

钨矿工人技术培训试用教材（三）

凿岩爆破

一九八二年 五月十八日

江西省冶金工业厅编

编 者 的 话

本书是为了适应钨矿工人技术培训的需要，根据我省大、中、小型钨矿多年来的生产实践，并参考吸收了省外部分有色矿山的生产建设资料，结合部颁工人技术等级标准的应知应会要求编写而成的；同时书中对一些厂矿的新技术、新工艺、新设备也做了一定的介绍。本书内容比较简练、通俗、专业分工较细，可作为矿山工人短期培训的教材，也适用于初中文化水平的职工自学，对基层的生产、技术管理人员也有一定的参考价值。全书有220余万字，共分十三册，一、钨矿地质；二、矿山测量；三、凿岩爆破；四、井巷工程；五、矿床开采；六、通风与防尘；七、井下机械与供排水设备（一部分）；八、选矿前准备；九、重选；十、精选；十一、选厂辅助作业；十二、选矿技术检测；十三、矿山电工。

本书由王国藩、谭永灼、徐应文主编，参加编写的人员有：刘希贤、谭炎藩、甘奕昌、何挺良、龙丽天、龙凤章、王国藩、谭永灼、张金泉、刘金生、周逸明、黄成发、姜善福、黄植珍、刘熊周、徐应文、毛振新、廖知生、鍾文钧、戴文林、张永礼、傅必如、冯先立等同志。由杜素安、刁诗民、肖本功、徐家骥、孙金福、张丹、郭书昆、梁质明、伍继凯、陈微、吴世藩、邹润荣、刘巨龙、陈声游、樊建强、张吉福及侯绍禹等同志审稿。

在编写过程中，承省内外有关厂矿、院校及科研单位的大力支持，为教材编写提供了宝贵的资料；此外参加教材描图、抄写及其他工作的同志也付出了辛勤劳动，在此一并表示感谢。

本书因编写时间仓促，编者水平有限，书中一定存在不少缺点和错误，诚恳欢迎读者批评指正。

一九八一年十二月

钨矿工人技术培训试用教材

- 一、钨矿地质
- 二、矿山测量
- 三、凿岩爆破
- 四、井巷工程
- 五、矿床开采
- 六、通风与防尘
- 七、井下机械与供排水设备（一部分）
- 八、选矿前准备
- 九、重 选
- 十、精 选
- 十一、选厂辅助作业
- 十二、选矿技术检测
- 十三、矿山电工

目 录

概述.....	(1)
第一章 岩石的性质及其分级.....	(2)
第一节 岩石的物理力学性质.....	(3)
第二节 岩石的坚固性及其分级.....	(8)
第二章 浅眼凿岩.....	(15)
第一节 冲击回转式凿岩的机理.....	(16)
第二节 凿岩机的构造及工作原理.....	(16)
一、凿岩机分类.....	(17)
二、7 6 5 5型气腿式凿岩机.....	(23)
三、YSP 45型向上式凿岩机.....	(40)
四、机器的维护保养.....	(51)
五、机器的拆卸、装配及修理.....	(54)
第三节 浅眼凿岩工艺.....	(58)
一、钎头.....	(59)
二、钎杆.....	(83)
三、钎尾.....	(88)
四、钎组.....	(92)
第四节 凿岩机故障分析及处理.....	(95)
第五节 凿岩效率.....	(98)
一、影响凿岩速度的因素.....	(99)
二、浅眼凿岩的操作要领.....	(102)

第三章 深孔凿岩	(102)
第一节 接杆式深孔凿岩	(103)
一、YZ—90型凿岩机的结构特点及工作 原理.....	(104)
二、凿岩台架.....	(116)
三、接杆式深孔凿岩工具.....	(125)
第二节 潜孔式深孔凿岩	(129)
一、YQ—100潜孔钻技术规范.....	(129)
二、结构和工作原理.....	(132)
三、潜孔钻凿岩工具.....	(135)
四、潜孔钻机的使用与维护.....	(138)
第四章 爆破及炸药理论	(141)
第一节 炸药爆炸的基本概念	(141)
一、爆炸现象.....	(141)
二、炸药爆炸的三个必要条件.....	(142)
三、炸药的起爆机理及其爆炸形式.....	(144)
四、炸药传爆的理论.....	(148)
第二节 炸药的分类	(148)
1、起爆药.....	(149)
2、猛性炸药.....	(149)
3、发射药.....	(149)
第五章 矿用炸药	(149)
第一节 对矿用炸药的要求	(149)
第二节 起爆药与单体猛性炸药	(150)
一、起爆药.....	(150)
二、单体猛炸药.....	(151)

