

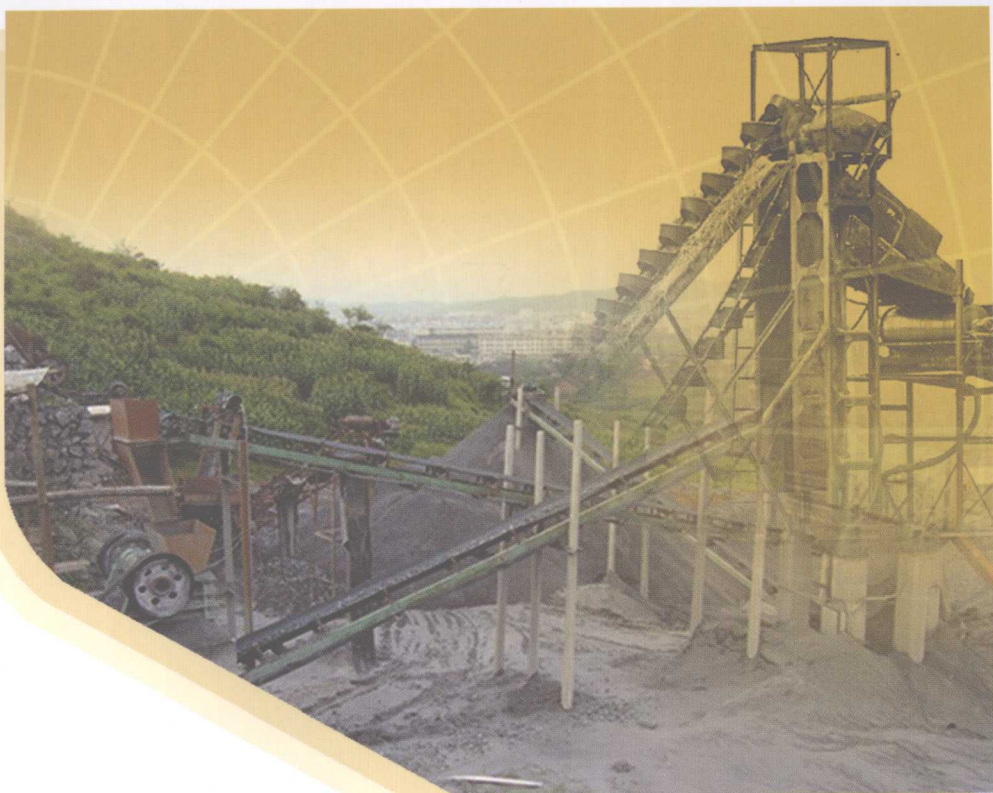


教育部高职高专资源勘查类专业教学指导委员会审查通过
高职高专院校资源勘查类专业“十一五”规划教材

主 编：任 飞 赵兴东 郝志贤

采选概论

CAIXUAN GAILUN



地 质 出 版 社



教育部高职高专资源勘查类专业教学指导委员会审查通过
高职高专院校资源勘查类专业“十一五”规划教材

采 选 概 论

主编：任 飞 赵兴东 郝志贤

主审：叶雪均 饶运章

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本教材主要包括采矿和选矿两部分。采矿部分主要以井巷工程和采矿方法为核心, 兼顾采矿基本概念、矿床开拓设计以及凿岩爆破等基础知识, 同时涵盖部分露天开采的基本概念。选矿部分主要讲述了破碎与筛分、磨矿与分级以及各种选矿方法(磁电选矿、重力选矿、浮游选矿、化学选矿等), 包括精矿脱水、选矿厂尾矿处理以及选矿过程的取样检查与选厂金属平衡等知识。

本教材具有较强的实用性, 可用作高等职业教育、职业培训、在职职工自修的教材, 也可以作为采矿和选矿专业技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

采选概论 / 任飞等主编. —北京: 地质出版社, 2009. 8

(高职高专院校资源勘查类专业系列教材)

