～110	
	PCYG-3	5～8.3	2700～3000	1083	13～16	130～160	
	PCYG-8	3.3～6.7	7500～8000		14～16	200～240	
美国乔依机械制造公司	$H_1F_{1\frac{1}{2}}$-514	2.5	27600	1100	12.2～15.2	183～228	9.8
美国英格索尔兰德公司	G-500	2.3/2.7	690	220	14	945	7.0
	G-1100	1.0/10.0	1980	339	14	1041	9.8
联邦德国克虏伯公司	HM-200	8.0/10.8		255	12～15	40/55	冲程和回程都装有外密封蓄能器
	HM-401	9.2	550	400	12.2～15.2	60/70	
	HM-600	7.5	1860	550	13～16	70～90	
	HM-800	7.5/15	7300/1650	710		90/120	
	HM-1000	3.3	7350	1430		120	
联邦德国费恩塔尔·米勒机械设备公司	HH420	8.3～10		420		60～70	
	HH580	8.3～10		580		60～70	
	HH960	4.2～5		960		60～70	
	HH961	5.8～6.7		960		80～90	
法国蒙塔贝公司	BRH500	5.3～7.5	2020	415	65.7～13.2	60～70	
苏联全苏筑路机械科学研究所		2.5	3500	670	10	94	

厂　家	型　号	冲击频率 (Hz)	单次冲击能 (J)	重量（不包括锤头） (kg)	供　油		氮气的充气压力 (MPa)
					油　压 (MPa)	油　量 (kg/min)	
苏联卡拉甘达工业学院	BIIT-301	0.167	30000	112000	10	140	
英国桑德公司	FIU100n	2.7～3.0	2290	522	1 .2～14	60	7.0
英国克利克·多布森公司	GB3000	10.0	4150	703	14	185	4.2～5.6
芬兰劳依机械公司	B200	5.0～9.3	920～1300	600	10～14	45～46	

第三节　开采大理岩的锯石设备

目前国内外开采大理岩的锯石设备主要有普通钢绳锯，金刚石钢绳锯、链式锯石机，盘式锯石机等。

一、普通钢绳锯

普通钢绳锯又称钢丝绳锯石机，它是目前开采大理石比较理想的锯石设备，其工作原理是借助于无极钢丝绳的螺旋状绳槽，带动磨料及水，使之与大理石原岩发生摩擦作用而形成锯口，从而达到分离原岩的目的。然后再用其它方法进而获得符合规格的大理石荒料。

普通钢绳锯适宜锯割中等硬度的大理岩，不宜锯割高硬度的花岗岩，宜开采厚而大，天然裂隙少或带规则裂隙的均质大理岩矿床；要求有充足的电源、水源、磨料的供应。

国产老式普通钢绳锯是由苏州非金属矿山设计院仿形设计、由扬州农业机械厂制造的。其特点是长度为 800～1250m 的钢丝绳利用 20 多个支撑立柱及导向滑轮（绳轮）将动力输送到开采工作面。钢绳的张紧力是用斜道及荷重小车实现的，缺点是占地面积大；钢绳断后难于寻找及搭接；荷重小车容易飞出伤人；钢绳的线速度只有 7.2m/s；割锯效率亦不高（低于 $1m^2/h$）。

意大利生产的普通钢绳锯是利用一组导向滑轮代替众多的支撑立柱及导向滑轮；张紧装置利用垂直配重及小车代替斜道及荷重小车；改用大功率电机，因而克服了老式锯机的缺点，使绳速提高到 8m/s，最高达 15m/s，锯割效率可达 2～$3m^2/h$。该锯机由武汉工业大学仿形设计，由湖南省建材机械厂试生产，其具体结构组成及采场布置如图 7－6。表 7－9 中给出了一些普通钢绳锯石机的型号和性能。

