

中等专业学校教学用书

采矿概论

冶金工业出版社

中等专业学校教学用书

采 矿 概 论

本溪钢铁学校 孙本壮 主编

冶金工业出版社出版

(北京灯市口74号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

850×1168 1/32 印张 8 1/2 字数 223 千字

1982年2月第一版 1982年2月第一次印刷

印数00,001~12,000册

统一书号: 15062·3783 定价0.85元



前 言

本书是根据1978年冶金部中等专业学校教材工作会议制订的金属矿床开采、矿山测量和矿山地质等专业教育计划要求和采矿概论教学大纲编写的。

采矿概论是上述各专业学生必修的专业基础课程之一。全书共分十章，主要内容有地下矿床开拓，采矿方法，井巷掘进和矿井通风防尘，露天开采境界、开拓、生产工艺和生产能力的概念等。书中系统地阐述了矿山建设、生产过程和开采设计的基本知识。

本书除供有关专业学生使用外，尚可作为矿山工人、干部和非采矿专业技术人员参考。

本书由本溪钢铁学校孙本壮同志主编，第四、五两章由薛若衡同志编写。

在编写过程中，得到了兄弟学校的大力协助，长沙冶金工业学校、昆明冶金工业学校的同志参加了本书初稿的会审工作，对初稿提出了修改意见，在此表示衷心地感谢。

由于我们的水平有限，对国内外矿山的生产实际情况又缺乏深入了解，书中缺点错误在所难免，恳切希望使用本书的同志提出宝贵意见。

编 者

一九七九年六月

目 录

第一篇 地下开采

第一章 总 论	1
第一节 金属矿床的工业特性	1
第二节 开采单位的划分及开采顺序	5
第三节 矿床的开采步骤和三级储量	9
第四节 对矿床开采的要求及矿石的损失贫化	11
第五节 矿山年产量的确定	14
第二章 矿床开拓	18
第一节 平硐开拓法	18
第二节 竖井开拓法	20
第三节 斜井及联合开拓法	22
第四节 主要开拓巷道位置的确定	25
第五节 辅助井位置的确定	29
第六节 井底车场及硐室	31
第七节 矿床开拓方案的选择	35
第三章 地下采矿方法	39
第一节 地下采矿方法的基本概念及其分类	39
第二节 自然支撑采矿法	42
第三节 人工支撑采矿法	72
第四节 崩落采矿法	84
第五节 矿柱回采及空场处理	106
第六节 采矿方法的选择	110
第四章 井巷掘进	114
第一节 凿岩爆破	114
第二节 地压的基本概念	128
第三节 水平巷道的掘进与支护	133
第四节 天井掘进	146
第五节 竖井掘进	150

第六节	竖井延深	158
第七节	斜井掘进	161
第五章	矿井通风、防尘及排水	164
第一节	矿井通风的目的	164
第二节	空气在井巷中流动的基本规律	166
第三节	矿井通风系统	170
第四节	矿井通风方法	177
第五节	防尘措施	180
第六节	矿井的防水和排水	187

第二篇 露天开采

第六章	露天开采的基本概念	199
第七章	露天矿开采境界	205
第一节	概述	205
第二节	确定露天开采境界的原则	207
第三节	确定露天矿境界的方法与步骤	208
第八章	露天矿床开拓	213
第一节	铁路运输开拓	213
第二节	公路运输开拓	217
第三节	斜坡卷扬开拓	220
第四节	平硐溜井开拓	222
第九章	露天矿生产工艺过程	227
第一节	穿孔爆破工作	227
第二节	采装工作	238
第三节	运输工作	249
第四节	排土工作	255
第十章	露天矿生产能力	261