ISBN 978-7-116-06147-7

I. 采… II. 任… III. ①矿山开采-高等学校: 技术学校-教材②选矿-高等学校: 技术学校-教材 IV. TD8
TD9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 152701 号

策划编辑: 王章俊 魏智如

责任编辑: 王春庆 王秋芬

责任校对: 杜悦

出版发行: 地质出版社

社址邮编: 北京海淀区学院路 31 号, 100083

电 话: (010)82324508 (邮购部); (010)82324514 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zbs@gph.com.cn

传 真: (010)82324340

印 刷: 北京地质印刷厂

开 本: 787mm × 1092mm $\frac{1}{16}$

印 张: 15.5

字 数: 370 千字

印 数: 1—3000 册

版 次: 2009 年 8 月北京第 1 版 · 第 1 次印刷

定 价: 23.80 元

书 号: ISBN 978-7-116-06147-7

(如对本书有建议或意见, 敬请致电本社; 如本书有印装问题, 本社负责调换)

高职高专院校资源勘查类专业“十一五”规划教材

编 委 会

主 任：桂和荣

副主任：王章俊

委 员（以姓氏笔画为序）：

马艳平 马锁柱 刘 瑞 李立志 李 华

李军凯 陈洪冶 罗 刚 肖 松 辛国良

范吉钰 郝志贤 殷 瑛 徐汉南 徐耀鉴

夏敏全 韩运宴 靳宗菊 魏智如

编写说明

随着我国社会经济的快速发展,对高技能应用型人才的需求不断增大,我国政府逐年加大了对职业教育的投入。在这一背景下,地学职业教育也取得了长足进展。但是,由于历史原因,我国的地学职业教育起步较晚,基础相对薄弱,一直没有一套比较系统的专业教材。组织编写一套能够满足各校教学需要,特色鲜明的地学类高等职业教育教材成为教育管理部门和广大师生的强烈愿望和迫切要求。

经过深入调研和精心准备,教育部高等学校高职高专资源勘查类专业教学指导委员会(以下简称“教指委”)会同地质出版社,于2006年7月初组织全国分属地矿、冶金、有色、石油、核工业等部门的10所高职高专院校的一线教师,在河南郑州召开了教材编写研讨会。会议决定,先期编写23种急需的资源勘查类、地质工程与技术类专业高职高专教材,以满足各校教学之需。首批编写的教材包括《普通地质学》、《矿物学基础》、《岩石学》、《地球化学找矿方法》、《岩土工程勘察》等,并分别于2007年8月、2008年1月出版。

2008年5月,教指委在湖南长沙组织召开了“全国高等学校高职高专资源勘查类专业教学改革与教材建设研讨会”。会议决定,继续组织编写第二批资源勘查类专业高职高专层次的专业教材。第二批列选的教材共20种,包括:《普通化学》、《晶体光学及光性矿物学》、《区域地质调查工作方法》、《矿山地质学》、《基础工程施工技术》等,分别于2009年8月、2010年1月出版。

本套教材的编写紧扣高等职业教育的培养目标,努力彰显下列特点:

1. 坚持理论够用,注重实践的编写原则。高职高专教育既是我国高等教育又是职业教育的组成部分,并以培养高技能应用型人才为目标。因此,教材内容不仅要具备高等教育的知识内涵,同时还要兼具职业能力与技术培养的要求,以满足学生综合素养和职业素质两方面能力的提升。

2. 教材内容紧跟形势,体现出与时俱进的科学发展观。最近10年来,地学基础研究领域的新理论、新发现、新成果层出不穷,地学应用领域的新技术、新标准、新方法日新月异。将这些最新成果融入教材,使学生所学知识与行业需求紧密结合是教材编写的基本要求之一。

