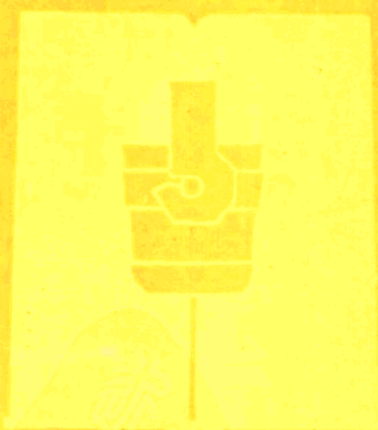


高等学校教学用书

矿山爆破工程

GAODENG XUEXIAO JIAOXUE YONGSHU



冶金工业出版社

10235
L-267

高等学校教学用书

矿山爆破工程

东北大学 林德余 主编

冶金工业出版社

(京)新登字036号

高等学校教学用书

矿山爆破工程

东北大学 林德余 主编

*

冶金工业出版社出版

(北京北河沿大街聂院北巷39号)

新华书店总店科技发行所发行

河北香河县第二印刷厂印刷

*

787×1092 1/16 印张10.75 字数252千字

1993年10月第一版 1993年10月第一次印刷

印数1~1800册

ISBN 7-5024-1221-2

TD·196 (课) 定价5.20元

前 言

《矿山爆破工程》是根据冶金高等院校1991~1995年教材出版规划编写的,是采矿专业的专业课教学用书。

爆破是矿山生产过程的一个主要的先行环节。爆破岩石或矿石的数量多少和质量优劣,对后续生产环节如装载、运输、破碎的效率,以及矿山生产能力和生产成本,都将产生直接的重大的影响。尤其是随着矿山生产机械化程度的进一步提高,大型机械设备的运用,这种影响显得更为突出。此外,矿山生产安全也与爆破密切相关。因此,采矿专业的学生掌握有关矿山爆破的基本理论、爆破技术和方法是十分必要的。

炸药是爆破岩石的能源。矿山爆破的基本问题,一方面是炸药能量的充分释放;另一方面是利用释出的能量有效地破碎岩石(矿石)。所以,正是从这两方面出发来考虑本书的系统和内容。本书主要包括炸药基本理论、矿用炸药组分及性能特征、岩石爆破理论、药包起爆原理及起爆系统、井巷掘进爆破技术、地下采场爆破技术、露天深孔爆破及药室爆破技术、矿山爆破安全基本知识。此外,为了使学生对凿岩方面的知识有初步了解,在第一章和第二章中,分别概述浅孔、中深孔和深孔凿岩方法,凿岩机械设备和凿岩工具。

本书由东北大学林德余任主编。全书共分十章,各章编写的分工如下:第三章、第四章、第五章、第十章由林德余编写;第二章、第六章、第八章由鞍山钢铁学院范文忠编写;第一章、第七章、第九章由包头钢铁学院马骏良编写。

在本教材编写和审校过程中,承蒙有关院校、矿山企业、设计研究单位的大力帮助和支持,对此谨致以衷心的感谢。

热诚欢迎读者对本教材中存在的问题提出批评指正。

编 者

目 录

1 浅孔及中深孔凿岩	(1)
1.1 凿岩方法分类	(1)
1.2 浅孔凿岩	(1)
1.3 中深孔凿岩	(4)
1.4 凿岩工具	(5)
2 深孔凿岩	(10)
2.1 潜孔式凿岩	(10)
2.2 牙轮钻钻孔	(14)
2.3 火钻钻孔	(17)
3 爆炸与炸药	(19)
3.1 爆炸现象及炸药爆炸特点	(19)
3.2 炸药分类	(20)
3.3 炸药爆炸化学反应与氧平衡	(21)
3.4 爆轰产物	(23)
3.5 有毒气体	(24)
3.6 爆炸热力学参数	(26)
3.7 爆炸功	(30)
3.8 炸药爆炸性能	(31)
3.9 炸药敏感度	(33)
4 炸药爆轰过程	(36)
4.1 冲击波传播	(36)
4.2 爆轰与爆轰波基本方程	(42)
4.3 爆轰波化学反应区	(45)
4.4 爆轰波参数近似计算	(49)
4.5 影响爆轰波传播的因素	(50)
4.6 爆速测定方法	(55)
5 矿用炸药	(57)
5.1 矿用炸药成分特征	(57)
5.2 矿用炸药分类	(58)
5.3 粉状炸药	(59)
5.4 粒状炸药	(60)
5.5 浆状炸药	(61)
5.6 乳化炸药	(62)
5.7 胶质硝化甘油炸药	(62)
5.8 安全炸药	(64)

