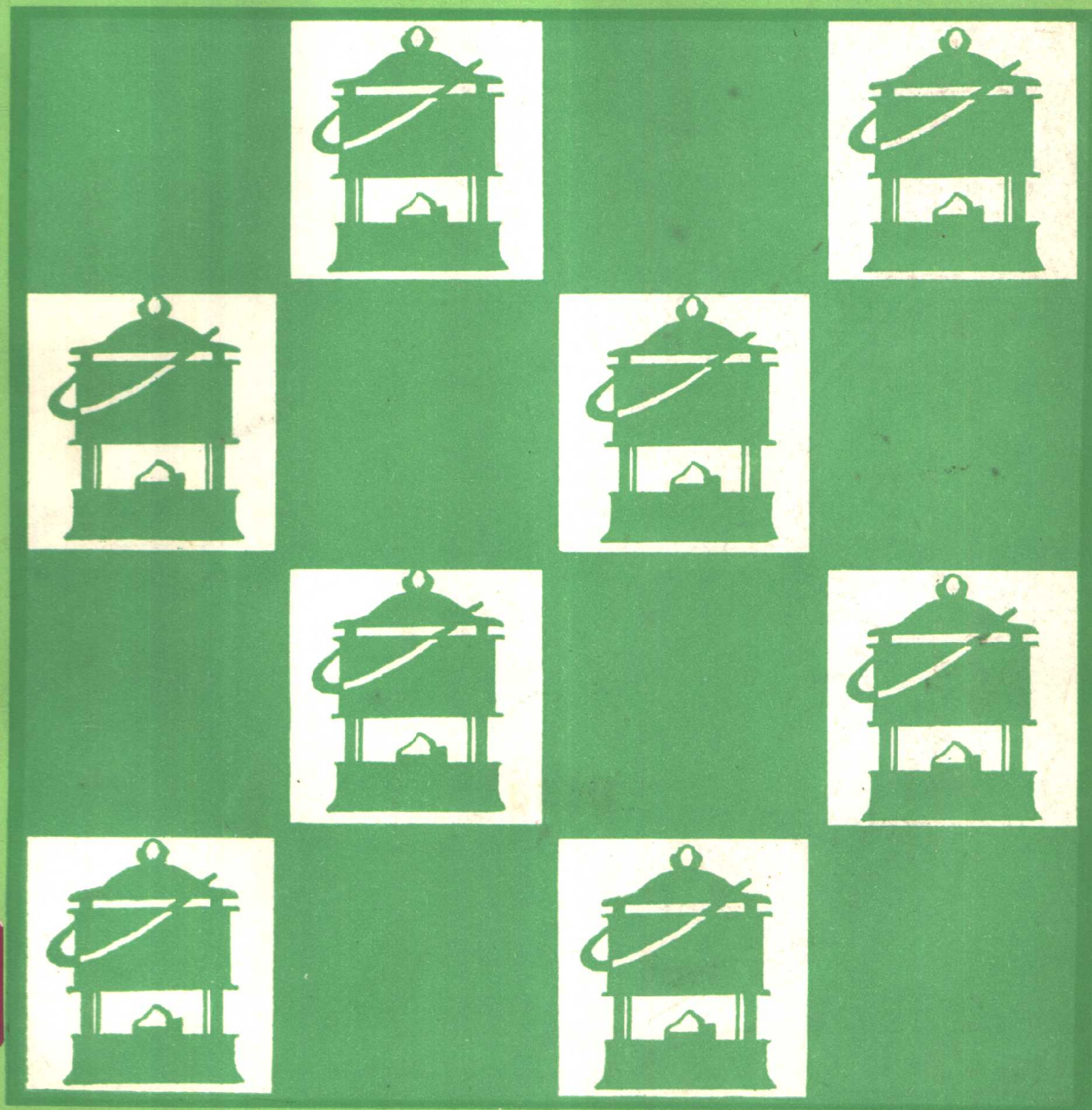


# 煤矿安全手册

## 第六篇 矿山压力与岩层控制



# 煤矿安全手册

主 编 赵全福

副主编 戴国权 黄元平

## 第六篇 矿山压力与岩层控制

主编单位 中国矿业大学

参加单位 煤研院北京开采所 大同矿务局科研所

山东矿业学院 北京煤矿机械厂

主 编 钱鸣高

编写人 华安增 宋振骥 岑传鸿 赵宏珠 李玉生 徐林生

煤炭工业出版社

## 内 容 提 要

本书从保障矿井安全生产出发,在充分总结国内外煤矿矿山压力与岩层控制、生产技术经验和科研成果的基础上,重点阐述了一般长壁开采工作面顶板、坚硬顶板的矿山压力显现规律和控制方法,顶板事故(包括冲击地压事故)发生的原因及其防治措施。书中还介绍了有关岩石性质、井巷地压及矿山压力观测方法。全书内容丰富,系统性强,便于使用。

本书可供煤矿生产建设、设计和科研部门的工程技术人员和管理干部学习使用,也可供矿业院校师生参考。

责任编辑:邓 荷 香

## 煤 矿 安 全 手 册 第六篇 矿山压力与岩层控制

煤炭工业出版社,出版

(北京安定门外和平里北街21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本787×1092mm<sup>1/16</sup>, 印张 18<sup>1/2</sup>,

