

目 录

第一篇 爆破工程

第一章 岩石物理力学性质及其工业分级.....	(1)
第一节 岩石的物理力学性质.....	(1)
第二节 岩石的工程分级.....	(6)
第二章 凿岩.....	(7)
第一节 浅眼凿岩.....	(7)
第二节 深孔凿岩	(12)
第三章 炸药及其爆炸理论基础	(14)
第一节 爆炸及炸药的基本概念	(14)
第二节 炸药的起爆和敏感度	(17)
第三节 炸药的传爆	(22)
第四节 炸药爆炸产物与氧平衡	(25)
第五节 炸药的热化学参数	(28)
第六节 炸药的爆炸功能	(31)
第七节 聚能效应与殉爆	(34)
第四章 工业炸药	(37)
第一节 硝酸铵	(37)
第二节 硝酸类炸药	(39)
第三节 硝化甘油类炸药与黑火药	(47)
第五章 起爆方法与器材	(49)
第一节 非电起爆法	(49)
第二节 电起爆法	(56)
第六章 爆破作用原理	(64)
第一节 岩石中药包的爆破作用	(64)
第二节 装药量计算原理	(69)
第三节 影响爆破作用的因素	(70)
第七章 爆破方法与技术	(78)
第一节 概述	(78)
第二节 峒室爆破法	(81)
第三节 光面爆破	(90)
第四节 微差爆破	(96)
第八章 爆破安全技术	(99)

第一节 外来电流的危害与预防	(99)
第二节 爆破的破坏效应	(101)

第二篇 井巷工程

第一章 平巷断面设计	(108)
第一节 平巷断面形状	(108)
第二节 平巷断面的布置及设计尺寸的确定	(108)
第二章 平巷掘进施工	(122)
第一节 平巷掘进凿岩爆破工作	(122)
第二节 平巷掘进装岩与转运工作	(130)
第三节 平巷支护	(135)
第四节 平巷掘进通风与综合防尘	(160)
第五节 平巷掘进施工组织管理	(161)
第三章 竖井断面设计	(166)
第一节 竖井断面形状与井筒装备	(166)
第二节 竖井井筒结构	(170)
第三节 井筒断面布置与尺寸的确定	(172)
第四节 井筒断面设计	(177)
第四章 竖井掘进施工	(183)
第一节 竖井掘进施工方案	(183)
第二节 竖井表土施工	(186)
第三节 竖井基岩凿岩爆破工作	(189)
第四节 竖井掘进装岩提升工作	(191)
第五节 竖井掘进支护	(193)
第六节 竖井掘进通风及安全工作	(194)
第七节 竖井掘进涌水综合处理	(195)
第五章 斜井掘进施工	(197)
第一节 斜井断面及装备	(197)
第二节 斜井表土的施工	(199)
第三节 斜井基岩施工	(200)
第六章 天井掘进	(205)
第一节 概述	(205)
第二节 普通掘进法	(205)
第三节 吊罐掘进法	(205)
第四节 爬罐掘进法	(208)
第五节 钻进法掘进天井	(209)

第三篇 采矿工程

第一章 矿床工业特征	(211)
------------------	-------

第一节	开采矿石常用术语	(211)
第二节	与采掘有关的矿石和围岩的物理力学性质	(212)
第三节	与采掘有关的矿床赋存状况分类	(213)
第四节	金属矿床的特征	(215)
第二章	矿床开采单元的划分及开采顺序	(217)
第一节	矿田和井田	(217)
第二节	阶段和矿块	(219)
第三节	盘区和采区	(221)
第四节	矿床开采顺序	(221)
第三章	矿床开采步骤和三级矿量	(223)
第一节	矿床开采步骤	(223)
第二节	三级矿量	(224)
第四章	矿石损失与贫化	(227)
第一节	矿石损失和贫化的概念	(227)
第二节	矿石损失与贫化的原因	(228)
第三节	矿石损失与贫化计算	(229)
第四节	降低矿石损失与贫化的措施	(230)
第五章	矿床开采强度和矿井生产能力	(232)
第一节	矿床开采强度	(232)
第二节	矿井生产能力	(233)
第六章	矿床开拓	(238)
第一节	开拓概述	(238)
第二节	开拓方案分类	(239)
第三节	平硐开拓法	(240)
第四节	斜井开拓法	(241)
第五节	竖井开拓法	(244)
第六节	斜坡道开拓法	(246)
第七节	联合开拓法	(249)
第七章	开拓巷道位置的确定	(251)
第一节	确定开拓巷道位置的重要性	(251)
第二节	影响确定开拓巷道位置的因素	(251)
第三节	主要开拓巷道沿矿体走向位置	(252)
第四节	主要开拓巷道在垂直矿体走向方向的位置	(253)
第五节	副井和通风井位置的确定	(255)
第八章	井底车场	(258)
第一节	井底车场用途及组成	(258)
第二节	竖井井底车场	(259)
第三节	斜井井底车场	(260)
第四节	井底车场型式选择	(261)