5.9	矿用炸药组分配比方法	(64)
5.10	矿用炸药质量评价	(65)
5.11	炸药的贮存与销毁	(66)
6	岩石爆破	(68)
6.1	岩石动力学性能特征	(68)
6.2	岩体中药包爆破作用原理	(75)
6.3	多个药包爆破	(79)
6.4	毫秒爆破	(81)
6.5	炸药量计算原则	(83)
6.6	爆破块度与爆破优化原则	(85)
6.7	爆破地震	(88)
6.8	爆破空气冲击波	(90)
6.9	爆破噪声	(92)
6.10	岩石分级	(92)
7	药包的起爆	(95)
7.1	起爆能和起爆原理	(95)
7.2	药包的起爆过程	(96)
7.3	起爆器材和起爆系统	(99)
7.4	火雷管起爆系统	(100)
7.5	导爆索起爆系统	(101)
7.6	导爆管-雷管起爆系统	(103)
7.7	电雷管起爆系统	(106)
7.8	起爆药包	(114)
8	井巷掘进爆破	(116)
8.1	井巷掘进爆破特点	(116)
8.2	工作面炮孔布置形式及起爆顺序	(116)
8.3	井巷掘进爆破参数	(119)
8.4	光面爆破	(122)
8.5	天井深孔爆破掘进	(127)
9	地下采场爆破	(130)
9.1	地下采场爆破方法分类	(130)
9.2	采场浅孔爆破	(130)
9.3	中深孔爆破	(133)
9.4	深孔爆破	(138)
9.5	VCR采矿法爆破	(143)
10	露天爆破	(146)
10.1	露天爆破分类	(146)
10.2	露天深孔爆破	(146)
10.3	提高露天深孔爆破质量的途径	(152)

10.4 深孔装药机械化.....(156)

10.5 浅孔爆破.....(157)

10.6 临近边坡控制爆破.....(157)

10.7 露天药室爆破.....(159)

10.8 裸露药包爆破.....(164)

10.9 爆破安全距离.....(164)

主要参考文献.....(165)

1 浅孔及中深孔凿岩

1.1 凿岩方法分类

目前矿山的采掘工作,仍然是主要利用炸药爆炸能来破碎岩体。为了提高炸药爆炸能量利用率及爆破效果,需要在岩体上钻凿一定直径和一定深度的炮孔,然后装药爆破。在矿山,将钻凿炮孔工作称为钻孔或凿岩。钻孔工作在很大程度上决定着采掘工作的速度和成本。

炮孔是借助于钻孔机械和钻具破碎岩石而形成的。根据采用的机具和破岩过程的特点不同,可分为冲击转动式、回转冲击式和回转式凿岩。如果按炮孔直径和孔深的不同来区分,通常将孔径小于50mm,孔深不超过3~5m的炮孔称为浅孔或浅眼;孔径为50~70mm,孔深为5~15m的炮孔称为中深孔;深孔孔径一般不小于80mm 孔深大于12~15m。

1.2 浅孔凿岩

浅孔凿岩主要采用冲击转动式钻孔法。冲击转动式钻孔机械的种类很多,按使用动力不同分为风动、液压、内燃和电动凿岩机四种。矿山使用最普遍的是风动凿岩机。风动凿岩机按安装及推进方式不同分为手持式、气腿式、向上式和导轨式凿岩机;按重量不同分为轻型(<30kg)、中型(30~50kg)和重型(>50kg)凿岩机。

1.2.1 冲击式凿岩机

1.2.1.1 冲击式凿岩机原理。风动冲击式凿岩机有冲击、转钎、排粉、推进等机构。具有一定质量的冲击锤(活塞)以速度 v 往复运动冲击钎尾时,刃片形钎头在炮孔底部的岩石面上形成一条钻槽 $A-A'$,如图1-1所示。随后在回转机构的扭矩 M 作用下,钎杆转动一定角度;再次冲击时,钎头在岩石表面上破碎的沟槽落在 $B-B'$ 处。如果钎刀的轴向冲击力 P 足够大,两条钻槽之间残留的扇形岩石将被剪切破坏,破碎的岩屑和岩粉由排粉机构不断地从孔底排到孔外。这样冲击、转钎、排粉等动作不断循环下去,即可凿出所需深度的圆形炮孔。这个破碎过程的特点是,通过凿岩机的配气机构使活塞在气缸中运动冲击钎杆,钎杆不回转;当活塞返回时,通过螺旋棒使钎杆回转一个角度。冲击和回转动作反复交替进行,所以岩石的破碎过程是不连续的。这种凿岩方法所需轴推力较小,因此,冲击式凿岩法如果应用于坚硬的脆性岩石中凿岩效率高。

