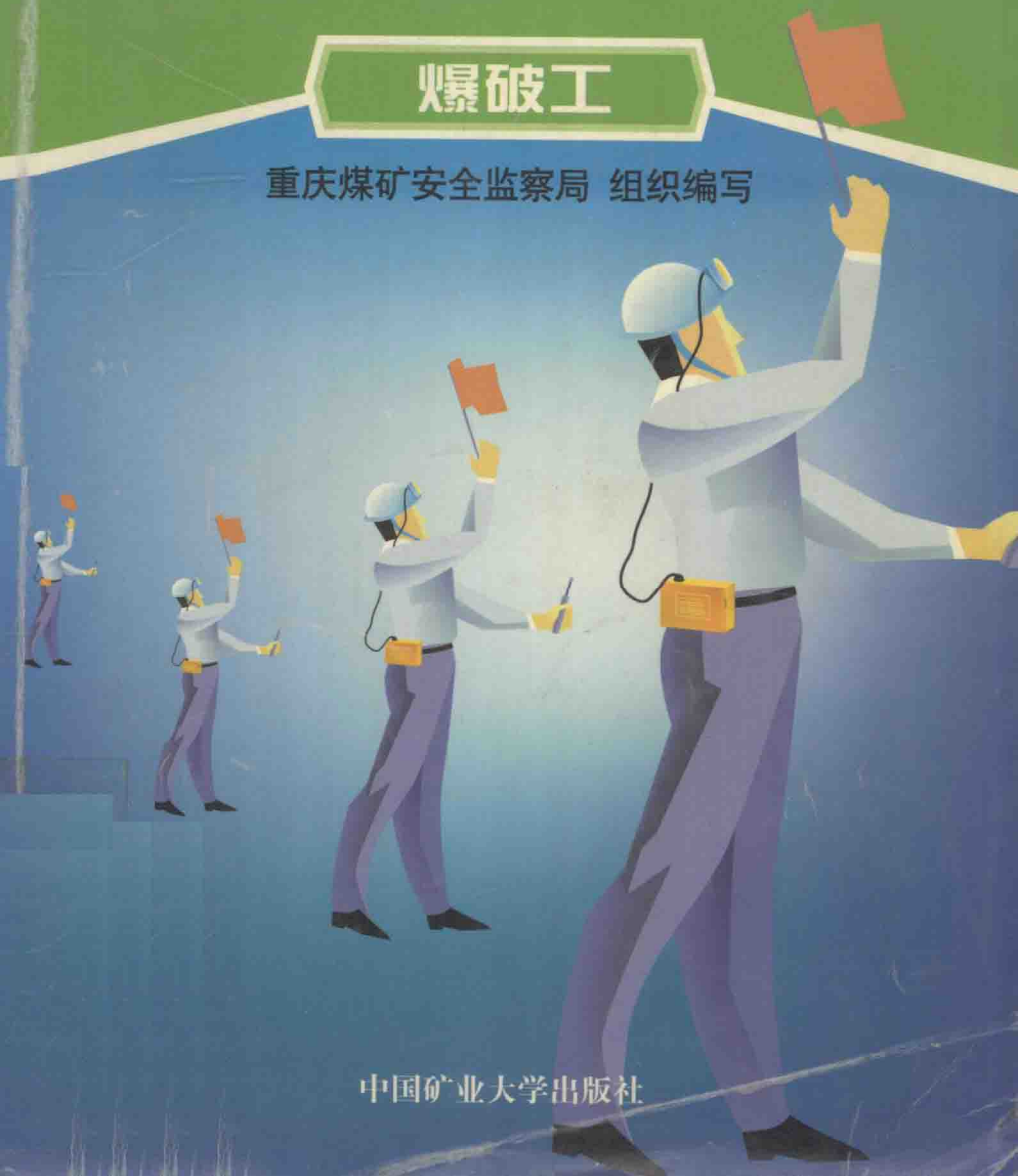


南方煤矿安全培训通用教材

煤矿工人岗位安全培训丛书

爆破工

重庆煤矿安全监察局 组织编写



中国矿业大学出版社

南方煤矿安全培训统编教材

爆 破 工

重庆煤矿安全监察局 组织编写

主 编 吴再生 陈 雄

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书是“南方煤矿安全培训统编教材”之一。全书共五章,内容包括:爆破基本知识,爆破材料、器材及管理,矿井安全爆破,特殊地点爆破,常见爆破故障处理及重大爆破事故防治。