3. 体现系列教材的特点,内容避免重复。由于各校教学大纲及课程设置上的差异,对教材编写立项和取材造成了困难。本套教材以各校教学大纲为参考,内容安排和课时设计遵循从众原则,最大限度地避免了不同教材之间的内容重复。

4. 教材篇幅与课时设计紧密挂钩,内容力求简明精炼。本套教材编写以各校的教学大纲为基础,以专业规范为标准,努力控制篇幅,突出重点。

5. 充分考虑职业教育的特点,编写体例有所创新,便于教、学双方使用。为培养学生的实际动手能力和实践认知能力,多数教材附有实习(实验)指导书,或以附录的形式附于书末。此外,每章开篇增加了内容简介、学习目的等导读性内容;结尾总结本章应掌握的重点、难点等总结性内容;最后,针对本章重点列出本章的复习思考题。

本套教材的编写组织严密,管理到位。教材编写从立项伊始就成立了以教指委主任桂和荣教授为主任委员、以地质出版社副社长王章俊编审为副主任委员的教材编写委员会。编委会积极开展工作,充分发挥参编院校、教指委、出版社的不同职能,保证了教材编写、评审、出版过程的有序进行。为保证教材质量,教指委承担了绝大多数教材的审稿任务,并分别于2007年4月、2009年5月两次主持召开教材评审会,对每种教材进行严格的质量评审。

本套教材的编写与出版还得到了中国地质学会教育研究分会的支持和帮助。教材编写过程中,分会领导提出了许多指导性意见和建议,并积极推荐知名专家参与教材的审稿把关工作。

这套教材的出版,从品种上构建了我国资源勘查类专业高等职业教育教材建设的体系和框架,极大地缓解了这一专业层次教材的短缺和不足。精品教材的诞生有一个反复锤炼的过程,本套教材的编写虽经多方努力,问题和不足仍在所难免,恳请各校师生及广大读者提出宝贵意见,以便修订时更改和完善。

教材编写委员会

2009年6月

目 次

前 言

第一篇 采矿部分

第一章 金属矿床地下开采基本知识	(1)
第一节 基本概念及矿床工业特征	(1)
一、矿石和废石的概念	(1)
二、矿石的种类	(1)
三、矿石品位的概念及计算	(2)
四、矿石和围岩的性质	(2)
五、矿体的分类	(5)
第二节 开采单元划分及开采顺序	(6)
一、开采单元划分	(6)
二、矿床的开采顺序	(7)
第三节 矿床开采步骤	(10)
一、开拓工作	(10)
二、采准工作	(10)
三、切割工作	(12)
四、回采工作	(12)
五、三级矿量及其含义	(13)
第四节 矿石损失与贫化	(13)
一、矿石损失、贫化的概念及其产生的原因	(13)
二、损失贫化计算	(13)
三、降低矿石损失、贫化的措施	(15)
复习思考题	(15)
第二章 井巷平面设计	(16)
第一节 阶段开拓设计	(16)
一、阶段开拓平面设计	(16)
二、开拓方式选择	(18)
三、井底车场的基本概念	(22)

四、阶段运输巷道的布置	(25)
第二节 凿岩爆破	(27)
一、凿岩	(27)
二、爆破	(29)
第三节 井巷设计与施工	(33)
一、平巷断面形状及尺寸设计	(33)
二、竖井井筒断面设计	(42)
第四节 天井掘进方法	(50)
一、普通法掘进天井	(50)
二、吊罐法掘天井	(52)
第五节 斜井设计与施工	(57)
一、斜井井筒断面布置	(58)
二、斜井井筒内设施	(60)
三、斜井掘砌	(62)
复习思考题	(66)
第三章 地下采矿方法	(67)
第一节 采矿方法及其分类	(67)
一、采矿方法的定义	(67)
二、采矿方法的分类	(67)
第二节 空场采矿法	(67)
一、空场采矿法概述	(67)
二、房柱法	(68)
三、浅孔留矿法	(72)
四、分段凿岩阶段矿房法	(76)
第三节 充填采矿法	(80)
一、充填采矿法概述	(80)
二、上向水平分层水砂充填法	(81)
三、胶结充填采矿法	(84)
第四节 崩落采矿法	(85)
一、崩落采矿法概述	(85)
二、无底柱分段崩落采矿法	(86)
三、壁式崩落采矿法	(91)
第五节 矿柱回采和空区处理	(95)
一、矿柱回采	(95)