第九章 阶段运输巷道	(262)
第一节 阶段运输巷道的布置原则	(262)
第二节 阶段运输巷道布置形式	(262)
第三节 运输阶段和副阶段	(264)
第十章 开拓方案选择	(265)
第一节 有关开拓方案选择的问题	(265)
第二节 开拓方案选择程序	(266)
第三节 开拓方案比较	(268)
第十一章 回采工作主要过程	(271)
第一节 概述	(271)
第二节 落矿	(271)
第三节 矿石运搬	(276)
第四节 采场地压管理	(282)
第十二章 金属矿床地下采矿方法分类	(286)
第一节 概述	(286)
第二节 地下采矿方法的分类	(286)
第十三章 空场采矿法	(288)
第一节 概述	(288)
第二节 全面采矿法	(288)
第三节 房柱采矿法	(289)
第四节 留矿采矿法	(292)
第五节 分段凿岩阶段矿房法	(294)
第六节 空场法的矿柱回采和采空区处理	(296)
第十四章 充填采矿法	(298)
第一节 概述	(298)
第二节 单层充填采矿法	(298)
第三节 上向分层充填采矿法	(300)
第四节 上向进路充填采矿法	(304)
第五节 下向分层充填采矿法	(305)
第六节 削壁充填采矿法	(309)
第七节 方框支架充填采矿法	(310)
第八节 矿柱回采	(310)
第十五章 崩落采矿法	(312)
第一节 概述	(312)
第二节 单层崩落法	(312)
第三节 分层崩落法	(314)
第四节 有底柱分段崩落采矿法	(314)
第五节 无底柱分段崩落采矿法	(319)
第六节 覆岩下放矿的矿石损失与贫化	(322)

第十六章 影响采煤的几项因素	(327)
第一节 煤层瓦斯	(327)
第二节 煤的自燃	(329)
第十七章 采煤方法	(331)
第一节 采煤方法分类	(331)
第二节 走向长壁采煤法	(332)
第三节 倾斜长壁采煤法	(344)
第四节 缓倾斜、倾斜厚煤层采煤法	(345)
第五节 急倾斜煤层采煤法	(352)
第十八章 露天开采基本概念	(359)
第一节 概述	(359)
第二节 露天开采的基本概念	(360)
第三节 露天开采步骤	(362)
第十九章 穿孔爆破工作	(364)
第一节 穿孔工作	(364)
第二节 爆破工作	(365)
第二十章 采装工作	(370)
第一节 单斗挖掘机采装	(370)
第二节 前端式装载机采装	(374)
第二十一章 运输工作	(376)
第一节 概述	(376)
第二节 公路运输	(376)
第三节 露天矿设备配套	(379)
第二十二章 排土工作	(381)
第一节 概述	(381)
第二节 排土方法	(382)
第三节 土地复垦	(384)
第二十三章 露天矿床开拓	(386)
第一节 概述	(386)
第二节 公路运输开拓	(386)
第三节 平硐溜井开拓	(391)
第四节 斜坡箕斗开拓	(392)
第五节 开拓方法选择	(392)
第六节 掘沟工程	(393)
第二十四章 露天开采境界	(396)
第一节 概述	(396)
第二节 露天开采境界的确定原则	(398)
第三节 确定露天开采境界	(399)
第二十五章 露天矿生产能力与采掘进度计划	(400)