本书主要作为煤矿企业爆破工进行安全岗位培训的通用教材,也可供基层管理干部、有关技术人员及煤炭院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

爆破工/吴再生,陈雄主编. —徐州:中国矿业大学出版社, 2005. 4

南方煤矿安全培训统编教材

ISBN 7 - 81107- 057 - X

I. 爆… II. ①吴… ②陈… III. 煤矿—爆破安全—技术培训—教材 IV. TD7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 032600 号

书 名 爆破工

主 编 吴再生 陈 雄

责任编辑 姜 华

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

排 版 中国矿业大学出版社排版中心

印 刷 北京市兆成印刷有限责任公司

经 销 新华书店

开 本 850×1168 1/32 本册印张 4 本册字数 104 千字

版次印次 2005 年 4 月第 1 版 2005 年 4 月第 1 次印刷

总 定 价 106.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

南方煤矿安全培训通用教材编审委员会

主 任 魏福生

副主任 阴衍朴 涂国志

秘书长 李时红

委 员 武小伍 吴俊根 牟维华 吴再生

谭立荣 吕玉芬 秦大亮 黄明海

周祖明 李长军 张我明

目 录

第一章 爆破基本知识	1
第一节 岩石的工程性质	1
第二节 顶板管理常识	15
第三节 爆破技术基础	24
第四节 采掘工作面炮眼布置及爆破说明书的编制	29
第二章 爆破材料、器材及管理	40
第一节 炸药	40
第二节 雷管	51
第三节 炮泥及装药结构	58
第四节 爆破器材	60
第五节 爆炸材料日常管理	64
第三章 矿井安全爆破	72
第一节 爆破过程规定及要求	72
第二节 常用爆破技术	82
第四章 特殊地点爆破	96
第一节 巷道贯通时爆破	96
第二节 穿透老空区爆破	97
第三节 接近积水区爆破	98
第四节 震动性爆破	99

第五节 溜煤(矸)眼堵塞爆破·····	104
第五章 常见爆破故障处理及重大爆破事故防治·····	106
第一节 常见爆破故障处理·····	106
第二节 防止重大爆破事故措施·····	114
参考文献·····	124