表 7－9　普通钢绳锯石机型号及主要技术性能

型　号		TELECOMP	094	ИПР－528
电动机功率(kW)	10	14.7～18.4	15	7.35～33
钢绳正常速度(m/s)	6～8	6.5～8	7.26	8～12
钢绳最高速度(m/s)		12～14	15.2	
钢绳张紧力(kN)	1.4	2.5～3.0	2.5	
绳轮直径(mm)	800	800	600	
切割效率(m^2/h)	1(垂直)	2～3(垂直)	0.8～2.2(垂直)	0.9～1.04(水平) 1.2～1.5(垂直)
机器重量(kg)	450		1600	
钢绳走线方式	经 20 多个支撑立柱引到工作面	先在一对滑轮组上绕行,再引到工作面	同左,两滑轮组间距 80～100m	
产地	江苏扬州砖瓦厂	(意)贝尔格里公司	(意)贝奈蒂公司	(苏)古比雪夫机械厂

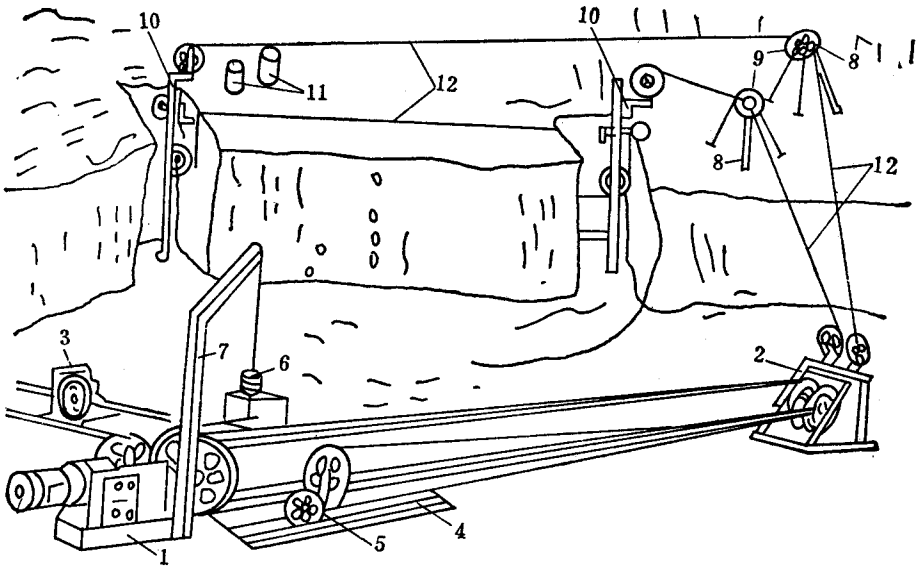


图 7－6　钢绳锯石机工作情况
1—机头;2—机尾;3—换线机;4—水平滑道;5—张紧轮车;6—张紧重锤;7—重锤立柱;8—支撑立柱;9—导向滑轮;10—工作立柱;11—供砂装置;12—钢丝绳

二、金刚石钢绳锯

意大利生产的金刚石串珠式钢绳锯,是利用套在钢丝绳上的一串金刚石薄壁圆筒作为刀具切削大理石的,相互间以弹簧隔开,它省去了普通钢绳锯所必须的磨料,但在锯割过程中却离不开水,水可冷却金刚石串珠,又可带走切屑(石粉),使切削作用继续进行。

钢丝绳的长度一般只有 20～60m，占地面积小，安装方便，主动滑轮与张紧装置都由液压马达驱动，因而既平稳又安全，其钢绳的线速度高达 32m/s，锯割效率高达 4～6m'/h，钢绳寿命约两千小时，成本只有普通钢绳锯的一半。该锯可直接从岩体上取得大规格块石，也可将大块石分割成荒料或用于荒料的整形。该锯机尺由武汉工业大学仿形设计；湖南省建材机械厂试生产，目前在使用上虽还有些困难，但金刚石工具用于石材开采与加工是个方向。金刚石串珠式钢丝锯的结构组成及工作情况如图 7－7，表 7－10 中给出了意大利的三种金刚石钢绳锯型号和性能。