字数447千字 印数1—4,250

1989年2月第1版 1989年2月第1次印刷

ISBN 7-5020-0178-6/TD·168

书号 3027

定价 4.40元

## 前 言

建国30多年来，我国煤炭工业和其他工业一样，取得了突飞猛进的发展，煤炭产量由1949年的3240万吨增长到1986年的8.94亿吨。煤炭作为我国的主要能源，在社会主义四个现代化建设和人民生活方面做出了应有的贡献。

与此同时，我国煤矿安全技术的发展也取得了令人瞩目的成就，安全生产面貌发生了巨大变化，并且随着新技术、新工艺、新材料和新设备的不断使用，煤矿生产建设和矿井安全程度有了很大提高。为了总结煤炭工业战线广大职工积累起来的安全生产的丰富经验和科研成果，促进煤矿安全技术的发展，进一步加强煤矿安全技术管理工作，提高矿井安全程度，从根本上解决生产建设中的不安全隐患，以适应煤炭工业发展的需要，煤炭工业部于1985年组织煤炭工业生产建设、科研、设计和院校等单位的有关专家、教授和学者，编写了《煤矿安全手册》一书。

《煤矿安全手册》是一部囊括煤矿安全生产技术知识的大型工具书。它是根据党和国家的有关安全生产方针、政策和规程、规范，以及行之有效的安全生产经验和科研成果，本着科学性、先进性和实用性的原则进行编写的。在内容上，以总结我国的安全技术经验和最新成果为主，实事求是地反映我国煤矿的科学技术成就和发展趋向，并适当地吸收国外的先进技术，注意理论与实践相结合，在表达形式上，力求系统性和层次清楚，文字简练和条理化，尽力做到文、图、表并茂，便于读者查阅使用。《手册》主要供煤矿生产建设现场的工程技术人员（部分可供医务人员）和管理干部使用，也可供科研、设计部门及院校师生参考。

《手册》包括：矿井通风与空调，矿井防治瓦斯，矿井粉尘防治，矿井防灭火，矿井防治水，矿山压力与岩层控制，爆破安全，凿井安全，采掘机械安全技术，运输提升安全，电气安全技术，矿山救护，工业卫生及劳动保护，煤矿安全仪器、仪表及装备，安全法律法规等内容，共十五篇，将分册陆续出版。

《手册》的编写工作得到了部有关司局，特别是安全监察局，以及各主编单位和参加编写单位的很大支持，在搜集资料和审稿过程中也得到有关单位及人员的大力帮助。因此，《手册》的编写成功是各级领导、全体编写人员和审稿人员，以及提供资料单位共同努力的结果，也凝聚着煤炭系统广大职工共同的智慧与结晶，在此向他们表示衷心感谢。

由于编写时间仓促和缺乏经验，加之水平有限，书中缺点、错误在所难免，望读者批评指正。

《煤矿安全手册》编审委员会

一九八七年五月

ASD 13/10

## 编 者 的 话

众所周知，采矿工程的特点就是在地下岩层内开掘一系列巷道及供回采用的空间。为了提高生产效率及安全地将有用矿物采掘出来，就必须维护好这些巷道及开采空间。为此，必须掌握与了解由此而引起的围岩变形、破坏原因及应采用的支护方法。更应注意对安全有严重威胁的冲击地压，大面积来压等问题。对于已发生的事故也必须从发生原因上加以分析，以便能采用相应的防治方法。

据许多国家统计，由于矿山压力控制不当而造成的人员伤亡事故约占井下总伤亡事故的1/3左右，严重时可以达到1/2以上。而且随着采深的增加，巷道围岩变形与破坏将愈益剧烈，矿山冲击现象也愈益严重。从而导致人们对矿山压力与岩层控制的研究与掌握更为注意。

由于矿山压力控制在某些生产经验方面还不够成熟，因而将有关的基础知识也编了进去，以便于现场工程技术人员加强分析能力。书中重点介绍了大量生产实践中发生顶板事故的原因及其可能采取的措施，以及冲击地压及大面积来压的防治措施。另外还附有矿山压力测定及分析方法，便于现场工程技术人员根据具体情况进行测定、分析与研究具体的矿山压力问题。

全篇共分八章，各章的编者分别为：第一、二章华安增同志，第三章钱鸣高同志，第四章赵宏珠、钱鸣高、宋振骥同志，第五章岑传鸿同志，第六章徐林生同志，第七章李玉生同志，第八章赵宏珠同志。全篇由钱鸣高同志主编。

鉴于“矿山压力与岩层控制”作为安全手册进行编写还是第一次，经验不足，错误与不当之处在所难免，望读者提出宝贵意见。

# 目 录

<b>第一章 岩石性质</b> .....	1
第一节 岩石物理性质 .....	1
第二节 岩石力学性质 .....	2
第三节 岩体结构 .....	5
第四节 岩体工程分类 .....	10
<b>第二章 井巷地压</b> .....	16
第一节 地压的产生 .....	16
第二节 井壁压力估算 .....	26
第三节 巷道支架压力估算 .....	27
第四节 支护 .....	28
<b>第三章 采场上覆岩层活动及矿山压力显现规律</b> .....	46
第一节 开采后围岩应力分布 .....	46
第二节 开采后采场上覆岩层活动特征 .....	47
第三节 初次来压与周期来压 .....	54
第四节 采准巷道围岩变形 .....	57
第五节 影响矿山压力显现的重要因素 .....	58
<b>第四章 采场顶板控制</b> .....	62
第一节 顶板分类 .....	62
第二节 采场顶底板移近量及顶板压力的估算 .....	68
第三节 液压支架采场顶板的控制 .....	73
第四节 单体支架采场顶板的控制 .....	96
第五节 单体支柱工作面顶板压力预报 .....	118
第六节 采场特殊条件下的安全技术措施 .....	129
<b>第五章 冒顶事故的原因及其防治措施</b> .....	145
第一节 概述 .....	145
第二节 采场冒顶事故的原因及其防治措施 .....	145
第三节 巷道冒顶事故的原因及其防治措施 .....	162
<b>第六章 坚硬难冒顶板的控制</b> .....	164
第一节 坚硬顶板的活动特点 .....	165
第二节 坚硬顶板来压事故分析 .....	171
第三节 防治方法 .....	178
<b>第七章 冲击地压</b> .....	199
第一节 冲击地压发生情况概述 .....	199
第二节 冲击地压发生原因 .....	200
第三节 综合防治 .....	203
<b>第八章 矿压观测及仪表</b> .....	222
第一节 矿压现场观测工作概述 .....	222
第二节 矿压现场观测仪表 .....	224
第三节 回采工作面矿压观测 .....	243