第一章 爆破基本知识

第一节 岩石的工程性质

一、岩石及其物理性质

岩石是由一种或多种矿物组成的,或者说岩石是矿物的集合体。按照成因可以将岩石分为三大类,分别是岩浆岩、沉积岩、变质岩。

岩浆岩:是由高温熔融状态的岩浆喷出地表或侵入地壳的上部逐渐冷却、凝固而形成的岩石。

沉积岩:是在地壳表层环境中而形成的岩石。

变质岩:是由各种不同的原有岩石,在变质作用的影响下,经过物理和化学的改造重新形成的岩石。

岩石最主要的基本物理特性是岩石的非均质性、岩石的裂隙性、岩石的各向异性。

1. 岩石的非均质性

组成岩石的矿物结晶程度、颗粒大小、形状、分布排列以及胶结物质的性质不同,使岩石表现出非均质性。

2. 岩石的裂隙性

岩层受力后,若作用力超过岩层的极限强度,就产生断裂。断裂后,两侧岩层不发生显著位移,称为裂隙;若两侧岩层发生了显著的位移,则称为断层。

按裂隙生成原因可分为三类:成岩裂隙、构造裂隙、次生裂隙。

(1) 成岩裂隙:又称原生裂隙,是指岩体形成过程中生成的裂隙。

(2) 构造裂隙:是受构造变动作用力作用而形成的裂隙。构造裂隙按其力学性质可分为张裂隙、剪裂隙、劈理。

① 张裂隙:由张应力引起的裂隙。

② 剪裂隙:由剪应力引起的裂隙。

③ 劈理:是指由岩石沿平行或大致平行面分成薄片而引起的裂隙。

(3) 次生裂隙:是指风化、地下水、卸载以及人工等次生作用而形成的裂隙。可分为风化裂隙、减压裂隙。

3. 岩石的各向异性

在天然岩体条件下,使岩体具有各向异性的基本原因是由于存在岩石的层理、片理、夹层、定向裂隙系统。

二、岩石的主要物理指标

1. 岩石的相对密度、密度、重度

(1) 相对密度

岩石的相对密度是指岩石固体体积(不包括孔隙体积)的质量与同体积水的质量的比值。

计算公式:

$$d = \frac{G}{V_0 \cdot \rho_w}$$

式中 d ——岩石相对密度;

G ——绝对干燥时体积为 V_0 的岩石质量,kg;

V_0 ——岩石固体体积, m^3 ;

ρ_w ——水的密度, kg/m^3 。

(2) 密度

岩石密度是指单位体积岩石的质量。

计算公式:

$$\rho = \frac{G}{V}$$

式中 ρ ——岩石密度, kg/m^3 ;

G ——岩石试件的质量, kg ;

V ——岩石试件的体积, m^3 。

岩石密度有干密度和湿密度之分。干密度为单位体积岩石绝对干燥后的质量。湿密度为岩石天然含水或饱和水状态下的密度。

(3) 重度

岩石重度是指单位体积岩石质量所受重力的大小。

计算公式:

$$\gamma = \rho \cdot g$$

式中 γ ——岩石重度, N/m^3 ;

ρ ——岩石密度, kg/m^3 ;

g ——重力加速度, $9.81 \text{ m}/\text{s}^2$ 。

2. 岩石的孔隙性

岩石的孔隙性是指岩石的裂隙和孔隙的发育程度, 通常用孔隙度 n 和孔隙比 e 来表示。

(1) 孔隙度: 是指岩石试件内各种裂隙、孔隙的体积总和对于试件总体积之比。

计算公式:

$$n = \frac{V - V_0}{V} = \left(1 - \frac{\rho_c}{d\rho_w}\right) \times 100\%$$

式中 n ——孔隙度;

d ——岩石相对密度;

ρ_c ——岩石干密度;

ρ_w ——水的密度。

(2) 孔隙比: 是指岩石试件内各种孔隙、裂隙的体积总和对于试件内固体矿物颗粒体积之比。

计算公式：

$$e = \frac{d\rho_w}{\rho_c} - 1$$

3. 岩石的吸水率

岩石吸水率是指岩石试件在标准大气压(约 0.1 MPa)下吸入水的质量与试件烘干质量之比值。

计算公式：

$$w = \frac{Q_1}{G} \times 100\%$$

式中 w ——岩石吸水率；

Q_1 ——试件吸入水的质量；

G ——试件烘干质量。

岩石吸水性的 大小，取决于岩石的含孔隙和裂隙的数量、大小、开闭程度及其分布情况。

4. 岩石的碎胀性

岩石的碎胀性是指岩石破碎后因碎块间空隙增多而总体积增大的性质。碎胀程度的大小可用碎胀系数 K 来表示。碎胀系数 K 是指岩石破碎后的总体积 V_1 与破碎前体积 V 之比。