第三节	混合猛性炸药	(151)
一、	铵梯炸药	(151)
二、	铵油炸药	(153)
三、	铵松蜡炸药	(157)
四、	浆状炸药	(161)
五、	硝化甘油炸药	(161)
六、	乳化油炸药	(161)
第四节	工业炸药的氧平衡与爆炸生成的有毒气体	(165)
一、	工业炸药的氧平衡	(165)
二、	工业炸药爆后有有毒气体生成量	(169)
第五节	爆热、爆温、爆压、爆炸功和爆炸生成气体体积	(170)
第六节	工业炸药的主要技术性能及测定方法	(173)
1、爆力	2、猛度	3、爆速
4、敏感度	5、含水率	6、聚能效应
		(173)
第六章	起爆器材和起爆方法	(186)
第一节	起爆器材	(186)
一、	导火索	(186)
二、	火雷管	(188)
三、	电雷管(瞬发电雷管;秒延期电雷管;毫秒电雷管;抗杂电雷管)	(191)
四、	导爆索	(199)
五、	继爆管	(200)

六、导爆管—非电毫秒雷管起爆系统·····	(201)
第二节 起爆方法·····	(205)
一、导火索起爆法·····	(205)
二、电雷管起爆法·····	(207)
三、导爆索起爆法·····	(212)
四、导爆管—非电毫秒雷管起爆法·····	(214)
五、联合起爆法·····	(217)
第七章 爆破方法及装药量计算·····	(219)
第一节 岩石破坏机理·····	(219)
第二节 岩体内部药包的爆破作用·····	(224)
第三节 装药量计算原理·····	(230)
第四节 爆破方法·····	(231)
一、浅眼爆破法·····	(231)
二、井下深孔爆破法·····	(242)
三、露天深孔爆破·····	(252)
四、深孔爆破成井·····	(258)
五、药室爆破法·····	(262)
六、大块爆破法·····	(277)
七、控制爆破技术·····	(279)
第八章 爆破安全技术·····	(294)
第一节 爆破材料意外爆炸的预防·····	(294)
一、机械能引爆的意外爆炸的预防·····	(294)
二、热能引爆的意外爆炸或燃烧的预防·····	(295)
三、电能引爆的意外爆炸的预防·····	(295)
第二节 爆炸产生危害的预防·····	(298)
第三节 盲炮的产生、预防和处理·····	(301)

第四节	空气冲击波的危害和预防·····	(3 0 3)
第五节	炸药的干燥、防潮和解冻·····	(3 0 7)
第六节	爆破工程中几种常用的仪表·····	(3 1 3)
一、	电爆网路检测用的仪表·····	(3 1 3)
二、	安全专用仪表·····	(3 1 9)
三、	爆破用电源仪表·····	(3 2 4)

第三篇 凿岩爆破

概 述

在采矿工业中，由于金属矿的矿石和岩石（以下简称矿岩），一般都比较坚硬，常利用各种凿岩工具，在矿岩上钻凿所需直径和深度的炮眼，叫做凿岩；在炮眼内或利用其他形式的装药引爆将其炸碎，叫做爆破。在井巷掘进和回采工作中，现仍用这种浅眼或深孔的凿岩爆破法，将矿岩从母体上分离下来，以达到工程要求和破碎成便于装运的合格矿岩块度。

因此凿岩爆破，实质上是采用各种凿岩方法，在矿岩上钻凿出炮眼，然后装药引爆，利用炸药巨能，使其破碎的技术工作。

把矿岩从母体上分离下来，是采掘工作的核心问题。为此，凿岩爆破它是整个采掘过程中最主要和重要的工序之一。从每循环所耗时间上看：竖井掘进，约有四分之一的时时间，花在凿岩爆破上；在平巷掘进中，凿岩爆破的时间，约占百分之五十到六十；在回采工序中，几乎绝大部分的时间花在凿岩爆破上。从所耗费用上看：凿岩爆破的成本，约占采矿成本的一半。因此，研究凿岩爆破的任务：是尽量应用一切先进技术，提高凿岩爆破效率，缩短每次循环时间；实现强化开采，降低原材料消耗。以达到：高强度、高效率、