第一节	露天矿生产能力·····	(400)
第二节	采剥关系及生产矿量·····	(405)
第三节	露天矿采掘进度计划的编制·····	(407)
第二十六章	砂矿床露天开采概述·····	(412)
第一节	砂矿床地质特征·····	(412)
第二十七章	水力机械开采·····	(414)
第一节	概述·····	(414)
第二节	水枪·····	(414)
第三节	开拓工作·····	(415)
第四节	冲采方法·····	(416)
第五节	自流水力运输·····	(418)
第六节	水枪开采法评价·····	(418)
第二十八章	露天砂矿机械开采·····	(419)
第一节	推土机开采·····	(419)
第二节	机械铲开采·····	(421)
第二十九章	采矿船开采·····	(423)
第一节	概述·····	(423)
第二节	开拓·····	(423)
第三节	采准工作·····	(425)
第四节	开采方法·····	(426)
第五节	排土·····	(428)
第三十章	特殊采矿法·····	(429)
第一节	概述·····	(429)
第二节	原地浸出法·····	(429)
第三节	钻孔水溶法·····	(431)
第四节	钻孔热熔法·····	(432)
第五节	钻孔水力法·····	(433)
第六节	煤的地下气化·····	(433)
第三十一章	饰面石材开采与加工·····	(437)
第一节	饰面石材开采加工概述·····	(437)
第二节	石材矿山选点和地质工作·····	(442)
第三节	饰面石材开采·····	(445)
第四节	饰面石材规格及加工·····	(459)
主要参考文献·····		(466)

第一篇 爆破工程

在现代矿山生产中,为了采出埋藏在地下的矿产资源,采用爆破方法挖掘巷道和采出矿石仍是最主要的手段。在开采矿石的总成本中,爆破工程费用大约要占一半。如何解决矿山采掘爆破的高效率、低成本和安全性是矿山生产中极为重要的环节。自新中国成立以来几十年中,我国爆破工程领域发展迅猛,取得了许多新成就。据估计,年耗用工业炸药达 80 万 t 左右,研制出了一系列新型矿用炸药,研制和改进起爆器材,推广了爆破高新技术,大大加强了爆破安全技术工作与组织管理,爆破事故大为减少。

第一章 岩石物理力学性质及其工业分级

在矿山采掘工程中,其工作对象是岩石,以将矿岩从整体上分离下来,并破碎成一定的块度为目的。通常采用的方法是先在岩体上钻眼,然后装炸药进行爆破。由于矿岩的性质多变,了解与掌握岩石的物理力学性质及对岩石进行合理分级是十分必要的,为破岩设计、施工和成本核算提供可循依据。

第一节 岩石的物理力学性质

一、岩石的物理性质

与钻眼爆破有关的岩石物理性质主要包括密度、比重、容重、孔隙度、碎胀性、波阻抗等。它们与组成岩石的各种矿物成分的性质及其结构、构造和风化程度等因素有关。

(一)岩石的密度特性

1. 岩石的密度

定义为岩石单位体积(包括岩石中固相、液相和气相)的质量,表达式为

$$\rho = m/V \quad (1-1)$$

式中: ρ ——岩石的密度, kg/m^3 ;

m ——岩石试件整体质量, kg ;

V ——岩石试件整体体积, m^3 。

2. 岩石的比重

定义为岩石固相部分单位体积的重量,计算式为

$$\delta = G_s/V_s \quad (1-2)$$

式中: δ ——岩石的比重, N/m^3 ;

G_s ——岩石固相部分的重量, N ;

V_s ——岩石固相部分的体积, m^3 。

3. 岩石的容重

定义为岩石单位体积(包括岩石中固相、液相和气相)的重量,由下式表示

$$\gamma = G/V \quad (1-3)$$

式中: γ ——岩石的容重, N/m^3 ;

G ——岩石试件整体重量, N ;

V ——岩石试件整体体积, m^3 。

岩石容重又分为干容重和湿容重,前者指单位体积岩石绝对干燥后的容重;后者指天然含水或饱和状态下的容重。一般泛指干容重,此时 G 即 G_s 。

4. 岩石的孔隙度

定义为岩石的孔隙体积与整体体积之比,表达式为

$$n = (V - V_s)/V = \left(1 - \frac{\gamma}{\delta}\right) \times 100\% \quad (1-4)$$

式中: n ——岩石的孔隙度, %;