常见岩石相对密度、密度、重度、孔隙度、吸水率及碎胀系数见表 1-1。

表 1-1 常见岩石相对密度、密度、重度、孔隙度、吸水率及碎胀系数表

岩石名称	相对密度	密度 /g · cm ⁻³	重度 /kN · m ⁻³	孔隙度 /%	吸水率 /%	碎胀系数
砂岩	2.60~2.75	2.20~2.71	21.6~26.6	3~30	0.20~12.19	1.7~2.0
页岩	2.57~2.77	2.30~2.62	22.5~25.7	10~35	1.80~3.10	1.2~1.7
石灰岩	2.48~2.85	2.30~2.77	22.5~27.1	5~20	0.10~4.45	2.0~2.5

三、岩石的力学性质

岩石在外力作用下变形以致破碎的特征称为岩石的力学性质。

1. 岩石的弹性和塑性

岩石的变形可分为弹性变形(可恢复变形)和塑性变形(不可恢复变形)。

(1) 岩石的弹性

一般把岩石在较小应力范围内视为弹性介质,其应力应变关系符合虎克定律。这种弹性不是完全可逆的,也不是完全线性的。

(2) 岩石的塑性

岩石在外载荷作用下,当载荷增大到破坏值,岩石出现塑性变形。

2. 岩石的应力应变关系

(1) 单向压缩时应力应变关系

根据实验,岩石单向压缩时的应力应变曲线可以简化为两类:

① 脆性岩石的应力应变曲线,如图 1-1 中曲线 1 所示。它的特点是:岩石在破坏前,没有明显塑性变形,总应变变量很小;在应力达到岩石极限强度 R_a 时,岩石突然破坏,有时还发出巨大声响并

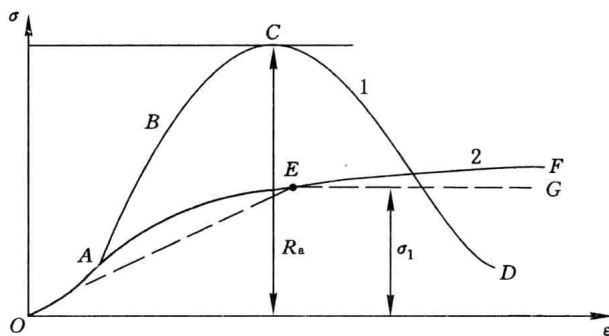


图 1-1 岩石应力应变曲线图

使岩石碎块强烈弹出,产生脆性破坏。在曲线 1 中, OA 段为岩石裂隙压密阶段, AB 段近似为线性弹性阶段, BC 段为破裂发展阶段, CD 段为卸载应力应变曲线, D 点为完全破坏点。

② 塑性岩石应力应变曲线,如图 1-1 中的曲线 2 所示。它的特点是:岩石破坏前总应变量大;曲线斜率开始变陡,以后逐渐平缓。工程上将开始平缓的转折点称为屈服极限 σ_1 。曲线 OFE 可简化为折线 OEG , OE 段可将岩石看做弹性体, EF 段可将岩石看做塑性体。

(2) 三向压缩时应力应变关系

通过对岩石三向压缩实验,得出以下结论:

① 岩石应力达到破坏点之后,不会立即完全丧失承载能力,即岩石在破坏以后,虽然结构发生了变化,但仍然保留一定的承载能力。

② 随着侧向压力的增大,岩石表现出明显的塑性变性。

③ 随着侧向应力的增大,岩石破坏时的最大应变增大,岩石发生较大变形后才会被破坏。

3. 岩石的蠕变性

(1) 岩石蠕变性的含义

岩石蠕变性是指在恒定载荷持续作用下,岩石变形随时间而增长的特性。这一特性的变形时间曲线称为蠕变曲线。

(2) 岩石蠕变过程

岩石典型蠕变曲线如图 1-2 所示。岩石的蠕变过程分为三个阶段:在点 A 和 B 之间,蠕变不断增加,但蠕变速率逐渐减慢,称为过渡蠕变;在点 B 和 C 之间,蠕变以恒定速率增长,称为定常蠕变;在点 C 以后,蠕变加速增长,称为加速蠕变;当达到某一点 D 时,岩石便被破坏。