第四节	回采工作面矿压观测举例 .....	247
第五节	巷道矿压现场观测及数据整理 .....	267
第六节	液压支架外载观测 .....	274
<b>附录一</b>	<b>岩石性质测定方法 .....</b>	<b>279</b>
第一节	岩石物理性质测定 .....	279
第二节	岩石力学性质测定 .....	285
<b>附录二</b>	<b>我国矿压观测仪表技术特征汇总表 .....</b>	<b>290</b>

# 第一章 岩石性质

岩石是矿物的集合体。岩石中的矿物种类、性质、形状及组成比例称为岩石的组织，例如岩浆岩中的晶体和非晶体，沉积岩中的岩石颗粒与胶结物，这些成分的性态都属于岩石的组织。岩石中各成分的排列方式和组合关系称为岩石的结构，例如紧密结合、定向排列或松散堆积等情况。组织和结构统称为组构。岩石的组构决定着岩石的性质。从岩石组构个别特性出发研究岩石性质的方法称微观研究。忽略岩石组构个别特性，只研究岩石平均性质的方法称宏观（或统观）研究。从工程实用出发往往只作宏观研究，而为了研究事物的本质则必须进行微观研究。

岩石物理力学性质是建立岩石力学理论的根据。岩石往往沿结构面破坏，因此岩体结构对岩体稳定具有重要意义。有关岩石性质的测定方法见附录一。

## 第一节 岩石物理性质

岩石的物理性质是指岩石作为物体的基本特征，以及在其他物质（如水、气体等）作用下或物理现象（如声、电、磁、光、热等）作用下所表现的性质。

### 一、密度及容量

单位体积的质量称密度 $\rho$ ，可用下式表示：

$$\rho = \frac{M}{V} \quad \text{kg/m}^3$$

式中  $M$ ——总质量，kg；

$V$ ——总体积， $\text{m}^3$ 。

密度一般是自然状态下的指标，即总质量中包括颗粒质量及所含水量；总体积包括颗粒体积和孔隙体积。干密度则为颗粒质量与总体积之比。

单位体积的重量称容重 $\gamma$ ，用下式表示：

$$\gamma = \rho g \quad \text{N/m}^3$$

式中  $\rho$ ——密度， $\text{kg/m}^3$ ；

$g$ ——重力加速度， $9.8\text{m/s}^2$ 。

### 二、孔隙率

孔隙体积与总体积之比称孔隙率 $n$ ，用下式表示：

$$n = \frac{V_v}{V} \times 100\%$$

式中  $V_v$ ——孔隙体积， $\text{m}^3$ ；

$V$ ——总体积， $\text{m}^3$ 。

### 三、含水量

孔隙水质量与颗粒质量之比称含水量 $W$ ，用下式表示：



$$W = \frac{M_w}{M_s} \times 100\%$$

式中  $M_w$ ——孔隙水质量,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

$M_s$ ——颗粒质量,  $\text{kg}/\text{m}^3$ 。

岩石中含水将降低弹性模数和抗压强度。

#### 四、水胀性及水解性

岩石遇水而膨胀的性质称水胀性。常以试件浸入水中后, 厚度膨胀量与原始厚度之比作为水胀性指标。岩石遇水崩解、破裂的性质称水解性。将试样浸入水中, 崩解后剩余的试样质量与原始质量之比可作为水解性指数。

#### 五、声波速度

声波在岩石中的传播速度分别有纵波速度  $V_p$  及横波速度  $V_s$ 。它们与岩石动弹性模数有下列关系:

$$V_p = \sqrt{E_d(1-\nu)/\rho(1+\nu)(1-2\nu)} \quad \text{m/s}$$

$$V_s = \sqrt{E_d/2\rho(1+\nu)} \quad \text{m/s}$$

式中  $\rho$ ——密度,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

$E_d$ ——动弹性模数, Pa;

$\nu$ ——泊松比。

## 第二节 岩石力学性质

岩石的力学性质是指岩石在力的作用下产生变形和破碎的特征。

### 一、岩石变形特征

在力的作用下, 岩石的形状和大小发生改变称变形。岩石的变形特征常以应力-应变曲线表示。

#### (一) 单轴压缩变形

应力-应变曲线如图6-1-1所示。

应力  $\sigma$ ——单位面积内力。

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad \text{Pa}$$

式中  $P$ ——作用力, N;