二、采空区处理	(95)
复习思考题	(96)
第四章 露天开采简介	(97)
第一节 露天开采的基本概念	(97)
一、露天开采常用名词术语	(97)
二、露天开采程序	(99)
第二节 露天生产工艺	(99)
一、穿爆工作	(99)
二、采装工作	(102)
三、运输工作	(103)
四、排土工作	(104)
第三节 露天矿床开拓与开采境界确定	(104)
一、露天矿床开拓	(104)
二、露天开采境界的确定	(106)
复习思考题	(108)

第二篇 选矿部分

第五章 选矿概述	(109)
第一节 选矿的基本概念	(109)
第二节 选矿的发展简史	(110)
第三节 选矿的任务及其在国民经济中的地位和作用	(111)
第四节 选矿与地质、采矿的关系	(112)
一、选矿与地质的关系	(112)
二、选矿与采矿的关系	(113)
第五节 选矿的基本过程和常用指标	(113)
一、选矿的基本过程	(113)
二、常用指标	(114)
第六节 未来选矿技术的应用与发展	(116)
一、矿物富集、分离与综合利用	(116)
二、矿物提取	(116)
三、矿物材料	(116)
四、矿物化学品加工	(117)
五、选矿计算机技术与矿物经济	(117)
六、非矿物资源的富集与分离	(117)

复习思考题	(117)
第六章 破碎与筛分	(118)
第一节 概述	(118)
一、破碎	(118)
二、筛分	(119)
第二节 破碎与筛分原理	(120)
一、破碎学说	(120)
二、筛分原理	(121)
第三节 破碎与筛分设备	(121)
一、破碎设备	(121)
二、筛分设备	(125)
第四节 破碎与筛分的影响因素及生产率计算	(127)
一、破碎的影响因素	(127)
二、破碎机生产率计算	(127)
三、筛分的影响因素	(128)
四、筛分机生产率计算	(130)
复习思考题	(131)
第七章 磨矿与分级	(132)
第一节 概述	(132)
一、磨矿	(132)
二、分级	(133)
第二节 磨矿与分级原理	(133)
一、磨矿原理	(133)
二、分级原理	(134)
第三节 磨矿与分级设备	(135)
一、磨矿设备	(135)
二、分级设备	(139)
第四节 磨矿与分级的影响因素及生产率计算	(140)
一、磨矿的影响因素	(140)
二、磨矿的生产率计算	(141)
三、分级的影响因素	(143)
四、分级效率的计算	(144)
复习思考题	(145)

第八章 磁电选矿	(146)
第一节 概述	(146)
第二节 磁力分选原理	(147)
一、磁选机的磁场	(147)
二、磁选基本条件	(147)
三、磁力	(148)
第三节 矿物的磁性	(149)
一、物质的磁性	(149)
二、磁选中矿物磁性的分类	(150)
三、强磁性矿物的磁性及其影响因素	(150)
四、弱磁性矿物的磁性及其影响因素	(153)
第四节 磁选设备及操作因素	(153)
一、弱磁选设备	(153)
二、强磁选设备	(157)
三、高梯度与超导磁选设备	(161)
第五节 其他磁分离技术	(163)
一、磁流体静力选矿	(163)
二、磁流体动力选矿	(163)
第六节 电力分选	(163)
一、概述	(163)
二、电选机	(164)
三、影响电选的因素	(165)
复习思考题	(166)
第九章 重力选矿	(167)
第一节 概述	(167)
第二节 重力分选原理	(168)
一、颗粒在介质中的自由沉降	(168)
二、颗粒在介质中的干涉沉降	(171)
三、等降比	(171)
第三节 水力分级和洗矿	(172)
一、水力分级	(172)
二、洗矿	(172)
第四节 重介质分选	(172)
一、概述	(172)