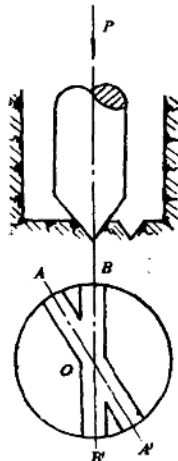


图1-1 冲击凿岩炮孔形成过程

1.2.1.2 凿岩机构造和工作机构。凿岩机的类型很多,但主要机构和动作原理大致相同。现以YT-23(7655)型气腿凿岩机为例简述其基本构造和动作原理。

若要凿岩机能顺利地凿成炮孔,都必须具备冲击及配气机构,以及转钎、排粉、润滑和推进机构。YT-23型气腿凿岩机包括凿岩机、气腿和自动注油器三部分。这种凿岩机除

具有同类凿岩机所共有的控制系统集中、风水联动、气腿快速伸缩、操作方便等特点外，还具备重量轻（23kg），钎杆扭矩大，结构简单及凿岩效率高等特点。主要技术规格见表1-1。

凿岩机的内部结构，主要由下面几部分组成。

（1）冲击配气机构。YT-23型凿岩机的冲击配气机构由活塞、气缸、导向套及配气装置组成。这种配气机构是利用阀两面的压力差来推动阀运动，以便使活塞在气缸中作往复运动，并冲击钎尾来完成对钎头的冲击。

（2）转钎机构。它由棘轮、棘爪、螺旋棒、活塞、转动套、钎尾套等组成，如图1-2所示。由于棘轮机构具有单方向间歇旋转的特性，当活塞冲击时，利用螺旋母的作用，带动螺旋棒沿箭头方向转动一定的角度。此时棘爪处于顺齿位置，它可压缩弹簧随螺旋棒转动，故活塞作直线冲击。在活塞回程时，由于棘爪处于逆齿位置，螺旋棒被棘爪卡住不能转动，这时由于螺旋母的作用，迫使活塞沿螺旋棒上的螺旋线转动后退，从而带动转动套、钎套和钎子转动一定角度。这样，活塞每往复一次，钎子就转动一次，故钎子的转动是非连续性的。

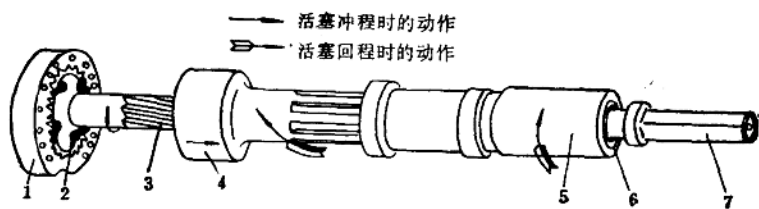


图1-2 转钎机构工作原理

1—棘轮；2—棘爪；3—螺旋棒；4—活塞柄；5—转动套筒；6—钎套；7—钎子

（3）排粉机构。钻孔时孔底要产生岩粉，如果破碎的岩粉不及时排出将影响凿岩速度，甚至出现夹钎事故，所以必须及时将岩粉从孔底排出。实践表明，用水浸湿并冲洗岩粉是比较有效的防尘措施。凿岩机采用风水联动机构排出岩粉。在机器开动时，压气推动注水阀启开水路，于是压力为0.2~0.5MPa的水经水针和钎杆中心孔流入孔底，并将岩粉冲洗出孔。关闭凿岩机时，停风则停水。

（4）凿岩机的润滑。凿岩机冲击频率比较高，一般为1800~3500次/min。为防止各运动部件因摩擦发热损坏，所有的运动部分都要保持良好的润滑。YT-23型凿岩机配用FY-200A型自动注油器，贮油量为200mL，凿岩机可连续工作2h左右。

（5）推进机构。压气在气缸内推动活塞向前运动时，气缸也受到与活塞运动方向相反的后座力的作用，使整个机体向后运动而出现反冲现象。为了避免反冲使钎头离开孔底和减小活塞行程，影响钻孔速度，必须在凿岩机工作时对机构施加适当的轴向推力，以保证正常工作。此外，钻孔时凿岩机还需要支撑。YT-23型凿岩机使用FT-160型气腿子，可实现上述的两个作用。

选用凿岩机必须考虑凿岩作业的场所、炮孔方向，孔径和孔深、矿岩的坚硬程度等因素。表1-1列出了几种风动凿岩机的技术性能。

表 1-1 风动凿岩机技术性能

型 号	YZ6	YT-27	YT-23 (7855)	YT-28	YT-24	YT-25a	YTP-26
重 量, kg	26	26	24	26	24	24.5	26.5
全 长, mm	650	668	628	661	678	693	680
活塞行程, mm	70	60	60	60	70	70	50
冲击能, J①	44	64	59	64	59	64	59
扭 矩, N·m	8.8	18	15	18	12.8	19	18
冲击频率, Hz	27	37	35	35	30	35	43
耗 气 量, L/s	42	55	60	55	46	50	50
气腿推力, N		1570	1570	1570	1370	1570	1670