其它符号意义同前。

一些岩石的密度特性见表 1-1。

表 1-1 几种岩石的孔隙度、密度和容重

岩石名称	孔隙度/%	密度/($g \cdot cm^{-3}$)	容重/($t \cdot m^{-3}$)
花岗岩	0.5~1.5	2.6~2.7	2.56~2.67
玄武岩	0.1~0.2	2.8~3.0	2.75~2.9
辉绿岩	0.6~1.2	2.85~3.0	2.8~2.9
石灰岩	5.0~20	2.71~2.85	2.46~2.65
白云岩	1.0~5.0	2.5~2.6	2.3~2.4
砂岩	5.0~25	2.58~2.69	2.47~2.56
页岩	10~30	2.2~2.4	2.0~2.3
板岩		2.3~2.7	2.1~2.57
片麻岩	0.5~1.5	2.9~3.0	2.65~2.85
大理岩	0.5~2.0	2.6~2.7	2.5
石英岩	0.1~0.8	2.65~2.9	2.54~2.85
粘土	45	1.6~2.1	1.6~2.0
砂子	30~50	1.5~1.7	1.4~1.6

(二) 岩石的碎胀性

碎胀性是指岩石破碎后体积增大的性能,与破碎后的粒径有关,常用碎胀系数 K 表示,计算式为

$$K = V_1/V \quad (1-5)$$

式中: V ——岩石破碎前的体积, m^3 ;

V_1 ——岩石破碎后的体积, m^3 。

矿山采掘前,在确定岩石所需容许膨胀空间的大小、采矿场的补偿空间大小及选择运输容器时,都要考虑岩石的碎胀性。几种常见岩石的碎胀系数见表 1—2。

表 1—2 几种岩石的碎胀系数

岩石名称	砂、砾石	砂质粘土	中硬岩石	坚硬岩石
碎胀系数 K	1.05~1.20	1.20~1.25	1.30~1.50	1.50~2.50

(三) 岩石的波阻抗

岩石的波阻抗是指岩石的密度与纵波在岩石中传播速度的乘积。它表征岩石对纵波传播的阻尼作用。它与炸药爆炸后传给岩石的总能量及这种能量传给岩石的效率有直接关系,是衡量岩石可爆性的一个重要指标。各种岩石的波阻抗值见表 1—3。

表 1—3 几种材料的波阻抗值

材料名称	密度/ $(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	纵波速度/ $(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	波阻抗/ $(\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1})$
铜	7.8	5130	4000
铜	8.4~8.9	3670	3170
铝	2.5~2.9	5090	1370
玻璃	2.4	5300	1270
橡胶	1.3	46	6
花岗岩	2.6~3.0	4000~6800	800~1900
玄武岩	2.7~2.86	4500~7000	1400~2000
辉绿岩	2.85~3.05	4700~7500	1800~2300
辉长岩	2.9~3.1	5600~6300	1600~1950
石灰岩	2.3~2.8	3200~5500	700~1900
白云岩	2.3~2.8	5200~6700	1200~1900
砂岩	2.1~2.9	3000~4600	600~1300
板岩	2.3~2.7	2500~6000	575~1620
岩盐	2.0~2.2	4200~5700	900~1200
片麻岩	2.5~2.8	5500~6000	1400~1700
大理岩	2.6~2.8	4400~5900	1200~1700
石英岩	2.65~2.9	5000~6500	1100~1900

二、岩石的力学性质

岩石的力学性质是指岩石抵抗外部载荷作用的性能。岩石在外载荷作用下将发生变形;当外载荷增大到某一值时,岩石便开始破坏。按作用性质,外载荷有静载荷和动载荷之分。岩石因受力方式不同会产生拉伸、压缩、剪切等破坏形式。因此,岩石的力学性质主要包括岩石的变形特征和强度特征。

(一) 岩石的变形特征

岩石的变形特征,除了与岩石的种类、矿物成分、结构、构造等有关外,还与外载荷作用性质有关。岩石在静载荷和动载荷作用下的变形性质是不同的。

1. 岩石的静载变形特征

岩石和其它材料一样,根据其受载前和卸载后的体积和形状改变的情况,将变形分为弹性变形、弹塑性变形、塑性变形等。岩石受到静载荷作用时,其形状和体积发生变化,消除载荷后能恢复原来状态的变形称为弹性变形;而不能完全恢复原来状态,保留残余变形者称为塑性变形;既产生弹性变形,又产生塑性变形,称为弹塑性变形。