4. 岩石的强度特性

(1) 岩石的强度特征

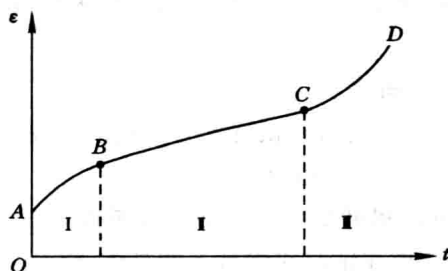


图 1-2 岩石典型蠕变曲线图

由实验资料可概括出,岩石的强度特征主要有:

- ① 岩石强度与受力状态有关;
- ② 岩石的单向抗压强度与试块尺寸有关;
- ③ 在三向压力作用下,岩石强度随侧向压力的增大而提高。

(2) 岩石强度及其影响因素

- ① 岩石强度:在外载荷作用下,岩层抵抗破坏的能力。
- ② 岩石强度的影响因素:岩石的组成成分、颗粒大小、胶结情况、生成条件、层理构造、孔隙度、温度、湿度、风化程度、受力状态、时间等。

(3) 岩石的抗压强度

岩石的抗压强度是指岩石在垂直压力作用下抵抗破坏的能力。岩石的抗压强度取决于岩石的矿物成分、结构、构造、孔隙度、风化程度等。

(4) 岩石的抗剪强度

岩石的抗剪强度是指岩石在一定垂直载荷下受剪应力作用而破坏时的极限剪应力值。

(5) 岩石的抗拉强度

岩石的抗拉强度是指岩石抵抗单向拉伸的能力。

(6) 岩石的抗折强度

岩石的抗折强度是指岩石受弯曲而折断时所对应的弯曲应力。

(7) 岩石的坚固性

岩石的坚固性是指岩石抵抗外力作用的总强度。

(8) 岩石的可钻性和可爆性

岩石的可钻性和可爆性表示钻眼或爆破岩石的难易程度,是岩石物理、力学性质在钻眼或爆破上的具体、综合反映。岩石的可钻性和可爆性常用工艺性指标来表示。通常采用钻速、钻每米炮眼所需要的时间、钻头的进尺、钻每米炮眼磨钝的钎头数、破碎单位体积岩石消耗的能量等来表示岩石的可钻性,常用爆破单位体积岩石所消耗的炸药、爆破单位体积岩石所需的炮眼长度、单位重量炸药的爆破量、每米炮眼的爆破量等来表示岩石的可爆性。

四、岩石分级与围岩分类

1. 岩石分级

我国矿山普遍使用按岩石坚固性进行分级的方法,即普氏分级法。

苏联普洛托吉雅可诺夫于 1926 年提出用“坚固性”这一概念作为岩石分级的依据。坚固性表示岩石在各种采矿作业以及地压等外力作用下被破坏的难易程度。普洛托吉雅可诺夫认为,岩石坚固性在各方面的表现是趋于一致的,建议用一个综合性指标——坚固性系数 f 来表示岩石破坏的相对难易程度。坚固性系数 f 通常称为普氏系数。