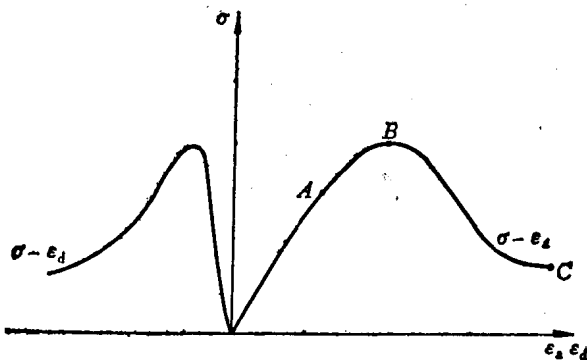


图 6-1-1 单轴压缩应力-应变曲线

$A$ ——与作用力相垂直的截面积,  $m^2$ 。

应变 $\varepsilon$ ——单位长度的变形。

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

式中  $\Delta l$ ——变形量,  $m$ ;

$l_0$ ——原始长度,  $m$ 。

图6-1-1中 $\varepsilon_a$ 为与外力作用方向相同的纵向应变,  $\varepsilon_d$ 为与外力作用方向相垂直的横向应变。

体积应变  $\varepsilon_v = \varepsilon_a + 2\varepsilon_d$

弹性变形——外力卸除后能恢复的变形。

塑性变形——外力卸除后不能恢复的变形。

弹性极限——弹性变形阶段的最高应力。如图6-1-1中 $A$ 。

线性变形——应力、应变成正比关系, 即符合虎克定律。

$$\sigma = E\varepsilon$$

式中  $E$ ——弹性模数, 为弹性变形阶段应力与应变的比例常数,  $Pa$ 。

泊松比 $\nu$ ——横向应变与纵向应变之比, 用下式表示:

$$\nu = \frac{\varepsilon_d}{\varepsilon_a}$$

脆性——应力-应变曲线达到峰值后, 应变量增加不大而应力明显下降的性质, 即图6-1-1中 $BC$ 曲线斜率(绝对值)较大时为脆性, 反之为韧性。

### (二) 多轴压缩变形

岩石在三轴压缩下, 二轴压力相同时应力-应变曲线, 如图6-1-2所示<sup>[1]</sup>。

三轴压缩下, 弹性模数不随应力状态而改变, 弹性极限及应力-应变曲线峰值均随侧向应力而加大。塑性变形阶段的应力-应变曲线也因侧向应力的加大, 由下降(软化)逐渐变为上升(强化)。

### (三) 流变

岩石应力-应变随时间而变化的特性称流变。

蠕变——应力不变, 应变随时间而增加的特性, 如图6-1-3所示。当应力达到一定程度, 蠕变能导致破坏。

松弛——应变保持常值, 应力随时间而降低的特性。

### (四) 本构关系

岩石应力-应变关系即本构关系, 可用下式表达:

$$\varepsilon_x - \bar{\varepsilon} = \frac{1 + \nu_n}{E_n} (\sigma_x - \bar{\sigma}) \psi$$

$$\varepsilon_y - \bar{\varepsilon} = \frac{1 + \nu_n}{E_n} (\sigma_y - \bar{\sigma}) \psi$$

$$\varepsilon_z - \bar{\varepsilon} = \frac{1 + \nu_n}{E_n} (\sigma_z - \bar{\sigma}) \psi$$

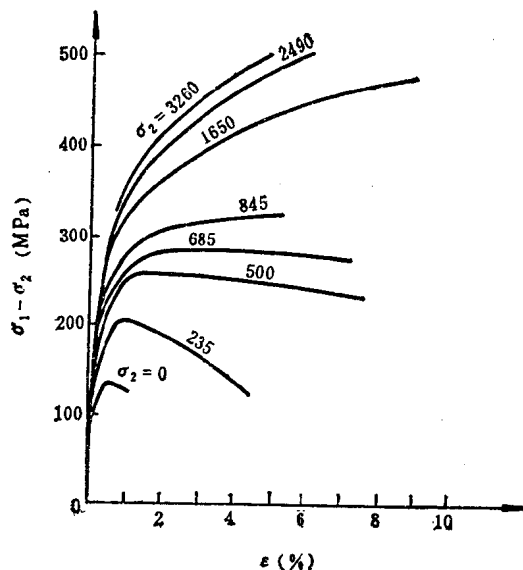


图 6-1-2 多轴压缩应力-应变曲线

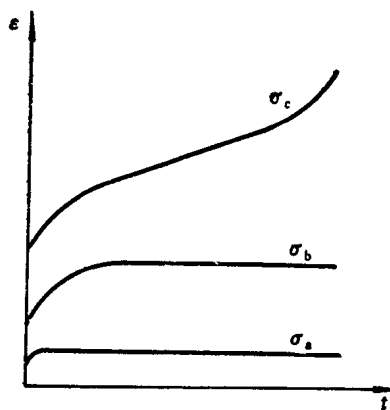


图 6-1-3 蠕变曲线

$$\gamma_{xy} = \frac{2\psi(1+\nu_n)}{E_n} \tau_{xy}$$

$$\gamma_{yz} = \frac{2\psi(1+\nu_n)}{E_n} \tau_{yz}$$

$$\gamma_{zx} = \frac{2\psi(1+\nu_n)}{E_n} \tau_{zx}$$

式中  $e_x, e_y, e_z$ ——轴向应变;  
 $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ ——轴向应力;  
 $\gamma_{xy}, \gamma_{yz}, \gamma_{zx}$ ——剪切应变;  
 $\tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}$ ——剪切应力;

$$\bar{\epsilon} = (e_x + e_y + e_z)/3;$$

$$\bar{\sigma} = (\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z)/3;$$

$$\frac{1}{E_n} = \frac{1}{E} + \frac{1}{E_1} - \frac{1}{E_1} \exp\left(-\frac{t}{t_{01}}\right) + \frac{1}{E_2} - \frac{1}{E_2} \exp\left(-\frac{t}{t_{02}}\right) + \dots$$