第一篇 地下开采

第一章 总 论

第一节 金属矿床的工业特性

采矿的对象是矿床。因此，在学习矿床的开采方法之前，必须对矿床、矿石与围岩的工业性质及必须遵守的开采原则有一个基本概念。

一、矿石与围岩的工业性质

矿石：是指在目前技术经济条件下，在质和量方面均能满足国民经济要求的矿物集合体。也就是说矿石的品位应达到一定的标准，有害成分应低于一定标准。

从中提取金属的矿石叫做金属矿石，如铁矿石、铜矿石等。从中提取非金属元素、矿物或直接利用的矿石叫做非金属矿石，如磷灰石、石棉、云母、石灰岩等。

矿石按其品位的高低分为富矿石和贫矿石。

矿石中有用成分（元素或矿物）的重量与矿石的重量比叫做矿石的品位。金、铂等贵重金属的品位常用克/吨表示，其他金属常用重量百分数（%）表示，例如品位为40%的铁矿石，表示在100吨的铁矿石中含有40吨的铁。由此可见在矿石中除有用矿物外，还有与有用矿物伴生的目前还不能利用的脉石。

矿体与矿床：地壳中天然形成的单个矿石集合体（或堆积体）叫做矿体；而一个矿体或数个生成在一起的相邻矿体的总称，叫做矿床。

矿体周围的岩石叫做围岩。围岩以及夹在矿体中不含金属，或含金属过少不适于工业加工的岩石统称为废石。

矿石与废石的概念是相对的。随着科学技术水平和经济地理等条件的变化，废石可以变为矿石。

矿石与围岩的物理力学性质中，影响矿床开采较大的有：硬度、坚固性、稳固性、结块性、氧化性、自燃性、含水性与碎胀性等。

1. 硬度 矿、岩抵抗工具侵入的性能叫做硬度。硬度愈大，凿岩愈困难。矿、岩的硬度取决于矿、岩的组成。矿、岩的硬度除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 矿、岩的坚固性也是一种抵抗外力的性能。这种外力不是一般简单的外力（压缩、拉伸等），而是一种综合的外力，即锹、镐、机械破碎、炸药爆炸等作用下的力。

坚固性的大小，常用岩石的坚固性系数 f 表示。它表示着矿、岩极限抗压强度、凿岩速度、炸药消耗量等值的平均值。但目前国内通常用其表示矿、岩的极限抗压强度：

$$f = \frac{R}{100} \quad (1-1)$$

式中 R ——矿、岩极限抗压强度，公斤/厘米²。

3. 稳固性 即矿石或岩石允许暴露面积的大小及暴露时间长短的性能。

在矿、岩物理力学性质中稳固性是采矿方法选择的主要因素之一。

按允许暴露面积，可将矿、岩稳固性分如下几种：

(1) 不稳固的 在这种矿、岩中，顶板或两帮暴露时需要立即支护，允许不支护的暴露面，只能在50米²以内。

(2) 中等稳固的 这种矿、岩的暴露面积一般在50~200米²内不支护可以安全地进行生产。

(3) 稳固的 允许不支护的暴露面积约在200~800米²以上。

4. 结块性 采下的矿石或围岩，如含有粘土、滑石等物质受压受湿后，经过一段时间即能结块。某些硫化矿石遇水表层氧化，形成硫酸盐薄膜，即使没有细而粘的物质也具有结块性。

5. 氧化性 硫化矿石在水和空气的作用下，因时间过久而

发生氧化的性质叫做氧化性。

硫化矿石氧化后能降低选矿回收率，还可能导致矿石的结块和自燃。

6. 自燃性 矿、岩具有自燃的性质叫做自燃性。含硫在18~20%以上的硫化矿石就有可能自燃。因为在开采过程中，矿石与空气接触而氧化，在氧化过程中放出热量，经过一定时间后，若通风条件不好，散热状况不良，就会引起火灾。

7. 碎胀性 矿、岩从原矿体剥离破碎后，其体积要增大，这种性质叫做碎胀性。采下矿岩的体积与原矿岩体积之比叫做碎胀系数，又叫松散系数。根据采下矿岩的块度和形状的不同，碎胀系数大致波动在1.2~1.6之间。但装入容器中的矿岩，由于二次松散，孔隙增多，碎胀系数增加至1.8~2.0。