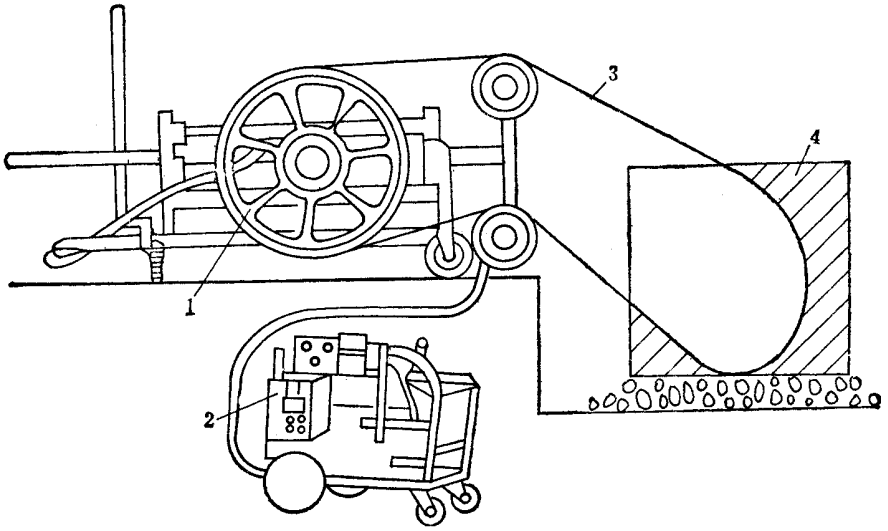


图 7－7　金刚石串珠式钢绳锯的结构及工作情况
1—工作机架；2—动力装置；3—钢丝绳；4—荒料

表 7－10　金刚石锜绳锢型号及主要性能

型　　号	DWP800	DB25	ALPHA840
可移动的绳轮直径(mm)	1200		700
金刚石钢绳线速度(m/s)	32	0～30	36
电动机功率(kW)	18	18～22	40
金刚石串珠直径(mm)	10		9.2
金刚石钢绳长度(m)	20～60	20～60	
切割效率(m^2/h)	3～5	3～6	8～10
绳轮水平行程(m)	1	2～3	
耗水量(L/min)	15		
设备重(kg)	1170	500	953
生产厂	(意)贝奈蒂公司	(意)贝尔格里尼公司	(意)贝奈蒂公司

三、链式锯石机及盘式锯石机

链式锯石机由切割传动,链盘,牵引,行走机构四部分组成。它是利用链盘驱动带有硬质合金切齿的截链来切削岩石的,而进刀则由牵引及行走机构来完成。切削线速度在0.32～1.8mm/s之间。

该机适于开采大理岩,石灰岩、石膏等中软岩石,抗压强度为60～80MPa时,生产率可达3m^2/h。

苏联、意大利,法国、比利时等国都广泛地使用链式锯,我国尚未推广使用,有待进一步研究。

第四节　静态破碎剂

静态破碎剂是利用炮孔中物料在化学反应时硬化并膨胀体积,把周围岩石撑裂而破碎。它没有炸药爆破时所产生的飞石、振动、噪音、毒气等危害(见表7－11)。它不属于易燃易爆的危险品,在运输储存和施工上都十分方便。特别适用于拆除厂房或都市里的混凝土基础或其他构筑物(包括带钢筋的)。又因为它不损伤炮孔邻近的岩石,成为开采大理岩,花岗岩等石材的一种新手段。但静态破碎剂在诸炮孔中的反应难以准确同步,推动周围介质的位移量也很小,在必要的场合下,也可以与爆破联合使用。

表7－11　不同破碎方法的优缺点对比

破碎方法	破碎力	七害的消除程度							施工条件	破碎成本
		地震波	冲击波	飞石	噪音	毒气	粉尘	盲炮		
工业炸药爆破		最坏	最坏	最坏	最坏	最坏	最坏	最坏	很坏	较好
燃烧剂爆破	□	中等	中等	很坏	很坏	较好	中等	最坏	中等	很坏
机械式破碎	中等	中等	最好	较好	很坏	最好	很坏	最好	较好	中等
火焰切割机	中等	最好	最好	较好	最坏	较好	很坏	最好	中等	中等
高压水射流破碎	较好	最好	最好	较好	最坏	最好	最好	最好	中等	很坏
静态破碎剂破碎	较好	最好	最好	最好	最好	最好	最好	最好	较好	中等