$E$ ——弹性模数;

$E_1, E_2, \dots$  及  $t_{01}, t_{02}, \dots$ ——根据蠕变曲线求得的参数;

$t$ ——时间, 不考虑蠕变时  $t=0$ ;

$$\nu_n = [E - (1-2\nu)E_n]/2E$$

$\nu$ ——泊松比;

$\psi$ ——塑性指数, 弹性变形阶段  $\psi=1$ 。

## 二、强度

岩石破坏前的极限应力称为岩石强度。

峰值强度——全部变形过程中的最高应力, 如图6-1-1中B点应力。

残余强度——全部变形过程中的最终应力，如图6-1-1中C点的应力。

抗压强度一般是指单轴压缩峰值强度，单轴抗拉强度为单轴抗压强度的1/10~1/20。强度随应力状态而改变（图6-1-2），因此不应以单值表示，而以函数表示，即强度条件，或称极限平衡条件（图6-1-4）常以直线近似表示。

$$\sigma_1 = \frac{1 + \sin\varphi}{1 - \sin\varphi} \sigma_3 + \frac{2C\cos\varphi}{1 - \sin\varphi}$$

式中  $\sigma_1$ 、 $\sigma_3$ ——最大、最小主应力，Pa；

$\varphi$ ——摩擦角，rad；

$C$ ——粘着力，Pa。

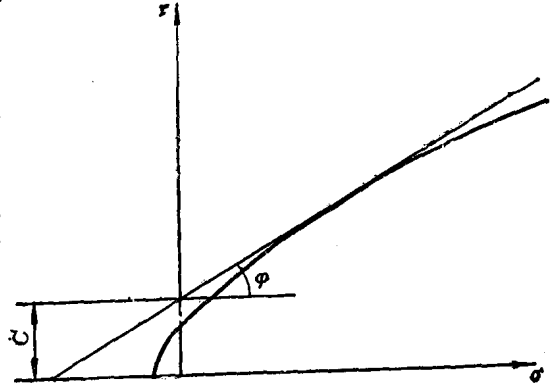


图 6-1-4 强度曲线

根据各地岩石力学性质试验结果，整理汇总成表6-1-1，可供参考使用。

表 6-1-1 岩石性质指标

岩石名称	密度 $\rho$ ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	孔隙率 (%)	单轴抗压强度 (MPa)	弹性模数 $E$ (MPa)	泊松比 $\nu$	粘着力 $C$ (MPa)	摩擦角 $\varphi$ (rad)
花岗岩	$2.6 \sim 2.7 \times 10^3$	0.5~1.5	100~250	$5 \sim 10 \times 10^4$	0.1~0.3	14~50	0.8~1
玄武岩	$2.8 \sim 3 \times 10^3$	0.1~3	150~300	$6 \sim 12 \times 10^4$	0.1~0.35	20~60	0.8~1
石灰岩	$2 \sim 2.7 \times 10^3$	5~20	50~200	$2 \sim 8 \times 10^4$	0.2~0.35	5~40	0.6~0.9
砾岩	$2 \sim 2.6 \times 10^3$	5~15	50~150	$2 \sim 8 \times 10^4$	0.2~0.3	8~50	0.4~0.9
砂岩	$2 \sim 2.6 \times 10^3$	3~30	10~150	$1 \sim 5 \times 10^4$	0.2~0.3	5~40	0.6~0.9
泥岩	$2 \sim 2.4 \times 10^3$	10~35	5~100	$1 \sim 3 \times 10^4$	0.2~0.4	2~30	0.2~0.5
煤	$1.2 \sim 1.4 \times 10^3$	7~12	1~50	$0.5 \sim 1 \times 10^3$	0.2~0.5	1~10	0.1~0.5
土层	$1 \sim 2 \times 10^3$					0~0.1	0.1~0.5

### 第三节 岩体结构

岩体是原地赋存的岩石整体，它被结构面切割成结构体和块体。结构面是低强度薄弱面的总称，包括：

断层——两侧岩石有明显剪切位移的断裂面；

节理——两侧岩石无可见位移的分割面；

裂隙——两侧岩石有位移而无明显错动的断裂面；

层理——沉积岩的整合面；

片理——矿物或颗粒定向排列的平面。

根据断层的分布与产状可掌握结构体形状和大小。根据层理、节理等结构面的产状和间距，可确定块体的形状和大小。当结构面多而不规则时，可在极点等面积网上用统计方法求得主要结构面产状，从而确定块体形状。结构面的裂开度在一定程度上反映结构面的强度。研究范围远大于块体尺寸时，结构面强度即为岩体强度，否则应根据情况分别考虑块体与结构面的强度。结构体往往是大规模岩体移动的基本单元，块体则是岩体冒落基本

单元, 岩体移动常沿结构滑动, 因此岩体结构对岩体稳定具有重要意义。

### 一、结构面产状〔2〕

一般用罗盘即可测得结构面的走向与倾角, 精度 $1^{\circ}\sim 5^{\circ}$ 。如有磁性异常, 可测定结构面走向与某一直线的夹角, 然后根据该直线的方位求算。