高质量、低消耗、低成本，保安全的三高、二低、一保的目的。

关于浅眼和深孔的概念，尚无一个明确的界限，在生产实践中，通常把气腿式和伸缩式凿岩机所凿的炮眼直径为35~48毫米，深度在3~5米以下的炮眼，叫浅眼；其爆破叫浅眼爆破；也叫小爆破。而把重型凿岩机或潜孔凿岩机所钻凿的炮孔直径大于50毫米，深度在5米以上的炮孔，叫深孔；其爆破叫深孔爆破；也叫中爆破。把开凿硐室用以装填炸药，进行爆破则叫药室爆破；也叫大爆破。还有不予凿岩钻眼，直接将炸药放在大块矿岩表面爆破的，叫裸露爆破。

凿岩爆破不但在采矿工业中起着重大的作用，而且已广泛应用到水利、铁道、建筑、化工、农林等工程中，已经成为现代化生产和经济建设中的非常重要的科学技术之一。

第一章 岩石的性质及其分级

凿岩爆破的主要对象是岩石，其目的是设法将其破碎。由于组成岩石的矿物成份，岩石成因，以及生成后经受的地质变化的不同，岩石的组织，构造及物理力学性质也是多种多样的，它对凿岩爆破、井巷掘进、回采工艺以及地压管理关系十分密切。只有了解岩石的各种不同性质，才能正确地选择合理的凿岩爆破方法，藉以提高其效能。

岩石的组织是指组成岩石的矿物成份、粒度、形状、及其胶合物结合的状况等。通常颗粒愈细，孔隙较少，胶合致密，则该岩石愈坚固，含同样砂粒的砂岩，由于胶结物不同，坚固程度也就不同。若胶结物为矽化较深的石英质，则比较坚固；铁质的或石灰质的次之；粘土质的最差。

岩石的构造，是指岩石生成以后，受到地质动力作用，所形成的层理、节理和裂隙等，以及它们的分布状态，对岩石的坚固性亦有着直接的影响。裂隙多，节理发育的岩石，其坚固性会降低。尤其是风化作用，会使岩石的各个组份解体，扩大裂隙，表面粉化，因此随着风化程度的加深，岩石的坚固性亦逐渐降低。所以在凿岩爆破工程中，合理地利用岩石的构造，可以提高凿岩效率，保证良好的爆破效果。

由于岩石的组织 and 构造的不同，表现出岩石的物理力学性质亦各种各样。对凿岩爆破起主要作用的有：强度、硬度、韧性、弹性、塑性、脆性、磨蚀性、稳定性、密度和容重、碎胀性等。这些性质也就决定了凿岩爆破的破碎难易。

第一节 岩石的物理力学性质

为了进一步了解岩石的物理力学性质的内容实质与凿岩爆破的关系，下面对这些性质分别作以简介：

一、强度：是指岩石抵抗压缩、拉伸和剪切等应力作用的性能。强度本来是材料力学中用来表示材料抵抗压、拉、剪等简单应力性能的常量；而在采掘工程中很难以简单应力来表示破碎岩石难易的性能。特别是凿岩爆破，都是瞬时冲击载荷，所以强度只能作为岩石坚固性的一个指标。

岩石强度在很大程度上还取决于破碎时的变形特点，实践证明，岩石的抗压强度最大，抗剪强度次之，抗拉强度最小。现举例说明：见表1—1，表1—2。

岩石强度所以有这些差异，是因为岩石在受压时，压力作用方向与造岩矿物颗粒之间分子相互吸引的方向是一致的，而岩石受拉伸或剪切时，这两种力的作用方向正好相反

或成斜交。充分利用岩石的这种特性，就可以改善岩石破碎效果。

几种岩石的相对强度 表 1—1

岩石名称	相 对 强 度 (%)		
	抗 压	抗 剪	抗 拉
花 岗 岩	1 0 0	9	2 ~ 4
砂 岩	1 0 0	10~12	2 ~ 5
石 灰 岩	1 0 0	15	4 ~10