① 工作气压为0.5MPa时。

1.2.1.3 影响凿岩速度的因素。冲击凿岩时,常利用凿碎比功(凿碎单位体积岩石所消耗的能量)、凿入系数(钎刃长凿入岩石单位深度所需之力)来反映凿岩效果。影响凿岩速度的因素与产生冲击功、传递动力机构——钎杆、钎头有关。除此之外,还和凿岩机的结构、性能参数等有关。

当岩石的凿碎比功、凿岩机输出的冲击频率和每次冲击功为已知时,且假设凿岩机冲击能量全部用于破碎岩石,则凿岩速度可用下式估算

$$v = \frac{An}{aS} = \frac{4An}{\pi d^2 a}, \quad \text{cm/min} \quad (1-1)$$

式中 n ——冲击频率,次/min; A ——冲击功, N·m; d ——炮孔直径, cm; a ——凿碎比功, N·m/cm³; S ——炮孔截面积, cm²。

除上式可以看到的影响凿岩速度的因素外,还有凿岩机工作条件(岩石坚固性、工作气压和轴推力)以及凿岩工具(钎头的直径、结构、形状和钎杆长度)等因素的影响。例如采用1.0~1.1MPa的高工作气压凿岩时的凿岩效率,要比采用0.5~0.7MPa普通气压的凿岩效率提高一倍左右。在其它指标一定的条件下,凿岩效率与冲击次数成正比,所以近年来高频凿岩机有了很快的发展。其次钎杆、钎头受力状况和冲击速度成正比;在冲击功相等条件下,冲击速度高的容易使岩石破碎。此外,炮孔直径及深度、钎杆长度及重量对钻速也有影响。如果采用一根钎子钻孔,每增加1m孔深,钻速约递减4~8%。因此,浅孔凿岩当孔深超过1.5m以上时应采用钎子组,逐段调换较长的钎杆,这样凿岩效率较高。

1.2.2 液压凿岩机

六十年代中期开始研制液压凿岩机。自首次研制出第一批液压凿岩机(H50和H60)以来,现已生产数十种型号的液压凿岩机,孔径为 $\phi 27 \sim \phi 275$ mm,应用于地下巷道掘进、采矿及隧道工程等凿孔作业。随着技术的进步,液压凿岩机将可能逐渐取代风动凿岩机。

液压凿岩机是一种很有发展前途的新型高效率的凿岩设备,它以循环的高压液体为动力,驱动凿岩机的冲击机构和回转机构。同风动凿岩机一样,液压凿岩机是利用高压液体介质交替作用在活塞两端,实现其往复运动。回转机构由单独的液压马达系统驱动,用压力水冲洗岩粉。我国目前已生产了YYG-80型、YYG-250A型和KZL-120型液压凿岩机,见表1-2所示。

表 1-2 液压凿岩机技术性能

国 别	型 号	性 能 参 数								
		冲击频率, 次/min	冲击功, N·m	转 速, r/min	最大转矩, N·m	最大推力, N	冲击压力, MPa	冲击流量, L/min	回转压力, MPa	回转流量, L/min
中国	YYG-80	3000	120	0~500	150	—	12	120	7	45
瑞典	COP1088HP	2500~3800	250~350	0~300	413	5980	15~25	90	12	45
美国	JH-2	12000	80~120	450	410	6350	21	95	—	—
芬兰	HE 425	3100	180	0~300	200	—	12	85	12	40
德国	HP-5	3000	196	250	—	—	15	85	7	59

液压凿岩机的优点是：(1) 高效、节能、成本低；与风动凿岩机在相同条件下相比，机械性能好，凿岩速度可提高1~2倍以上，动力消耗少，仅为风动的1/3左右。(2) 适用范围广，参数可调，孔径系列宽广，如国外露天液压钻机的钻孔直径为 $\phi 27 \sim \phi 275 \text{mm}$ ，能满足大中型露天矿凿岩工程的需要；能钻多种方位的炮孔，实现一机多用，可根据岩石性质，调节它的冲击功、冲击频率、扭矩、转速和推力等参数；且矿岩越坚硬，就越显示其高效的优点。(3) 设备轻便灵活，可消除或减小排气和钻孔的噪音，无油雾，可大大地改善劳动卫生条件。