二、重介质选矿设备	(173)
第五节 跳汰分选	(174)
一、概述	(174)
二、跳汰机	(175)
第六节 溜槽分选	(176)
一、概述	(176)
二、溜槽选矿设备	(176)
第七节 摇床分选	(179)
一、概述	(179)
二、摇床类型	(180)
第八节 风力分选	(181)
一、风力摇床	(181)
二、风力尖缩溜槽	(182)
三、风力重介质分选机	(182)
复习思考题	(182)
第十章 浮游选矿	(183)
第一节 概述	(183)
一、浮选的基本概念	(183)
二、浮选过程	(184)
第二节 浮游选矿原理	(184)
一、矿物表面的润湿性	(184)
二、矿粒与气泡附着前后自由能的变化与接触角的关系	(186)
三、矿粒在气泡上附着的牢固度	(187)
第三节 浮选药剂	(188)
一、捕收剂	(188)
二、起泡剂	(194)
三、调整剂	(195)
第四节 浮选设备及工艺	(198)
一、浮选对浮选机的基本要求	(198)
二、浮选机的分类	(199)
三、浮选机的发展趋势	(202)
四、浮选工艺	(202)
复习思考题	(204)

第十一章 化学选矿及其他选矿方法	(205)
第一节 化学选矿	(205)
一、概述	(205)
二、焙烧	(206)
三、浸出	(206)
四、溶剂萃取	(207)
五、离子交换法	(207)
六、离子浮选	(208)
第二节 其他选矿方法	(208)
一、手选	(208)
二、摩擦选矿	(208)
三、粒度选矿	(208)
四、形状选矿	(208)
五、硬度选矿	(208)
六、油膏选矿	(209)
七、磁流体分选	(209)
八、机械拣选(或自动拣选)	(209)
复习思考题	(209)
第十二章 精矿脱水	(210)
第一节 概述	(210)
第二节 沉淀与浓缩	(210)
一、周边传动式浓缩机	(211)
二、倾斜板浓密箱	(211)
第三节 过滤与干燥原理	(212)
一、过滤	(212)
二、干燥	(212)
第四节 过滤与干燥设备及操作	(212)
一、过滤设备	(212)
二、干燥设备	(214)
复习思考题	(215)
第十三章 选矿厂尾矿处理	(216)
第一节 概述	(216)
第二节 尾矿坝及尾矿输送	(216)
一、尾矿坝	(216)

二、尾矿输送	(218)
三、尾矿向沉淀池排入的方式	(219)
四、尾矿输送系统	(219)
第三节 尾矿水的净化与回水再用	(220)
一、尾矿水的净化	(220)
二、尾矿水净化标准	(220)
三、回水再用	(220)
四、回水输送系统	(220)
复习思考题	(221)
第十四章 选矿过程的取样检查与选厂金属平衡	(222)
第一节 选矿过程的取样检查	(222)
一、取样的最小质量	(222)
二、静置料堆的取样	(222)
三、流动物料的取样	(223)
四、矿样的混匀	(224)
五、矿样的缩分	(224)
第二节 选矿工艺过程的可检参数	(225)
一、检测目的	(225)
二、检测主要内容	(226)
第三节 选矿厂的金属平衡	(226)
一、工艺金属平衡	(226)
二、商品金属平衡	(228)
复习思考题	(229)
附 录	(230)
一、试验要点	(230)
二、实习要点	(231)
参考文献	(232)