岩石的静载变形性质可用应力-应变曲线来描述。图 1—1 为岩石试件单轴静载压缩试验的两类典型的应力-应变曲线。图 1—1(a)代表弹脆性岩石的应力-应变曲线,其特点是应力-应变关系遵循虎克定律,岩石在破碎前不产生明显的塑性变形,这种不经过残余变形而破坏的性质称为脆性。图 1—1(b)代表弹塑性岩石的应力-应变曲线,其特点是应力-应变关系不遵循虎克定律,在开始阶段曲线较陡,以后逐渐变缓,其转折点称为屈服极限。

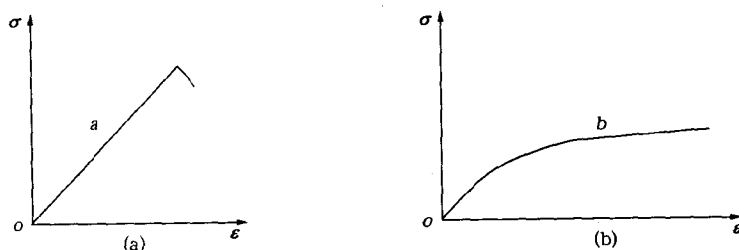


图 1—1 岩石的应力-应变曲线

岩石的弹性、塑性和脆性对凿岩爆破效果的影响很大。弹性大的岩石会使凿岩和爆破时消耗很多的能量,岩石只产生弹性变形或震动,破碎效果差。塑性显著的岩石,用冲击和爆破凿岩的效果差,但回转式凿岩的效果却好。脆性明显的岩石,在冲击载荷的作用下易于破碎,凿岩爆破效果好。但需指出,岩石的弹性、塑性和脆性都不是绝对的。由于加载的类型、受力状态、加载速度、温度等不同,其变形性质也不同。例如,在压应力作用下表现为弹塑性的岩石,在拉应力作用下可变成弹脆性岩石;在单轴应力作用下为弹脆性岩石,在三轴应力作用下可表现为弹塑性岩石;在静载荷作用下产生塑性变形的岩石,在冲击载荷作用下脆性显著增大;在常温下表现为脆性的岩石,在高温下其塑性明显提高。

2. 岩石的动载变形特征

在冲击式凿岩或爆破破碎岩石时,岩石承受的是冲击载荷。通常将作用时间极短和变化迅速的冲击型载荷称为动载荷。在动载荷作用下,应力和应变是以波的形式在岩石内传播。例如,岩体内炸药爆炸时,会产生一个突变的载荷,最初是对岩体产生冲击载荷,压力在极短时间内上升到峰值,其后迅速下降,后期形成似静压力。冲击载荷在岩体中形成了应力波,并迅速向外传播。

与静载荷相比较,动载荷对岩石作用的特点是:所形成的应力分布及其大小与岩石性质有关;岩石内质点将产生运动;所引起的应力、应变和位移都是以波动形式传播,空间内应力分布随时间变化,且分布极不均匀。

(二) 岩石的强度特征

岩石强度是指岩石在受外力作用发生破坏前所能承受的最大应力。岩石强度是衡量岩石力学性质的主要指标,在采掘工程中作为岩石破碎难易程度的参考性指标。岩石强度包括静载强度和动载强度。

1. 岩石的静载强度性质

岩石静载强度包括抗压、抗拉、抗剪、抗弯等强度,其值是通过岩石试件在材料试验机上进行试验而获得,以岩石在破坏时单位面积上所受力的大小来量度。试验表明,岩石的静载强度有如下的主要性质:

(1) 在大多数情况下,岩石表现为脆性破坏。脆性破坏是指岩石受载荷作用后不经过一定变形阶段而突然破坏。但软弱的岩石和处于高温或高围压条件下的岩石却呈塑性破坏。

(2) 在不同受力状态下,岩石的各种强度极限相差很大。岩石的抗拉、抗弯、抗剪强度均远比其抗压强度小(表 1—4),这表明岩石容易受拉伸、弯曲或剪切所破坏。此外,三轴抗压强度大于双轴抗压强度,后者又大于单轴抗压强度,单轴抗压强度大于其抗剪强度,后者又大于抗拉强度。