此外还有电动凿岩机和内燃凿岩机，主要在铁路、公路、采石场等工程中应用。

1.3 中深孔凿岩

按炮孔的直径和深度的不同，在回采工作中分为浅孔、中深孔和深孔崩矿三种方法。目前，国内外地下金属矿山广泛应用中深孔和深孔崩矿方法。一般中深孔崩矿时孔深不超过12~15m，它具有效率高、速度快，作业条件好，安全，可使矿床开采强度和崩矿劳动生产率大为提高的优点。

中深孔凿岩在中深孔留矿法、分段采矿法、阶段矿房法和崩落采矿法的有底柱、无底柱分段崩落法，以及在矿柱回采和空区处理中都得到应用。

1.3.1 中深孔凿岩破岩过程的特点

中深孔凿岩通常采用导轨式凿岩机。在导轨式风动凿岩机中，常用的转钎机构有内回转和外回转两大类。内回转凿岩机是当活塞作往复运动时，借助棘轮机构使钎杆作间歇转动。国产的凿岩机多数使用这种回转机构。内回转型导轨式凿岩机的破岩过程特点与YT-23型凿岩机相同。外回转式凿岩机具有独立的回转机构和冲击机构，属于回转冲击式凿岩，其破岩过程特点是，在钻机的冲击机构使活塞不断往复冲击钎杆的同时，回转机构带动钎杆转动，这样冲击造成非连续破碎，回转造成连续破碎，所以岩石的破碎过程是连续的。可见这种冲击回转式钻凿岩石方法所需要的冲击功、扭矩和轴推力比较大，因此，凿岩效率高。

1.3.2 接杆式凿岩机

我国地下金属矿山的中深孔凿岩主要使用导轨式和伸缩式凿岩机。导轨式凿岩机主要型号见表1-3，典型的机型为YGZ-90型。

表 1-3 导轨式凿岩机性能

型 号	YGP35	YG40	YGZ50	YGZ70	YGZ90	YGZ100	YGZ170
重 量, kg	38	36	50	70	95	100	170
冲 击 能, J	98	—	103	92	196	—	—
扭 矩, N·m	49	—	88	64	113	264	—
冲击频率, Hz	43	29	40	38	33	29	29
耗气量, L/s	108	83	147	125	183	192	192
凿孔直径, mm	38~52	38~55	38~55	38~55	50~83	50~80	65~100
最大凿孔深度, m	6	15	8	3	30	25	25

接杆式中深孔凿岩的特点是,在凿岩过程中,随着孔深不断增加,陆续用0.845~1.05 m长的短钎杆接长,直至钻完所需的炮孔深度。接杆凿岩的缺点是,凿岩速度随着孔径、孔深的增加而显著降低,因而钻孔的深度和直径都受到限制。

1.3.3 提高凿岩速度的措施

影响地下回转冲击式凿岩速度的因素很多,大体上可分为凿岩机的工作参数、工作条件、凿岩工具等三个方面。前者主要指钻孔作业时间、钻具施于孔底的轴向压力、回转速度及扭矩、排渣风量等。熟练地应用、正确地操纵凿岩机,使机器处于最佳工作状态,才能获得最优的钻孔效率。

影响内回转接杆凿岩机凿岩速度的因素与风动冲击式凿岩相同。在节理发育的矿岩中钻孔时易卡钎,因此提高凿岩速度的措施之一,是施加合理的轴推力可以获得较高凿岩速度。其次是工作气压问题,凿岩机工作时必须保持足够的工作气压。提高进气压力,只要轴推力合理,凿速近似线性规律增加。能量沿钎杆传递过程中是有损失的,钎杆越长,能量损失越大。所以凿岩速度随孔深、孔径的增加而显著下降。故孔径一般不大于80mm,在硬岩中孔深不超过10~12m。

提高外回转式接杆凿岩机凿速的措施基本上与回转式钻机相同。只要根据矿岩性质和结构构造特点,随时调节活塞冲击功,钎杆转速和扭矩等参数,就能提高纯凿岩速度,减少卡钎事故,延长钎具的使用寿命。

1.4 凿岩工具

1.4.1 浅孔凿岩工具

凿岩工具由钎头、钎杆和钎尾三部分组成。浅孔凿岩工具称为钎子。目前常用的钎子有整体钎子和组合钎子两种,如图1-3所示。整体钎子的钎头、钎杆、钎肩和钎尾是一个

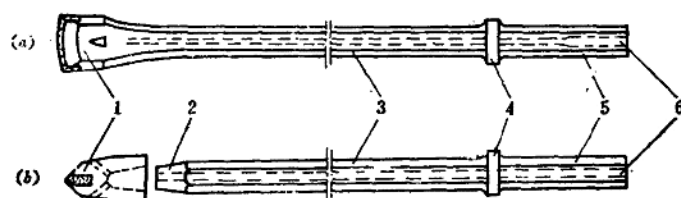


图1-3 钎 子

(a) 整体钎子;