一、静态破碎剂的胀裂机理

目前,国内外静态破碎剂的主要成分为氧化钙(见表7－12),它是静态破碎剂的膨胀

源,此外,含有无机添加剂。和有机添加剂。

表 7－12　静态破碎剂成分(%)

成分	CaO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	烧失及其他	合计
一号	81.0	1.0	0.3	4.0	1.5	12.2	100.0
二号	81.3	8.5	2.4	1.1	0.8	5.9	100.0

有机添加剂的作用是控制氧化钙与水的水化反应速度,使破碎剂以静态的缓慢方式进行,对周围介质施以膨胀力,并使之产生破裂和位移。无机添加剂的作用是使静态破碎剂加水后的流态混合物在规定时间内硬化,并达到一定的强度。保证静态破碎剂的胀裂力学效果发生作用。

静态破碎剂的胀裂效应基于氧化钙与水之间的水化反应,即:

$$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 + 66.6kJ \cdot mol^{-1}$$

据测定,反应前氧化钙的密度为 $3.35g/cm^3$ 从而使单位重量物质的体积增加 50.2%。与此同时,氧化钙变为氢氧化钙时,晶体由立方晶系转变为六方晶系,单个晶格体积由 $0.0278nm^3$ 增至 $0.0545nm^3$。不仅如此,在晶格体积增大的同时,体积间的空隙也相应增大。由图 7－8 可见,小圆代表 CaO,大圆代表 $Ca(OH)_2$,图中阴影部分即为体积间的孔隙增大值。实测得知,在自由膨胀条件下,静态破碎剂经充分水化反应后,体积可增加 3～4 倍。

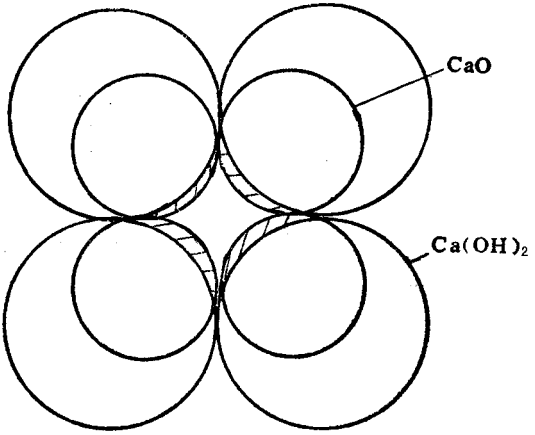


图 7－8　CaO 晶格变为 $Ca(OH)_2$ 时体积变化示意图

据测定,反应前氧化钙的密度为 $3.35g/cm^3$,反应后生成的氢氧化钙的密度为 $2.23g/cm^3$,其相应的比容由 0.2985 增至 $0.4484cm^3/g$,从而使单位重量物质的体积增加

50.2%，同时，每摩尔 CaO，水化反应后，释放出 66.6kJ 的热量。因此。静态破碎剂在炮孔中的体积膨胀导至孔内压力升高。温度上升，使介质破碎。

静态破碎剂的膨胀压力在炮孔中沿径向产生压应力，在切向产生拉应力，当膨胀压力增加到某一程度时，介质就会由于拉应力作用产生径向裂缝而破碎，根据屈斯卡屈服理论，切向拉应力可按式(7－1)计算：