#### (一) 平面图示

在地质平面图上以不同图例表示各结构面的产状, 以直线方向表示走向, 数字表示倾角, 图例所在位置即结构面的测定位置。各种图例如图6-1-5所示。

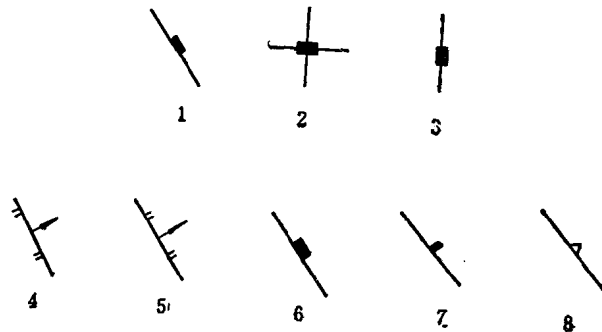


图 6-1-5 结构面图例

1- $\alpha = 45^{\circ}$ ; 2- $\alpha = 0^{\circ}$ ; 3- $\alpha = 90^{\circ}$ ; 4-逆断层; 5-正断层; 6-节理; 7-层理; 8-片理

#### (二) 球面投影

为了求得不同结构面在空间中的交汇情况, 平面图示就显得不足, 常采用球面投影方法。假设一个投影球球心通过某一结构面, 结构面与球面交线为一个圆, 将下半球上的交线画在平面图上, 即为弧线, 如图6-1-6中的 $ABC$ 弧即为结构面 $K$ 的投影。 $AC$ 方向为结构面的走向, 图中 $K$ 的走向为 $150^{\circ}$ 。 $OB$ 为结构面的倾向,  $K$ 的倾向 $\alpha = 60^{\circ}$ 。如结构面走向不变, 倾角为 $90^{\circ}$ , 则投影为 $AC$ 直线, 故 $AC$ 线标为 $90^{\circ}$ ; 倾角为 $0^{\circ}$ , 则投影为圆周, 可标为 $0^{\circ}$ 。其间可刻划不同角度, 分别表示结构面的倾角。图中 $K$ 的倾角 $\beta = 60^{\circ}$ 。

为了研究各种结构面的分布情况, 常用极点等面积网上的极点代表结构面的产状。极点是结构面法线与投影球交点 $P$ 的投影。极点与圆心的连线即法线的投影, 法线投影的方向与倾向成 $180^{\circ}$ 。水平结构面的极点在圆心上, 故此点为 $0^{\circ}$ ; 铅垂结构面的极点在圆周上, 故圆周为 $90^{\circ}$ , 不同半径的同心圆表示不同的倾角。图6-1-7中 $P$ 点表示倾向 $\alpha = 60^{\circ}$ , 倾角 $\beta = 60^{\circ}$ 。

#### (三) 主要结构面产状

在研究范围内测定80~300个结构面, 将其极点示于极点等面积网上, 以1%投影图面积内所包含的极点数代表极点密度, 作出极点密度的等值线图, 如图6-1-8所示。由此可得出该区域内密度较大的主要结构面产状, 如图主要结构面为3组, I的法线方位 $60^{\circ}$ , 倾角 $65^{\circ}$ ; II法线方位 $170^{\circ}$ , 倾角 $80^{\circ}$ ; III法线方位 $310^{\circ}$ , 倾角 $20^{\circ}$ 。这3组结构面即为块体表面的产状。