第一篇 采矿部分

第一章 金属矿床地下开采基本知识

本章导读

了解矿石及其种类、废石的概念，矿石和围岩的物理力学性质；重点掌握损失贫化率，阶段、矿块和盘区、采区的概念以及矿床开采顺序。

第一节 基本概念及矿床工业特征

一、矿石和废石的概念

1) 矿物：在地壳中，由于地质作用所形成的天然单质或化合物统称为矿物。矿物是组成岩石或矿石的基本单元。

2) 矿石：指在现有技术经济条件下，能够从中提取有用组分（元素、化合物或矿物）或利用其特性的自然矿物聚集体。包括金属矿石、非金属矿石以及有用的岩石。

3) 矿体：矿石的聚集体称为矿体。一个矿体是一个独立的地质体，具有一定的几何形状，具有一定的空间位置等。

4) 矿床：矿床是矿体的总称。对于某一矿区而言，一个矿床由一个或几个矿体组成，矿床又可分为工业矿床和非工业矿床。在当前技术经济条件下，符合开采和利用要求的矿床称为工业矿床，否则称为非工业矿床。

5) 围岩：矿体周围的岩石称围岩（图 1-1）。位于矿体上部的围岩称上盘围岩，位于矿体下部的围岩称下盘围岩。

6) 夹石：夹在矿体中的岩石称夹石。

7) 废石：在采矿过程中所采出的围岩或夹石，一般称为废石，即矿床周围的围岩以及夹石，根本不含有用成分或者含量过少，当前不宜作为矿石开采。

应当指出，矿石与废石的概念是相对的，它与一个国家的社会制度、科技发展水平、已经掌握的资源情况以及对某种金属的需要量都存在关系。过去的废石，现在有可能成为可开采的矿石。

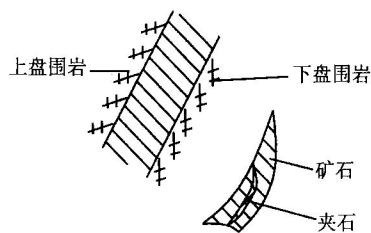


图 1-1 矿体围岩

二、矿石的种类

在自然界中的矿物很多，现在，人们已经知道的矿物有 4000 多种，而有用矿物约有 200 余种。

在地壳中，以自然金属形式存在的矿石是很少的，大量的矿石是以氧化矿、硫化矿等形式存在的。含金属成分的矿石，称金属矿石。

1. 金属矿石按其所含金属矿物的性质、化学成分、矿物组成的分类

- 1) 自然金属矿石：它是以单一元素形式存在的，如金、铂、银等。
- 2) 氧化矿石：矿石成分为氧化物，如赤铁矿 (Fe_2O_3)、赤铜矿 (Cu_2O) 等。
- 3) 硫化矿石：矿石的成分为硫化物，如黄铜矿 (CuFeS_2)、方铅矿 (PbS)、辉钼矿 (MoS_2)、闪锌矿 (ZnS) 等。
- 4) 混合矿石：是前三种的混合物。

2. 根据所含金属种类的不同对矿石的分类

- 1) 黑色金属矿石：如铁、锰、铬。
- 2) 有色金属矿石：如铜、铅、锌、铝等。
- 3) 稀有金属矿石：如铌、钽等（为相对概念）。
- 4) 放射性矿石：如铀、钍等。
- 5) 贵重金属矿石：如金、银、铂等。
- 6) 非金属矿石：如建筑石材、石膏、滑石等。

三、矿石品位的概念及计算

1. 矿石品位的概念

通常把矿石中凡是可供利用的元素或矿物称为有用成分。矿石中所含有用成分的多少用品位来表示。

所谓品位就是：矿石中有用成分的质量与矿石质量之比，常用百分数（%）表示。即

$$\text{品位} = \frac{\text{矿石质量}}{\text{矿石中有用成分质量}} \times 100\%$$

贵重金属（金、铂等）矿石的品位是用 g/t (m^3) 来表示。

2. 边界品位

指可采矿石有用成分含量的最低界限。它是矿体边界上矿石的最低品位，是划分矿石和废石，圈定矿体范围的标准。在圈定的矿体范围内，任意取样点的品位，一般都不应低于边界品位。