$$\sigma_\theta = T\ln\frac{r}{a/2} - p + T \qquad (7-1)$$

式中　σ_θ——介质中某一点厂处的切向拉应力，Pa；

T——介质极限抗拉强度，Pa；

r——介质中某点到孔中心距离，cm；

d——炮孔直径，cm；

p——膨胀压力，Pa。

当孔径为 4cm 和孔距为 30～60cm 时，按式(7－1)计算得出的产生破裂所需的膨胀压力 p 值为：

软岩和混凝土　$p \leqslant 10 \sim 15\text{MPa}$；

中硬岩和硬岩　$p \leqslant 15 \sim 30\text{MPa}$。

静态破碎剂的膨胀压力可达 30～40MPa，故能满足石材开采以及岩石破碎工程的要求。

二、影响膨胀压力的因素分析

影响静态破碎剂膨胀压力的主要因素是作用时间、环境温度、水比、孔径、粒度组成等。

(1)膨胀压力与作用时间的关系。在图 7－9 中给出常见的静态破碎剂膨胀压力随时间变化曲线。总的趋势是随时间增长，水化反应完全，膨胀压力愈大。由图可看出，该型静态破碎剂在施工环境温度为 25℃时，经 12h，膨胀压力已达 22MPa；经 24h，已接近最大膨胀压力 35MPa。该静态破碎剂如在环境温度 15℃时使用，经过 12h，其膨胀压力仅达 8MPa，经过 48h 才基本上接近最大膨胀压力，根据这一特征，为了充分发挥静态破碎剂的膨胀作用，应在不同季节和环境温度选用不同型号的静态破碎剂。并应延长其作用时间，以提高破碎效果。

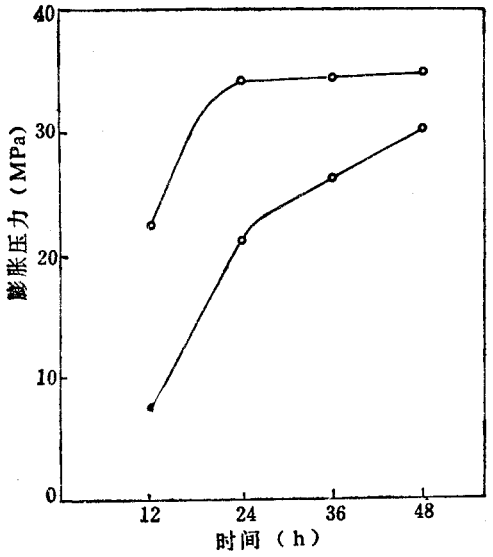


图 7－9　膨胀压力与时间的关系曲线
孔径 40mm；水比 30%；上曲线温度为 25℃，下曲线温度为 15℃

（2）膨胀压力与水比和孔径的关系。当环境温度为 20℃，孔径为 40mm 条件下，静态破碎剂膨胀压力随水比的增大而降低（参阅图 7－10）。国产静态破碎剂的最优水比范围介于 80%～40%之间。在保证一定流动性的前提下，施工过程中，应尽量减小水比。

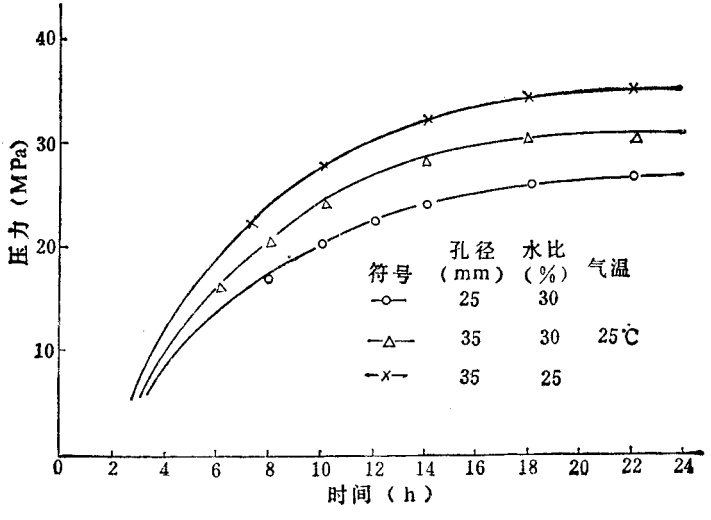


图 7－10　膨胀压力与水比和孔径的关系曲线

膨胀压力随孔径的增加，由图 7－10 实测曲线得知，以孔径 40mm 时的膨胀压力作为 100%，则当孔径为 50mm 和 30mm 时，膨胀压力分别为 106%和 87%。因此，在施工条件允许情况下，应适当加大孔径。

（3）膨胀压力与孔深的关系　静态破碎剂沿孔深的膨胀压力分布情况如表 7－13 所示。如以最大稳定压力 32MPa 作为 100%，则从孔口开始 10cm 处，膨胀压力已达最大值的 90%。在实际工程中，静态破碎剂炮孔深度一般不应小于 25～30cm。