表 1—4 岩石静载强度的相对值

岩 石	相对于单轴抗压强度值的倍数		
	抗拉强度	抗弯强度	抗剪强度
花岗岩	0.02~0.04	0.08	0.09
砂 岩	0.02~0.05	0.06~0.2	0.10~0.12
石灰岩	0.04~0.10	0.08~0.10	0.15

(3) 岩石的强度受许多因素影响。就同一种岩石而言,由于矿物组成、组结结构、颗粒大小、密度特性、空隙性等的不同,其强度也不同。

2. 岩石的动载强度性质

岩石在静载和动载作用下的变形过程有着本质的区别。当岩石受静载达到强度极限前,外载卸除后,岩石立即恢复到原来的静止状态。而在动载作用下,虽然外载已解除,但岩石质点由运动恢复到静止状态还需有一个持续过程。所以,岩石的动载强度也不同于静载强度,它同加载速度有关。岩石的动载强度比静载强度大(表 1—5)。

表 1—5 几种岩石的动、静载强度表

岩石种类	应力波的平均传播速度 m/s	抗压强度/MPa		抗拉强度/MPa		加载速度 MPa/s	载荷持续时间 ms
		静 态	动 态	静 态	动 态		
大理岩	4500~6000	90~110	120~200	5~9	20~40	$10^7 \sim 10^8$	10~30
和泉砂岩	3700~4300	100~140	120~200	8~9	50~70	$10^7 \sim 10^8$	20~30
多湖砂岩	1800~3500	15~25	20~50	2~3	10~20	$10^6 \sim 10^7$	50~100
群马砂岩	4100~5700	200~240	350~500	16~23	20~30	$10^7 \sim 10^8$	10~20
辉绿岩	5300~6000	320~350	700~800	22~32	50~60	$10^7 \sim 10^8$	20~50
石英闪长岩	3700~5900	240~330	300~400	11~19	20~30	$10^7 \sim 10^8$	30~60

试验表明,岩石的动载强度有如下的主要特性。

- (1) 岩石的动载强度随加载速度的提高而增大。
- (2) 岩石的动抗压强度与动抗拉强度之比并非为恒定值,随加载速度的提高略有增大。
- (3) 岩性越差,风化越严重、强度越低,则受加载速度的影响越明显。

第二节 岩石的工程分级

在矿山生产作业中,无论是开挖巷道还是采掘矿体,常需采用各种方法破碎岩石。岩石松软容易开挖,岩石坚硬则难破碎。长期生产实践表明,用不同方法破碎岩石的难易程度是趋于一致性的。因此,可以抽象出一个综合性的概念,用来表示采用各种方法破碎岩石的难易性或岩石对任何一种外力(如机械作用力、炸药爆炸作用力等)抵抗的性能。M. M. 普罗托吉雅可诺夫将这种性能称为岩石的坚固性。为表示不同岩石的相对坚固性,普氏给出了一个无量纲数,并称之为岩石坚固性系数(又称普氏系数),坚固性系数通常用 f 表示。普氏曾采用过多项指标来确定 f 值,而现今只保留用岩石单轴静载抗压强度确定 f 的方法:

$$f = R/100 \quad (1-6)$$

式中: f ——普氏岩石坚固性系数;

R ——岩石单轴静载抗压强度, 10^5Pa 。

岩石普氏分级法的优点是可用实验方法很快确定岩石等级,方法简单易行,所以在工程设计中得到普遍采用。但应指出,由于岩石的不均匀性和风化程度的不同,常使同一地点不同部位的岩石的 f 值相差很大。因此,确定 f 值时,应在不同部位取多组岩样做试验,然后取它们的平均值或具代表性的数值。