3. 最低工业品位

指以边界品位圈定的矿体范围内，合乎工业开采要求的平均品位的最低值。即根据目前的工业技术水平，当矿石品位低于某个数值时，便没有利用价值，这一数值的矿石品位叫最低工业品位。用边界品位圈定的矿体或矿体中某个块段的平均品位，必须高于最低工业品位才有开采价值，否则无开采价值。

四、矿石和围岩的性质

矿石和围岩的性质主要包括有：硬度、坚固性、稳固性、碎胀性、结块性、氧化性、自燃性及含水性等。

1. 硬度

矿岩的硬度是指矿岩抵抗工具侵入的性能。矿岩的硬度取决于矿岩颗粒的硬度、形状、大小、晶体结构以及颗粒间胶结的情况等，矿岩的硬度除了对凿岩有很大影响外，往往影响矿岩的坚固性和稳固性。

2. 坚固性

坚固性指岩石在破碎时的难易程度。坚固性的大小用坚固性系数表示，也称普氏系数，用 f 表示，单位 MPa。

$$f = R/100$$

式中： R 为岩石标准试样的单轴抗压强度，MPa。

通常用的普氏岩石分级法就是根据坚固性系数来进行岩石分级的。如：

极坚固岩石 $f=15 \sim 20$ （坚固的花岗岩、石灰岩、石英岩等）

坚硬岩石 $f=8 \sim 10$ （如不坚固的花岗岩，坚固的砂岩等）

中等坚固岩石 $f=4 \sim 6$ （如普通砂岩、铁矿等）

不坚固岩石 $f=0.8 \sim 3$ （如黄土，仅为 0.3）

矿岩的坚固性也是一种抵抗外力的性质，但它与矿岩的强度却是两种不同的概念。

强度是指矿岩抵抗压缩、拉伸、弯曲及剪切等单向作用的性能；而坚固性所抵抗的外力却是一种综合的外力，如抵抗锹、镐、机械破碎、炸药的综合作用力等，它对爆破及空区的影响较大。

3. 稳固性

（1）矿岩稳固性的概念

稳固性是指矿岩在空间允许暴露的面积大小和允许暴露的时间长短的性能。

影响稳固性的因素十分复杂，它与矿岩的成分、结构、构造、节理状况、风化程度以及水文地质条件都有关系，还与矿岩在开采过程中的暴露形状有关，如巷道的方向、开采深度等。稳固性对于采矿方法、支护方法的选择及掘进方式等都有很大影响。

（2）稳固性与坚固性的关系

两者既有联系，又有区别。一般在节理发育，构造破碎的地带，矿岩的坚固性虽然可能好，但稳固性大为下降。因此，稳固性与坚固性不能混同，坚固性不好的，不一定就不稳固。

（3）矿岩稳固性大致可分为 5 类：

1) 极不稳固的：不允许有暴露面积。要求在掘进及开采中必须超前支护，否则会垮落。

2) 不稳固的：允许暴露的面积在 50m^2 以内。亦即允许有较小的暴露面积，随着回采，要立即进行支护。

3) 中等稳固的：允许有一定的暴露面积，即 $50 \sim 200\text{m}^2$ ，一般不支护，或作临时支护，即可安全地进行生产。

4) 较稳固的：允许有较大的暴露面积，为 $200 \sim 500\text{m}^2$ ，一般不支护。

5) 极稳固的：允许有很大的暴露面积，即 800m^2 以上。不必支护，可以长期不垮落。

4. 矿岩的碎胀性

矿岩的碎胀性是指矿石和围岩破碎之后体积增大的性质。碎胀性可用碎胀系数来表示