表 7－13　孔口附近膨胀压力变化值

距孔口距离(cm)	2.5	5.0	7.5	10.0	15.0	20.0
膨胀压力(MPa)	9.9	18.6	22.7	28.8	31.4	32.0
%	31	58	71	90	98	100

此外，调整静态破碎剂各组分的粒度及其级配，或选用不同类型和比例的有机复合添加剂等，都会在一定程度上影响膨胀压力值。

三、静态破碎剂的施工方法

商品静态破碎剂的牌号，使用环境及生产厂家见表 7－14。

表 7－14　静态破碎剂型号和使用温度

型　号	SCAⅠ	SCAⅡ	SCAⅢ	SCAⅣ	由建材科学院中间试验厂生产
适宜环境温度(℃)	20～35	10～25	5～15	－5～3	
型号	JC1－1	JC1－2	JC1－3	JC14	由河南息县静态爆破科研生产服务公司生产
适宜环境温度(℃)	>25	10～15	0～10	<0	

根据被破碎岩石或混凝土等的强度、形状和自由面等条件，结合施工具体要求来设计布孔参数及静态破碎剂用量可参考表 7－15。

表 7－15　阿静态破碎剂孔网参数表

布孔参数	孔　径(mm)	孔距(cm)		孔深①(m)		破碎剂单耗②(kg/m^3)
		软岩、混凝土	硬岩	软岩、混凝土	硬岩	
块体、立方体	30～40	30～60	20～40	0.7～0.75	0.8～0.85	6～10
圆柱体	30～40	30～50	25～35	0.6～0.7	0.7～0.8	8～12
单自由面	35～50	25～45	20～35	0.7～0.9	0.75～1.0	12～18
双自由面	30～50	30～60	25～45	0.95～1.0	1.0～1.05	10～15

①指孔深与切割层厚度之比，②硬岩取大值。

施工时，首先将静态破碎剂倒入容器中，掺入 30～35%的清水，拌匀后注入炮孔中，

注满为止,不必填塞炮泥。

在施工过程中,应注意劳动保护。静态破碎剂最初装入炮孔一小时内,人员不要在被破碎体炮孔附近停留,以防喷孔伤眼。操作人员必须佩戴防护眼镜。

第五节　水射流破碎

水射流破碎方法,早在明朝以前我国就用来冲采砂锡,冲淘砂金等。广西平桂砂锡矿至今一直沿用水力露天开采锡矿。

水射流破岩技术有高、低压之分:压力小于 20MPa,流量大于 6000L/min 称为低压水射流,用来采煤或大规模破碎土质和裂隙发育的软岩;压力大于 60MPa 称为高压水射流。压力在 70 ~ 350MPa、流量在 46 ~ 455L/min 的高压水射流,可配合机械破岩,进行钻孔、掘进巷道和采煤。压力大于 200MPa、流量为 50 ~ 100L/min 的高压水细射流(喷嘴直径由零点几到几毫米),用于破碎岩石和高速精密切割板材等。压力超过 700MPa 的高压脉冲水射流,可用来破碎坚硬岩石。

水射流破碎岩石的特点是:破碎速度高,能量集中,能切割出很狭的自由面没有环境污染、无粉尘和不损坏围岩等,因而近来国内外皆普遍重视研究这一破岩技术。1975 年美国研制出压力为 400MPa 的高压水连续细射流,配合隧道掘进机进行硬岩掘进,使原掘进机的掘进速度显著提高。苏联研制出脉冲水射流破岩装置(水炮),脉冲射流压力可达 800 ~ 1000MPa,可用于硬岩巷道掘进,每小时可破碎 18 ~ 21m^3 岩石。

我国不少单位正在研究水射流破岩技术,如长沙矿山研究院制成增压比为 17:1 的高压水射流,喷嘴材料为碳化钨或人造宝石,直径 0.2 ~ 0.35mm,水射流压力为 310MPa,在砂岩中切割槽深达 28 ~ 30mm。切割间距为 3 ~ 4cm,切割形成后,各槽间岩脊已破裂成层状岩片,甚易脱落。图 7 - 11 给出水射流切槽深度与射流压力的关系曲线。