普氏岩石分级见表 1—6。

表 1—6 普氏岩石分级简表

等级	坚固性程度	典 型 的 岩 石	f 值
I	最 坚 固	最坚固、细致和有韧性的石英岩、玄武岩及其它各种特别坚固岩石	20
II	很 坚 固	很坚固花岗岩、石英斑岩、硅质片岩,较坚固的石英岩,最坚固的砂岩和石灰岩	15
III	坚 固	致密花岗岩,很坚固砂岩和石灰岩,石英质矿脉,坚固的砾岩,极坚固的铁矿石	10
IIIa	坚 固	坚固的石灰岩、砂岩、大理岩,不坚固花岗岩、黄铁矿	8
IV	较 坚 固	一般的砂岩、铁矿	6
IVa	较 坚 固	砂质页岩、页岩质砂岩	5
V	中 等	坚固的粘土质岩石,不坚固的砂岩和石灰岩	4
Va	中 等	各种不坚固的页岩,致密的泥灰岩	3
VI	较 软 弱	软弱的页岩,很软的石灰岩、白垩、岩盐、石膏、冻土、无烟煤,普通泥灰岩,破碎砂岩,胶结砾岩,石质土壤	2
VIa	较 软 弱	碎石质土壤,破碎页岩,凝结成块的砾石和碎石,坚固的煤,硬化粘土	1.5
VII	软 弱	致密粘土,软弱的烟煤,坚固的冲积层,粘土质土壤	1.0
VIIa	软 弱	轻砂质粘土,黄土,砾石	0.8
VIII	土 质 岩 石	腐植土,泥煤,轻砂质土壤,湿砂	0.6
IX	松散性岩石	砂,山麓堆积,细砾石,松土,采下的煤	0.5
X	流沙性岩石	流沙,沼泽土壤,含水黄土及其它含水土壤	0.3

第二章 凿 岩

采用爆破方法进行矿山井巷掘进和回采矿石时,首先要在岩石或矿体内钻凿不同深度、不同直径的孔眼,然后装入炸药进行爆破,将岩石或矿石从母体上分离下来,并破碎成合适的块度,以便装运至地表。在岩体或矿体上钻凿孔眼的作业称为凿岩(钻眼)。通常,按所凿孔眼的大小与深度,分为浅眼(炮眼)和深孔(炮孔)两种。直径小于45~50mm、深度在5m以内的孔眼称为浅眼;直径大于45~50mm,深度在5m以上的孔眼称为深孔。因此,凿岩方法也相应地分为浅眼凿岩和深孔凿岩。

第一节 浅 眼 凿 岩

浅眼凿岩,根据岩矿的软硬不同,凿岩方法也不同。在采掘中,遇到坚硬岩矿时,多采用冲击式凿岩法;对于软岩,尤其是煤层主要采用回转式钻眼法。

一、浅眼冲击式凿岩

(一) 冲击式凿岩原理

冲击式凿岩法是利用钎子在冲击力作用下将岩石凿碎,如图2—1所示。钎子在冲击力作用下,其钎头刃部便切入并凿碎其下方和旁侧的岩石,形成一条凿沟A—A',随后将钎子转动一个角度,再进行第二次冲击,形成凿沟B—B'。如果钎子的冲击力足够大,两条凿沟之间的扇形岩石,在凿B—B'凿沟的同时就会被剪碎或震碎。不断重复这一过程,钎子便不断凿碎岩石。与此同时,破碎后的岩粉,由压气或压力水将之排出眼外,形成圆形炮眼。

钎子的冲击回转及排粉都靠凿岩机来实现。因此,冲击式凿岩机上具有活塞往复运动的冲击机构及转钎、排粉、推进、操纵、润滑等机构。

冲击式凿岩的特点是,钎子的冲击和回转动作是交替进行的。所以,岩石的破碎过程是不连续的间断式,钎头的磨损较小。冲击式凿岩法主要适用于坚硬性脆和抗磨蚀力强的岩石,金属矿山广泛采用。

(二) 冲击式凿岩机

冲击式凿岩机的类型很多,按其动力分有风动凿岩机、液压凿岩机、内燃凿岩机和电动凿岩机四种。矿山应用最广的是风动凿岩机(俗称风钻);按重量不同,凿岩机可分为轻型(机重小于30kg)、中型(机重为30~50kg)和重型(机重大于50kg);按推进方式和用途不同,可分为手持式、气腿式、导轨式和伸缩式(向上式)等。

(1) 手持式凿岩机

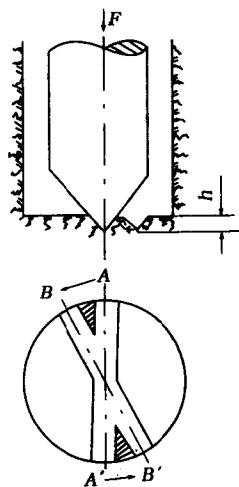


图2—1 冲击式凿岩原理