### 二、结构面间距

将钢尺垂直于结构面与暴露面的交线, 测量其间距 $d$ , 同时测量钢尺与结构面的夹角

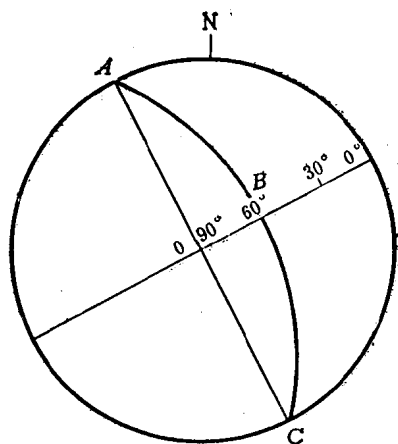


图 6-1-6 赤道等面积网

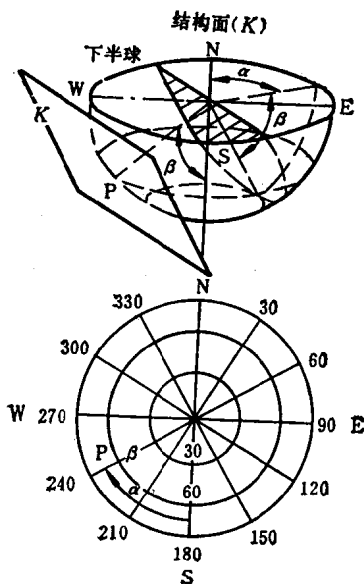


图 6-1-7 极点等面积网

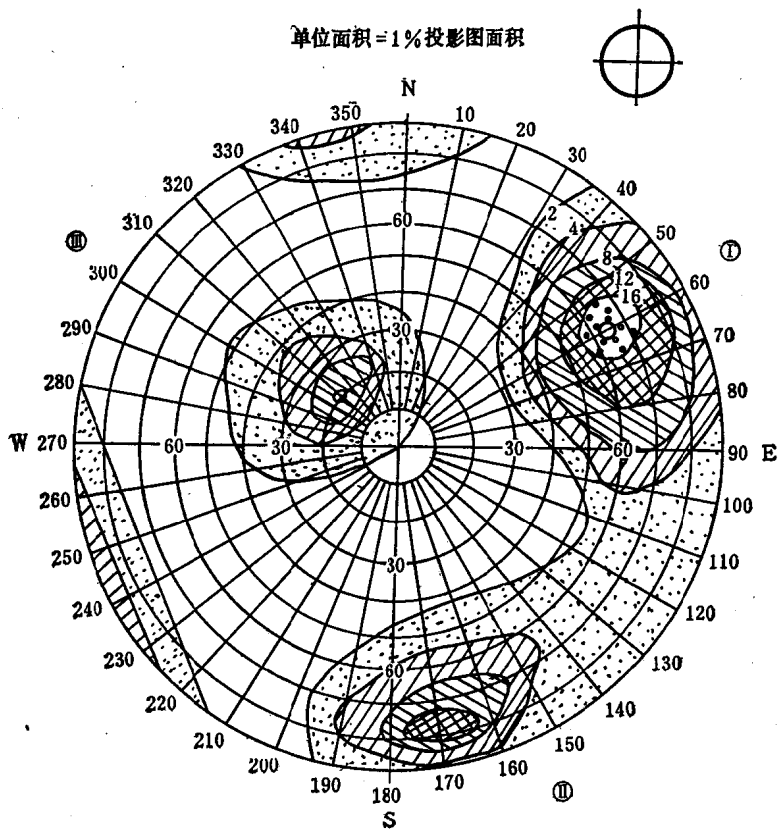


图 6-1-8 极点密度等值线图

$\alpha_i, d_i \sin \alpha_i = S_i$ ; 即为结构面间距, 如图6-1-9所示。连续测量10个以上间距值, 精度 $\pm 5\%$ , 根据平均间距按表6-1-2分类。根据主要结构面产状和间距绘出块体的形状和大小, 如图6-1-9所示。

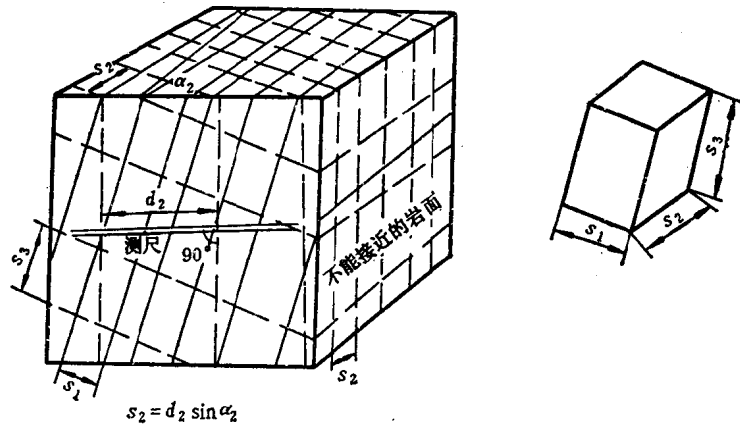


图 6-1-9 结构面切割成的块体

——结构面 1, - - - - -结构面 2, ————结构面 3

表 6-1-2 结构面间距分类

类 别	间 距 (mm)
极 密	<20
很 密	20~60
密 集	60~200
中 等	200~600
宽 的	600~2000
很 宽	2000~6000
极 宽	>6000

### 三、结构面裂开度

测量结构面裂缝宽度, 按表6-1-3分类。

表 6-1-3 结构面裂开度分类

类 别	裂 开 度	裂 缝 宽 (mm)
闭合结构面	很 紧 密	<0.1
	紧 密	0.1~0.25
	微 张 开	0.25~0.5
裂开结构面	张 开	0.5~2.5
	中 等 宽	2.5~10
	宽 的	>10
张开结构面	很 宽	10~100
	极 宽	100~1000
	似 洞 穴	>1000

## 四、岩体强度简易测定

按表6-1-4可简易估计单轴抗压强度。

表 6-1-4 岩体强度简易测定

级别	名称	鉴别方法	估计单轴抗压强度(MPa)
S <sub>1</sub>	极软粘土	用拳容易侵入数英寸	<0.025
S <sub>2</sub>	软粘土	用姆指容易侵入数英寸	0.025~0.05
S <sub>3</sub>	坚固粘土	用姆指适当用力可以侵入数英寸	0.05~0.10
S <sub>4</sub>	硬粘土	用姆指容易压出凹坑,用大力才能侵入	0.10~0.25
S <sub>5</sub>	很硬的粘土	用姆指指甲容易刻痕	0.25~0.50
S <sub>6</sub>	极硬粘土	用姆指指甲难以刻痕	>0.50
R <sub>1</sub>	极软岩石	用姆指指甲可以刻痕	0.25~1.0
R <sub>2</sub>	很软岩石	用小刀能剥落,用地质锤尖猛力打击下能粉碎	1.0~5.0
R <sub>3</sub>	软岩石	用小刀难以剥落,用地质锤尖猛力打击下产生浅坑	5.0~25
R <sub>4</sub>	中等岩石	用小刀不能刮伤或剥落,用地质锤猛力打击一次标本能破坏	25~50
R <sub>5</sub>	硬岩石	用地质锤打击几次才能使标本破坏	50~100
R <sub>6</sub>	很硬岩石	用地质锤打击多次才能使标本破坏	100~250
R <sub>7</sub>	极硬岩石	只能用地质锤打掉标本的一小块	>250