此图系收集世界各国水射流的破岩的研究者所得结果绘成,图中纵横坐标都是无量纲的,各符号的意义是:

h——切割槽深;

d_o——喷嘴孔径;

p_o——水压;

δ_c——岩石抗压强度；

v_c——水射流速度；

v_n——切割扫描速度。

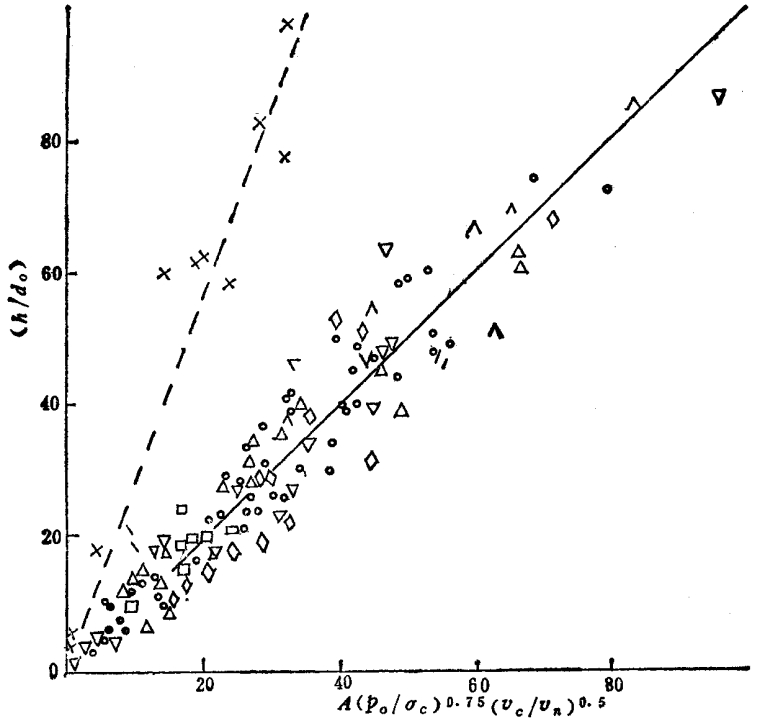


图 7－11　切割槽深与射流压力关系曲线

可用式(7－2)来表示切割槽深度和射流压力的关系，所用单位应保持括号中是无量纲的。

$$\left(\frac{h}{d_o}\right)=0.11\left(\frac{p_o}{\sigma_o}\right)^{0.75}\left(\frac{v_c}{v_n}\right)^{0.5} \tag{7-2}$$

目前，低压水射流用于破碎煤土等软岩层已在生产上应用，高压水射流的破岩技术目前已突破了高压发生装置的制造关，开始进入工业试验和生产实验阶段，只要能克服耗电量高这一严重缺点，无论是连续高压水射流或脉冲高压水射流，都是很有发展前途的一种破岩技术。

第六节　岩石的热破碎

岩石的热破碎是在岩石表面加热，造成很高的温度梯度而产生热应力，岩石在热应力作用下产生剥落。此外，由于组成岩石的诸矿物热胀系数不同，受热之后便酥化。石英在573℃因相变而膨胀，有利于热破碎，故含石英多的岩石不利于机械破碎而有利于热破碎。

热破碎所用的热源，有火焰喷射，等离子焰、电子束、红外线照射，以及激光等方法。但除了火焰喷射法外，其他方法都未得到生产性应用。

60年代用火焰喷射法制成的火钻，曾在含铁石英中得到大量应用，但目前除少数矿山外都被牙轮钻所取代。火焰喷射法在切割建筑石材方面仍然得到应用。宜于应用在花岗岩、石英岩、安山岩，砂岩等的开采上，但在大理岩、蛇纹岩等却没有取得好的效果。