(b) 组合钎子

1-钎头; 2-钎销; 3-钎身; 4-钎肩; 5-钎尾; 6-中心水孔

整体。这种钎子的优点是传递冲击能量损失小,可以承受较大的冲击功和扭矩。我国矿山普遍使用组合钎子。组合钎子由钎头和钎杆组成,其优点是钎头可拆卸更换,使用方便,可提高钎杆的利用率,有利于制造高质量钎头,以适应不同岩性和凿岩机械对钎头的需要。

1.4.1.1 钎头。

(1) 钎头形状和结构。钎头是直接用来破碎岩石的部分,目前一般都使用镶有硬质合金凿刃的钎头。在钻孔孔径、工作气压、岩性等条件相同下,衡量钎头优劣的主要质量指标是凿岩速度、使用寿命和硬质合金的利用率。按照钎头上硬质合金的形状,可分为刀片状和柱齿状两类,如图1-4、1-6所示。

刀片钎头。钎头的几何结构与参数对钎头质量有决定性影响。钎刃排列形式可分为一字形、十字形、X字形和T字形等,如图1-5所表示。浅孔凿岩广泛采用一字形和十字形钎头。在中深孔时,一般都采用带一字形超前刃的十字形钎头或T字形钎头,凿岩速度可提高30~50%。

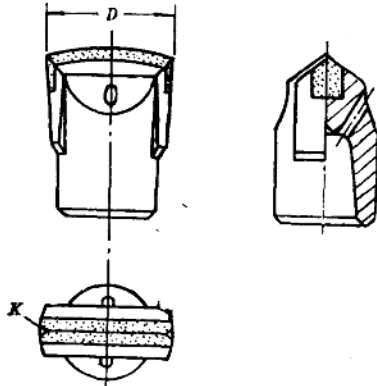


图1-4 一字形钎头
D-钎头直径; K-硬质合金片

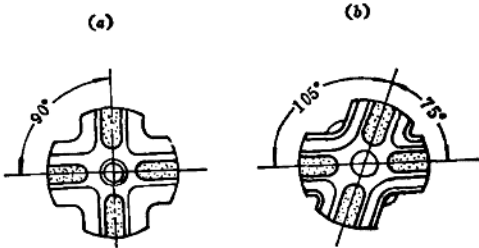


图1-5 十字形和X形钎头
(a) 十字形钎头; (b) X形钎头

一字形钎头制造和修磨简单,对岩性和机型的适应能力较强,适用于冲击功小于98J的风动冲击式凿岩机钻凿 $f \leq 16$ 的坚硬、中硬和中硬以下的岩石,但在节理、裂隙发育和韧性较大的岩矿中,容易卡钎,凿岩效果差。十字形钎头制造和修磨比一字形复杂,合金的用量也较多,但应用于重型凿岩机钻凿坚韧、高磨蚀性的岩石,或节理、裂隙发育的岩石,效果较好、不易卡钎。

钎头与钎杆的连接应紧密可靠、拆卸方便、坚固耐用和制造简单。在我国矿山,小直径钎头都采用锥角为7°的内锥连接,因为它装卸方便,制造简单。

钎头直径(初始直径)应保证钎头修磨10~12次之后仍能正常排粉,不发生卡钎,并且所凿炮孔的直径仍然能将药卷顺利装到孔底。通常钎头直径要比磨损报废时的终径大5~6mm。我国矿山浅孔凿岩常用钎头直径为38、43、46mm。

柱齿钎头如图1-6所示。钎头体头部为截锥形,周围有两个以上的排粉槽及1~2个冲洗孔。柱状硬质合金均布在钻头面上。中硬以下岩石用弹头形柱齿,坚硬或磨蚀性强的岩石用球面柱齿。这种钎头的优点是,钎头面上柱齿分布均匀,受力好,耐磨性好,寿命比一字形钎头高70~80%。