普氏系数用岩石单向抗压强度 R_a (MPa) 的百分之一表示。

根据 f 值的大小,将岩石分为 10 级 15 种。普氏岩石分类见表 1-2。

2. 围岩分类

国家标准《锚杆喷射混凝土支护技术规程》对地下工程围岩的分类见表 1-3。

表 1-2 普氏岩石分类

类别	坚硬程度	特 征	普氏系数 f	单向抗压强度 R_a/MPa	内摩擦角 ϕ	松散系数 k
I	极硬岩石	极硬、极致密下韧性大石英岩与玄武岩,以及其他特坚硬的岩石	20	200	$87^{\circ}08'$	2.2
II	很硬岩石	很硬花岗岩、石英斑岩、硅质页岩、最硬的砂岩、石灰岩	15	150	$86^{\circ}11'$	2.2
III	硬岩石	花岗石、花岗质岩石、很硬砂岩、石灰岩、石英矿脉、硬砾岩、很硬铁矿石	10	100	$84^{\circ}18'$	2.2
III _a	硬岩石	坚硬石灰岩、不硬花岗岩、硬砂岩、硬大理岩、黄铁矿、白云岩	8	80	$82^{\circ}53'$	2.0
IV	相当硬岩石	普通砂岩、铁矿石	6	60	$80^{\circ}32'$	2.0
IV _a	相当硬岩石	砂质页岩、片状砂岩	5	50	$78^{\circ}41'$	2.0
V	中硬岩石	硬质粘土页岩、不硬砂岩、石灰岩、软砾岩	4	40	$75^{\circ}58'$	2.0
V _a	中硬岩石	各种不坚硬页岩、致密泥灰岩	3	30	$71^{\circ}34'$	1.8
VI	相当软岩石	软页岩与软石灰岩、白垩、岩盐、石膏、冻土、无烟煤、普通泥灰岩、破碎砂岩、胶结卵石、砂砾、掺土土	2	20	$63^{\circ}26'$	1.6~1.7

续表 1-2

类别	坚硬程度	特 征	普氏系数 f	单向抗压强度 R_a/MPa	内摩擦角 ϕ	松散系数 k
VI _a	相当软岩石	碎石土、碎页岩、结块卵石、碎石、硬煤、硬化粘土	1.5		63°19'	1.4~1.5
VII	软岩石	致密粘土、中硬煤、硬冲积土、粘土质土壤	1		56°19'	1.4~1.5
VI _a		轻砂质粘土、黄土、砾石、软煤	0.8		45°00'	1.3~1.4
VIII		腐殖土、泥煤、轻砂质粘土、湿砂	0.6		35°00'	1.2~1.3
IX		砂、岩屑、小砾岩、堆积土、松散土、采出煤	0.5		30°58'	1.1~1.2
X	流砂性岩石	流砂、沼泽土、含水黄土、其他含水土壤	0.3		16°42'	1.05

表 1-3

地下工程围岩分类

围岩类别	岩体结构	构造影响程度, 结构面发育情况和组合状态	岩石强度指标		岩石声波指标		岩体强度应力比	毛硐稳定情况
			单轴抗压强度 /MPa	点载荷强度 /MPa	岩体纵波速度 /km·s ⁻¹	岩石完整性指标		
I	整体状及层间结合良好的厚层状结构	构造影响较轻, 偶有小断层, 结构面不发育, 仅有二到三组, 平均间距大于 0.8 m, 以原生和构造节理为主, 多数闭合, 无泥质充填, 层间结合良好	>60	>2.5	>5	>0.75		毛硐跨度 5~10 m 时, 长期稳定, 一般无碎块掉落

续表 1-3

围岩类别	岩体结构	构造影响程度, 结构面发育情况和组合状态	岩石强度指标		岩石声波指标		岩体强度应力比	毛硐稳定情况
			单轴抗压强度 /MPa	点载荷强度 /MPa	岩体纵波速度 /km·s ⁻¹	岩石完整性指标		
Ⅰ	同Ⅰ类围岩结构	同Ⅰ类围岩特征	30~60	1.25~2.5	3.7~5.2	>0.75		
	块状结构及层间结合较好的中厚层或厚层状结构	构造影响较重, 有少量断层。结构面较发育, 一般为三组, 平均间距 0.4~0.8 m, 以原生和构造节理为主, 多数闭合, 偶有泥质充填, 层面结合较好	>60	>2.5	3.7~5.2	>0.5		毛硐跨度 5~10 m 时, 围岩能较长时间维持稳定, 仅出现局部小块掉落
Ⅲ	同Ⅰ类围岩结构	同Ⅰ类围岩特征	30~60	0.85~1.25	3.0~4.5	>0.75	>2	