二、矿床的埋藏要素及矿体的形状

1. 矿床的埋藏要素

矿床的埋藏要素是指矿床中各个矿体的走向长度、厚度、倾角、延深及埋藏深度。并按矿体分别描述。

(1) 走向长度 矿体走向长度一般在各个不同水平上有所变化。因此应指出矿体的平均走向长度和各主要水平的走向长度及变化规律。走向长度一般用 L 表示。

(2) 厚度 矿体的厚度是指矿体上盘与下盘间的垂直距离或水平距离，前者叫做垂直厚度 $m_{\text{垂}}$ 或真厚度，后者叫做水平厚度 $m_{\text{平}}$ ，如图1-1所示，它们之间有下列关系。

$$m_{\text{垂}} = m_{\text{平}} \cdot \sin \alpha, \text{ 米} \quad (1-2)$$

式中 α ——表示矿体的倾角，度。

矿体的厚度在走向上和倾斜上都可能变化，有时甚至有分枝、复合、胀大、缩小和尖灭。在描述时应指出最大、最小和平均厚度。

矿体按厚度可分为五类：

极薄矿体——厚度小于0.7~0.8米，此种厚度，无论掘进和采矿都要采掘部分围岩；

薄矿体——厚度在0.8~2.0米，此种厚度，采矿时可以不采围岩；

中厚矿体——厚度在2~5米；

厚矿体——厚度在5米至15~20米；

极厚矿体——厚度在20米以上，此厚度，一般需要垂直走向布置采区。

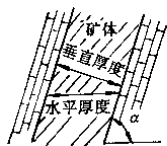


图 1-1 矿体的垂直厚度和水平厚度

矿体厚度与落矿方式有一定关系，一般中厚以下的矿体采用浅眼落矿为宜，5米以上可以考虑用深孔落矿。

(3) 倾角 矿体按倾角可分为：

水平和微倾斜矿体——倾角在 3° 以下；

缓倾斜矿体—— 3° 至 30° ；

倾斜矿体—— 30° 至 45° ~ 55° ；

急倾斜矿体—— 45° ~ 55° 以上。

矿体的倾角与采场的运搬方式有密切关系，在开采水平和微倾斜矿体时各种有轨和无轨运输设备可直接进入采场。在缓倾斜以下的矿体中可考虑用爆力抛掷、水力等来运搬矿石，只有在急倾斜矿体中才具有完全用重力运搬的条件。此外矿体倾角对选择开拓方法也有一定关系。

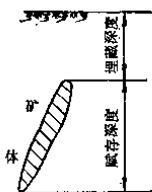


图 1-2 矿体的埋藏深度和赋存深度

(4) 延深 矿体延深是指矿体在深度上的分布情况，可采用埋藏深度和赋存深度来表示。

赋存深度 是矿体上部界限至下部界限的垂直距离或倾斜距离，它们分别叫垂高和斜高。

埋藏深度 是指地表至矿体上部界限的深度。如图1-2所示。

2. 矿体的形状

金属矿床，特别是内生矿床，矿体的形状比较复杂、多样。

只有沉积矿床的形状比较简单。矿体的形状如图1-3所示。

矿体的形状与采矿的关系十分密切，如采矿方法、巷道布置、生产探矿等都要考虑矿体形状的特点。总之，形状愈不规则，对采矿愈不利，如果加上地质构造的影响，就可能使形状变得更加复杂，因而在采矿前必须搞清矿体形状及其变化规律。

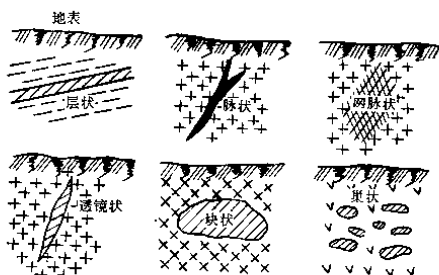


图 1-3 矿体的形状

第二节 开采单位的划分及开采顺序

一、开采单位的划分

在进行矿床开采时，必需有步骤有计划的进行，应将矿床划分为由大到小的开采单位。一般在倾斜、急倾斜矿床中，将矿床划分为井田，井田划分为阶段，阶段划分为采区（矿块），采区就是最基本的开采单位。