一些岩石的强度 表 1—2

岩石名称	抗 压 强 度 (公斤/厘米 ²)	抗 拉 强 度 (公斤/厘米 ²)
闪 长 岩	1800~3000	150~300
玄 武 岩	1500~3000	100~300
石 英 岩	1500~3000	100~300
花 岗 岩	1000~2500	70~250
大 理 岩	1000~2500	70~200
白 云 岩	800~2500	150~250
石 灰 岩	800~2500	50~250
砂 岩	200~1700	40~250
页 岩	100~1000	20~100

二、硬度：是指岩石抵抗外界尖锐工具侵入的性能。硬度越大，凿岩就越困难，因为凡用刃具切削或挤压的方法进行凿岩，首先必须解决将工具侵入岩石才能达到钻进的目的。因此，研究岩石硬度，是解决对服适应的凿岩方法的前提。对钻眼工作较有实际意义的是苏联Л·А·史雷涅尔（Ллреñер）教授的硬度测量法。该法是用端面积1~3平方公厘的圆柱形平端压头来压入岩石，以岩石发生破裂（对于脆性岩石）或发生塑性变形（对于塑性岩石）时所承受压力强度来作为岩石的硬度。这种硬度的数值，要比岩石试块的抗压强度大出几十倍。如表1—3。

几种岩石的史氏硬度和抗压强度的数值 表1—3

岩石名称	史氏硬度 (公斤/平方公分)	抗压强度 (公斤/平方公分)
石英岩	70000~100000	3000~5000
花岗岩	35000~62000	800~2500
碳酸盐类岩石	3000~50000	50~2600
硬石膏	20000	1200

三、韧性：岩石抵抗外力使其分裂成碎块的性能。岩石韧性的大小，它取决于组成岩石颗粒彼此之间以及颗粒间胶结物之间的凝聚力。韧性大的岩石凿岩和爆破都将困难。

四、弹性：是指岩石在外力作用下产生变形，撤除外力后，具有恢复其原来形状和体积的性能。弹性变形具有可逆性。弹性越大对凿岩爆破时作功于岩石所产生的回弹力损耗也就越大，该岩石不易破碎。

影响岩石弹性的因素很多，其中有造岩矿物的成份，矿物颗粒的大小，胶结物的特征，岩石的孔隙度、含水率以及作用力的特性等。一般说来，细粒岩石的弹性比粗粒的大，孔隙度越大，含水率越高，弹性模数就越小。

岩石的弹性，不但与岩石组成物及其性质有关，还取决于受力条件和加载速度，所以岩石的弹性不是绝对不变的，其大小在一定程度上可以用人为的方法来加以控制，这就有可能改变岩石弹性模数的方法，来提高岩石的破碎效果。

五、塑性和脆性：塑性是与弹性相反，其变形具有不可逆性。即是岩石在外力作用撤除后，不能恢复其原来形状和体积，具有明显的残余变形的性能，叫塑性岩石。若几乎没有残余变形的岩石，则叫脆性岩石。

岩石的塑性和脆性，不仅同组成岩石性质本身有关，而且还决定于受力状态和外加载荷的速度；这是因为增加载荷速度后，岩石的变形来不及充分发展的缘故。载荷的速度越大，脆性表现就越显著。凿岩和爆破都是冲击载荷，所以岩石都是呈脆性破坏的。

六、磨蚀性：是指岩石磨蚀工具的性能。岩石中含石英颗粒越多时，对钎头的磨损就越剧烈，使钎刃很快变钝，钎头直径减小，对凿岩工作起着非常不利的影响。尤其是对回转式凿岩，成为一个不能在坚硬而磨蚀性强的岩石中使用的重要原因。

七、稳定性：是指岩石暴露出自由面后，不致于塌陷的性能。这种性能在进行药室爆破时尤为重要，不稳定的岩石是不宜于采用大的药室。

八、密度和容重：密度是指不包括岩石内的孔隙时单位

体积岩石的重量。容量是指包括岩石内的孔隙时单位体积原岩的重量。而实用的却是容重，在采矿工业中，密度和容重都以吨/立方公尺为单位。见表1—4所示例。

几种岩石的密度和容重

表1—4

岩石名称	花 岗 岩	砂 岩	石 灰 岩
密度(吨/立方公尺)	2.58~2.69	2.59~2.72	2.71~2.85
容重(吨/立方公尺)	2.56~2.67	2.11~2.14	2.46~2.68