火焰喷射器是利用煤油和压缩空气在燃烧室中燃烧，高温高压的燃气从喷管中喷出，得到超音速的射流，再冲向岩石，使岩石表面受热而剥落。

图7－12给出了火焰喷射切岩机的主要构成。在图7－13中给出了火焰喷射器的构造，表7－16提供了它的型号和性能。

表7－16　火焰切割器型号及性能

型　　号	HQ－55	FA－300A	FA－300	FA－200A	FA－150	GB650
喷射器长度(mm)	420	635	600			
喷射器外径(mm)	90	73	67	73		64
操作杆长度(mm)	2000	2420	1850	1210		ϕ30
喷油压力(MPa)	0.8～1.0	0.92				
空压机排气量(m^3/min)	9～10	8.5	10～14		4.2	5.0
工作气压(MPa)	0.65	0.56～0.84	0.7	0.7	0.7	0.7
耗油量(L/h)		55	20～30	33	30～35	30～35
切割槽宽度(mm)	120	90～120	120	90～120	70	70
切割生产率(m^2/h)	1.8	1～1,5	1.4～2.5	0.5～0.8	1.5～2.0	1.25
切割深度(m)	3～6	2.42～5	5～6	2.42～3.6	4.5	1.5～4.5
燃烧室寿命(h)			1500			
操作人员(人)	2	2		1		
自重(kg)			20			
生产厂家	武汉工业大学	勃郎宁公司(美)	三木精工(日)	勃郎宁公司公司(意)	贝尔格里尼(意)	贝奈蒂公司

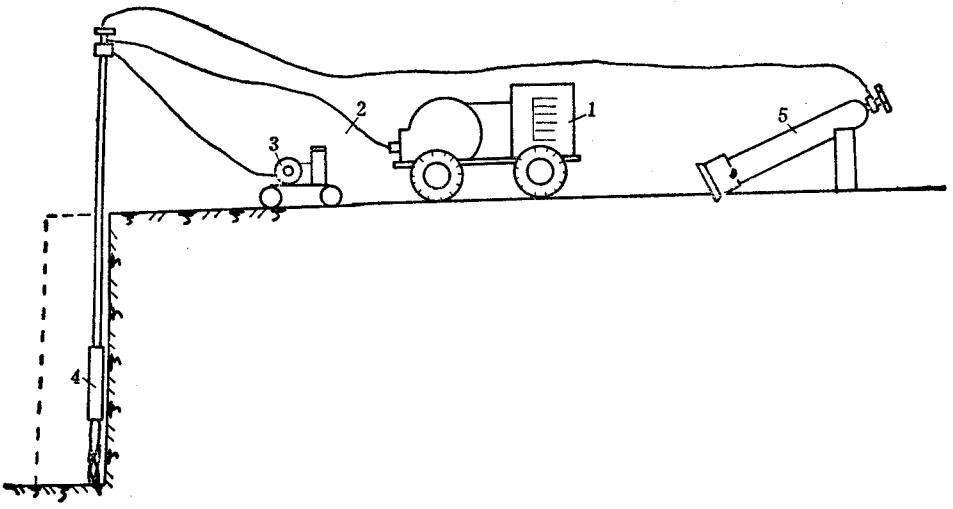


图 7－12　火焰喷射切岩机示意图
1—空压机；2—压气管；3—供油系统；4—燃烧器；5—点火用氧气瓶

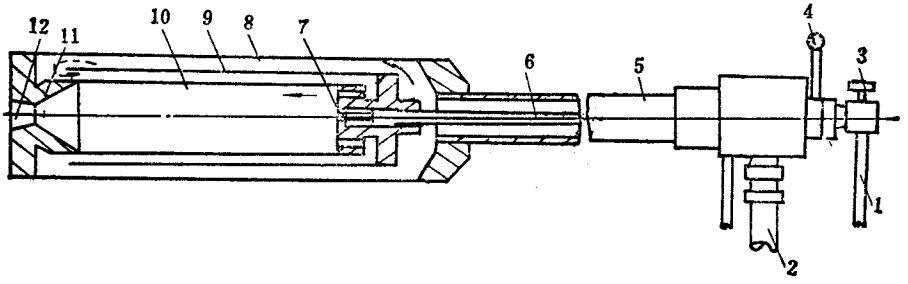


图 7－13　火焰喷射器的构造
1—进油管；2—进气管；3—节流阀；4—进气阀；5—握杆（兼通气）；6—油管；
7—喷油嘴；8—燃烧室外壁；9—中间套筒（作预热压气用）；10—燃烧室内壁；
11—喷火头前端；12—喷管