表 6-1-5 普氏坚固性分级表

级别	坚固性程度	岩 石	f
I	最坚固的岩石	最坚固、最致密的石英岩及玄武岩,其它坚固的岩石	20
II	很坚固的岩石	很坚固的花岗岩类,石英斑岩,很坚固的花岗岩、硅质片岩、坚固程度较I级岩石稍差的石英岩,最坚固的砂岩及石灰岩	15
III	坚固的岩石	致密的花岗岩及花岗石,很坚固的砂岩及石灰岩石英质矿脉、坚固的砾岩,很坚固的铁矿石	10
IV	坚固的岩石	坚固的石灰岩、不坚固的花岗岩、坚固的砂岩、坚固的大理岩、白云岩、黄铁矿	8
V	相当坚固的岩石	一般的砂岩、铁矿石	6
VI	相当坚固的岩石	砂质页岩、泥质砂岩	5
VII	坚固性中等的岩石	坚固的页岩、不坚固的砂岩及石灰岩、软的砾岩	4
VIII	坚固性中等的岩石	各种不坚固的页岩、致密的泥灰岩	3
IX	相当软的岩石	软的页岩,很软的石灰岩、白垩、岩盐、石膏冻土、无烟煤、普通泥灰岩、破碎的砂岩、胶结的石和砾、掺石土	2
X	相当软的岩石	碎石土、破碎页岩、结块的卵石及碎石、坚硬烟煤、硬粘土	1.5
XI	软 岩	致密的粘土、软的烟煤、硬冲积土、粘土质土壤	1
XII	软 岩	微砂质粘土、黄土、细砾石	0.8
XIII	土质岩石	腐植土、泥煤、微砂质粘土、湿砂	0.6
XIV	松散岩石	砂、细砾、松土、采下的煤	0.5
XV	流砂状岩石	流砂、沼泽土壤,饱和水的黄土及其它土壤	0.3



## 第四节 岩体工程分类

岩体种类繁多、性质复杂，为了便于研究、便于工程类比，各方面都需要一个科学、实用的工程分类方法。但是由于各国条件不同，而且各种工程的性质和环境不同，至今国内外没有一个统一的分类标准。如果说铁道和水利部门的地下工程是永久性的浅部工程，而采矿则是临时性的深部工程。金属矿山的岩石工程是难于破碎而易于维护，煤矿则相反。因此各国各部门的分类方法各有特色，即使在同一部门对于不同的工程也不追求统一分类方法。

### 一、统一分类

1926年苏联普罗托奇雅可诺夫（ПротоДьяконов）认为，岩石的坚固性在任意方面的表现基本上都是一致的，用一种方法难于破坏的岩石，用另一种方法也难于破坏，因而他建议用普氏系数  $f$  作为统一分类的标准，将岩石分为10级15种（表6-1-5）。

$$f = R_c / 100$$

式中  $R_c$ ——单向抗压强度， $10\text{N}/\text{cm}^2$ 。

这一方法在我国煤矿一直沿用至今，因为方法简单，有利于工程概算和定额管理。但因单向抗压强度这一指标并不科学，它与稳定性或破碎性均无固定的关系，已为其他部门所放弃，而分别采用稳定性分类法和破碎性分类法。

### 二、稳定性分类

表 6-1-6 围岩分类表

围岩分类		岩层描述	巷道开掘后围岩的稳定状态(3~5m跨度)	岩种举例
类别	名称			
I	稳定岩层	1. 完整坚硬层, $R_b > 60\text{MPa}$ , 不易风化 2. 层状岩层层间胶结好, 无软弱夹层	围岩稳定, 长期不支护无碎块掉落现象	完整的玄武岩, 石英质砂岩, 奥陶纪灰岩, 茅口灰岩, 大冶厚层灰岩
II	稳定性较好岩层	1. 完整比较坚硬岩层, $R_b = 40 \sim 60\text{MPa}$ 2. 层状岩层, 胶结较好 3. 坚硬块状岩层, 裂隙面闭合, 无泥质充填物, $R_b > 60\text{MPa}$	围岩基本稳定, 较长时间不支护会出现小块掉落	胶结好的砂岩、砾岩, 大冶薄层灰岩
III	中等稳定岩层	1. 完整的中硬岩层, $R_b = 20 \sim 40\text{MPa}$ 2. 层状岩层以坚硬层为主, 夹有少数软岩层 3. 比较坚硬的块状岩层, $R_b = 40 \sim 60$	能维持一个月以上稳定, 会产生局部岩块掉落	砂岩、砂质页岩, 粉砂岩, 石灰岩, 硬质凝灰岩
IV	稳定性较差岩层	1. 较软的完整岩层, $R_b < 20\text{MPa}$ 2. 中硬的层状岩层 3. 中硬的块状岩层, $R_b = 20 \sim 40\text{MPa}$	围岩的稳定时间仅有几天	页岩、泥岩、胶结不好的砂岩, 硬煤
V	不稳定岩层	1. 易风化潮解剥落的松软岩层 2. 各类破碎岩层	围岩很容易产生冒顶片帮	炭质页岩, 花斑泥岩, 软质凝灰岩, 煤, 破碎的各类岩石

注: 1. 岩层描述: 将岩层分为完整的、层状的、块状的、破碎的四种: (1) 完整岩层: 层理和节理裂隙的间距大于1.5m; (2) 层状岩层: 层与层间距小于1.5m; (3) 块状岩层: 节理裂隙间距小于1.5m大于0.3m; (4) 破碎岩层: 节理裂隙间距小于0.3m。

2. 地下水影响围岩的稳定性时, 应考虑适当降级。

3.  $R_b$  为岩石的单轴饱和抗压强度。