(2) 钎头材料。钎头材料包括钎头体钢材、硬质合金和焊接材料等。国产钎头体沿

用45、50、55号钢制造,后来使用40Cr钢,现在我国多采用ZK55SiMnMo、ZK40MnMoV、ZK35SiMnMoV等合金钢制造,其综合性能好,成本低。硬质合金是钎头中直接破碎岩石的材料,凿岩时承受着巨大的冲击和摩擦,因此要求硬质合金具有较高的硬度和一定韧性,不产生脆性断裂。国产矿用硬质合金是由碳化钨(85~92%)和钴(8~15%)的细粉,在压模中高压成形后放在氢气炉中经1400~1500℃焙烧2h左右,碳化钨熔解于钴中,经缓慢冷却而成钨钴合金。这种合金具有碳化钨的高强度、高耐磨性、高抗压强度,又具有钴的良好韧性。我国使用的是YG和YJ两个系列,见表1-4。硬质合金片型号有长片状、短片状、楔形、齿形四种,如图1-7所示。钎头焊接使用的焊料为机械性能较高的硬焊料,常用的有铜基和银基两类。一般采用铜基焊料,其优点是价格低廉,有足够的焊接强度。在极坚韧的矿岩中和采用冲击功大的凿岩机时,选用含钴较高的合金牌号;在中硬坚硬、硬脆磨损性大的矿岩中,选用含钴量较低的合金牌号。又如一字形钎头镶焊长片状合金最牢,能承受较大的冲击功,适用于低磨蚀性的硬和坚硬岩矿;短片状合金用于镶焊十字形、断续刃和多头刃钎头,适用于低磨损性、坚硬和裂隙、节理发育的矿岩;齿形硬质合金片可用于镶焊柱齿合金钎(钻)头,适用于硬、中硬性脆的岩石。硬质合金的性能列于表1-4。

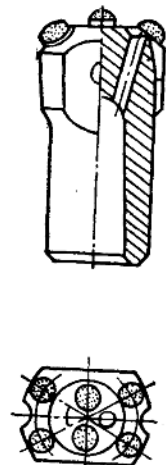


图1-6 柱齿钎头

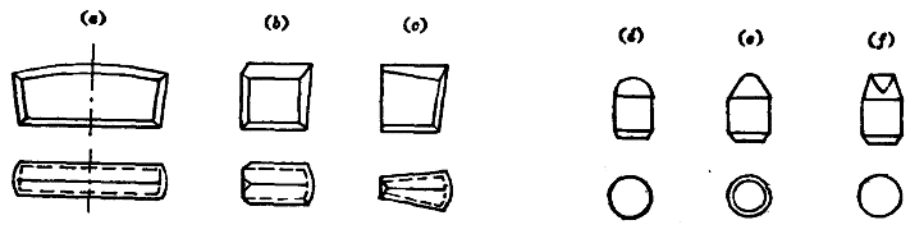


图1-7 硬质合金片的形状

(a) 长片形; (b) 短片形; (c) 楔形; (d) 球齿; (e) 锥球齿; (f) 楔形齿

1.4.1.2 钎杆。钎杆是用来支持钎头和传递凿岩机的冲击功和扭矩的;在凿岩过程中承受着弯曲、扭转、冲击作用,还受到矿坑水的腐蚀和岩粉的侵蚀,所以钎杆的工作条件相当恶劣。

(1) 钎杆规格。我国凿岩机主要使用断面为六角形(内接圆直径为22和25mm)和圆形(直径为38和32mm)两种钎杆。前者用于手持式和气腿式凿岩机,后者用于导轨式凿岩机。钎杆中心有直径为6~7mm的孔。

(2) 钎钢,用于制作各种凿岩机的钎杆。常用的中空钎钢有ZKT8、ZK8Cr、ZK35SiMnMoV、ZK55SiMnMo,尤其是后两种钎钢,具有强度高、抗疲劳强度高,耐磨蚀、价格低等特点。

表 1-4 凿岩用硬质合金的性能和使用范围

硬质合金 型号	成分, %		性 能					使用范围
	碳化钨 WC	钴 Co	硬度HRA 不低于	密度 g/cm ³	强度, MPa		20℃时的 冲击韧性 J/cm ²	
					抗 弯 不低于	抗压		
YG8	92	8	89	14.5~14.9	16.0	54.0	2.45	f = 8以下多裂隙 磨蚀性岩层中 硬、磨蚀性强的 岩层 中硬岩石 硬和坚硬岩层 坚硬和极坚硬岩 层 高磨蚀性的中硬 及坚硬岩石 f = 10~16的坚 硬岩矿 坚硬和极坚硬 硬的岩层
YG8C	92	8	88	14.5~14.9	17.5		2.94	
YG11	89	11	87	14.0~14.4	19.0	48.0	3.73	
YG11C	89	11	86.5	14.0~14.4	20.0		3.73	
YG15	85	15	87	13.9~14.2	20.0	42.0	3.92	
YJ2	92	8	88	14.6~14.9	20.0			
YJ1	90	10	87	14.4~14.7	22.0			
YJ0	88	12	86.5	14.2~14.5	23.5			