岩石的容重大小，对于抛掷爆破有很大的影响，土壤质岩石，炸药的消耗几乎与岩石的容重成正比。

九、碎胀性：是指整体的岩石破碎后，其体积有增大的性能。岩石破碎后的体积 V_1 (立方公尺) 与整体原岩体积 V (立方公尺) 的比值 K ，称为岩石的碎胀系数(也叫松散系数)，以表示岩石的碎胀程度。其计算公式是：

$$K = \frac{V_1}{V}$$

通常岩石愈坚硬，其碎胀系数愈大，破碎后岩石块度越粗越均匀，则碎胀系数也就越大。由于岩石破碎后体积会增大，所以在地下采掘工作中进行爆破时，必须考虑有足够的空间，来容纳破碎后增加的体积，和充分利用岩石的碎胀性。常见岩石的碎胀系数，见表1—5。

常见几种岩石的碎胀系数

表1—5

岩石名称	纯砂和砾	中等坚固的煤	石灰岩和砂岩	坚固的岩石
碎胀系数	1.05~1.2	1.4	1.25~1.5	1.6~2.5

第二节 岩石的坚固性及其分级

岩石的坚固性是一个综合性的概念，是各种物理力学性质的总合，表征着各种不同方法下岩石破碎的难易程度。人们在长期的生产实践中和科学试验中认识到有些岩石易于破碎，有些岩石难于破碎。难于破碎的岩石，一般也难于凿岩爆破，其强度和硬度都比较大，也就是说比较坚固。为了有效的破碎岩石和可靠地维护岩体，需要对岩石的坚固程度作出正确的判断，即进行科学的岩石坚固性分级。岩石的坚固性系数是采矿工程的基础资料，它是采掘和机械设计的依据，是设备和工艺选择的指南，对生产和建设的经济效果有直接而深切的影响。因此，近几十年来，国内外科研部门和一些学者，对岩石分级的研究，十分重视，进行了大量的工作，取得了一定的成绩，提出了多种岩石分级方法，如苏联的普氏分级法、苏氏分级法、史氏硬度分级法；美国的按岩芯完整率的分级法；加拿大的按岩石物理力学性质的分级法；日本七十年代提出的按岩层弹性波速度的分级法以及我国近年来东北工学院提出的凿碎法岩石可钻性分级等。这些分级法都具有各自的特点，但由于它们有着不同的局限性，至今仍然没有一种分级法为国际上所一致公认。

考虑到历史原因和现实意义，并照顾到可能的发展趋势，在这节里着重介绍普氏分级法和东北工学院按岩石可钻性的分级法。

一、岩石的坚固性及普氏分级

苏联学者 M. M. 普洛托齐雅可诺夫通过长期观察和大

量分析统计认为：岩石的坚固性在各方面的情况是一致的。例如，难以凿岩的岩石，也同样难以爆破，可以用一个指标来表现另一个指标。一个总的分级就可以反映岩石在各种破碎方面（如凿岩、爆破、截割…）和各种稳定性方面（如地压、支护…）的坚固性。

普氏用岩石抗压强度百分之一的数值来表示岩石的坚固性系数即普氏系数（ f ）

$f = R/100$ （ R —岩石的抗压强度。公斤/厘米²）作为岩石坚固性的定量指标。普氏根据 f 值的不同，对岩石进行具体分级。见表1—6

我国岩石分级工作是从解放后开始的，五十年代就引进了苏联的普氏分级法。

1958年，我国国务院科学规划委员会冶金组在长沙召开的岩石分级会议上，对普氏分级法进行了研究，规定了凿岩性、爆破性的暂行标准如下：

1. 凿岩性标准条件：

- 1) 国产01—30型凿岩机附气腿支架，
- 2) 一字形钎头，镶G15硬质合金，刃角110°，直径42毫米。
- 3) 凿岩时风压 4.5 ± 0.25 大气压（风压表安装在风管与软管的连接处），
- 4) 眼深1.5米，开始10~15厘米不计凿速，炮眼呈水平方向，
- 5) 湿式凿岩，每分钟供水量为 3 ± 0.5 公升，
- 6) 凿岩工操作技术较熟练。