1.4.2 中深孔凿岩工具

中深孔凿岩多采用接杆式凿岩，其钻具由钎头、钎杆、连接套筒和钎尾等组成。

钎头。钎头多采用直径为50~75mm的加大钎刃厚度和柱齿的一字形、Y形、十形钎头（图1-8）和超前刃钎头，如图1-9所示。

钎杆。钎杆也是用来支持钎头和传递凿岩机的冲击功和扭矩。对钎杆规格、钎钢的要求均同浅孔凿岩。

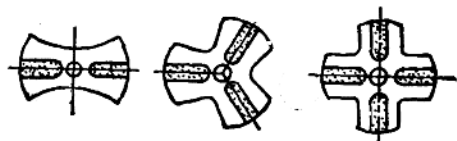


图1-8 加大刃厚的钎头

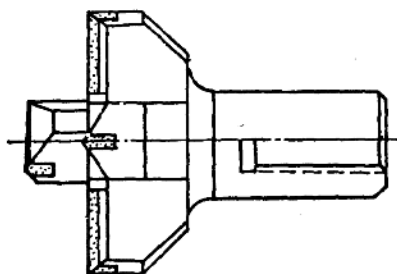


图1-9 超前刃钎头

钎头与钎杆的连接。钎头与钎杆之间多采用螺纹连接。螺纹形式有锯齿形和波形两种。波形螺纹连接应力集中小，螺纹根部强度大，抗弯能力强，两钎杆端面在连接套筒内直接接触，传递冲击能量的效率高，拆卸容易。

钎杆与钎杆、钎杆与钎尾用套筒连接，如图1-10所示。套筒长度通常为160mm，它多由40铬钢制成。中深孔凿岩时，用一组长度不等的带有钎尾的钎杆。用这组钎杆将炮孔加深达到设计要求为止。导轨式凿岩机用带凸台的圆形钎尾，向上式凿岩机用无钎肩的六角形断面钎尾。



图1-10 接杆钎子组

1—钎头；2—钎杆；3—连接套筒；4—钎尾

2 深孔凿岩

深孔凿岩是在岩石中钻凿深度12~15m以上,直径不小于80mm的炮孔。深孔凿岩因凿岩方法不同,采用的钻机有潜孔钻机、回转钻机、牙轮钻机和火钻。金属矿山常用的深孔凿岩方法为潜孔式凿岩、牙轮钻钻孔和火钻钻孔。采用深孔凿岩,不仅可改善作业环境和安全条件,而且能够降低材料消耗和提高效率。因而,在地下及露天矿生产中都得到广泛应用。

2.1 潜孔式凿岩

潜孔式凿岩机械为潜孔钻机。潜孔钻机的主要结构示于图(2-1)。潜孔式凿岩,主要由潜孔钻机的推进调压机构、回转供风机构、冲击机构和排粉系统来完成。与接杆中深孔凿岩相比较,其冲击能量传递损失小,凿岩速度不因孔深的增加而降低,故其钻凿的孔深和孔径都可较大。

2.1.1 凿岩原理与破岩过程特征

潜孔钻机工作时,其推进调压机构使钻具连续推进,并施加一定的轴向压力于钻头,从而保证钻头能够始终压紧孔底岩石,冲击机构(冲击器)在压气的作用下,使活塞不断地冲击着钻头完成对岩石的冲击破碎;回转机构(风马达和减速箱)使钻具连续回转,避免钻头重复打击在相同的凿痕上,并对孔底岩石产生刮削作用。压气从供风机构进入,经中空钻杆直达孔底,把破碎的岩粉从钻杆与孔壁之间的环形空间排至孔外。

潜孔式凿岩的破岩特征,可从上述凿岩原理中归结得出:在轴向压力作用下,使冲击和回转两种破碎岩石的方法相结合,其中冲击破碎是间断式的,回转刮削作用(剪切破碎)和岩石破碎过程则为连续的。实践表明,对于中硬以上的岩石,轴压力尚无法使钎刃压入岩石中起到刮削作用,只能防止钻具的反跳。因此,在潜孔式凿岩破岩过程中起主导作用的是冲击功,属冲击-回转式凿岩法。

图2-1 潜孔钻机的主要结构

1—回转供风机构; 2—推进机构;
3—钻杆; 4—冲击机构; 5—钻头

2.1.2 潜孔式凿岩的应用条件

潜孔式凿岩主要用于中硬以上岩石中孔眼的钻凿,孔径大于80mm、孔深12~15m以上。目前,在国内外的采矿、水力、建筑、铁道和港湾等工程中,广为应用。潜孔钻机在金属矿山的应用,因使用地点不同分为地下和露天矿用两大类。

露天矿用潜孔钻机分为轻型、中型和重型三类。轻型露天潜孔钻机的钻孔直径为80~100mm,重1~5t,不带空压机而由外部提供压气,适用于小型露天矿,主要机型有φ80、金80、CLQ-80等。中型露天潜孔钻机的钻孔直径为150~170mm,重10~15t,不带空压机