在开采水平或微倾斜矿体时，将矿床划分为井田后，再将井田划分为盘区，盘区划分为矿壁，矿壁就是最基本的开采单位。

1. 矿田和井田

划归一个矿山企业开采的全部矿床或其一部分叫做矿田。在一个矿山中划归一个矿井或坑口开采的全部矿床或其一部分叫做井田，如图1-4。矿田有时等于井田，有时包括几个井田。划归公司或矿务局开采的矿体叫矿区。

2. 阶段和采区

在开采倾斜和急倾斜矿床时，在井田中，每隔一定的垂直距离掘进与走向一致的主要运输巷道，将井田在垂直方向上划为一个个的矿段，它的范围是上下以相邻的两个阶段平巷为界，左右以井田的边界为界，这样的矿段，叫做阶段，如图1-5中的Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ等。

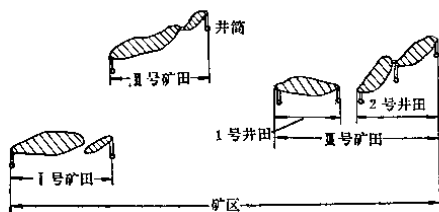


图 1-4 矿区、矿田和井田

相邻上下两个阶段平巷和相邻两个天井之间所包围的矿段，叫做采区，如图1-5中的6。

3. 盘区和矿壁

在开采水平和微倾斜矿床时，常用盘区和矿壁来表示基本的

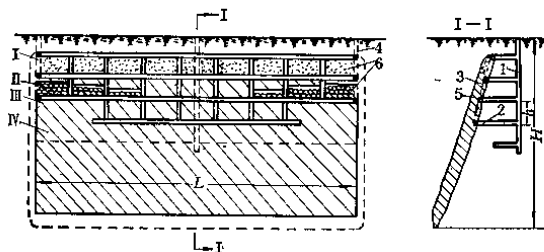


图 1-5 阶段与采区的划分图

1—主井；2—石门；3—天井；4—副井；5—阶段平巷；6—采区；

H —矿体的垂直埋藏深度； L —矿体的走向长度； h —阶段高度

开采单位。盘区是指主要运输平巷和盘区平巷之间直至井田边界所包围的一个矿段，如图1-6中的I。矿壁则是相邻两回采平巷和盘区平巷之间所包围的矿段，如图1-6中的6。

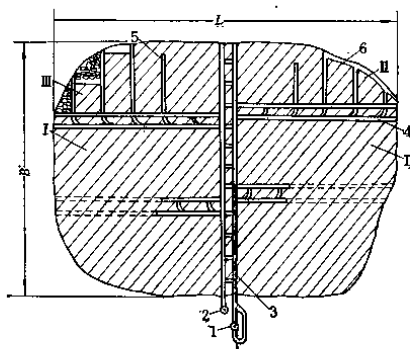


图 1-6 盘区与矿壁的划分图

1—主井；2—副井；3—主要运输平巷；4—盘区平巷；5—回采平巷；6—矿壁

I—开拓盘区；II—采准切割盘区；III—回采盘区

二、井田中的开采顺序

井田中阶段的开采顺序有两种，即下行式和上行式。下行式的开采顺序是先采上部阶段后采下部阶段的由上而下逐个阶段开采的方式，如图1-7a。上行式则相反，如图1-7b。

在生产实际中，一般多用下行式开采顺序。因为下行式投入生产快，初期投资少，有探矿作用，安全性好等。

上行式仅在开采缓倾斜矿床时，由于要利用采空区堆积井下采掘的废石或疏储井下涌水等特殊原因才偶尔采用。

阶段中采区的回采顺序，按回采工作相对主要开拓巷道的位置可分为三种：

前进式 阶段巷道掘进一定长度之后，就可以开始回采。从靠近主井的采区开始向井田边界前进，依次回采，如图1-7a。

后退式 与上相反，从井田边界的采区开始向主井方向后退，依次回采，如图1-7b。

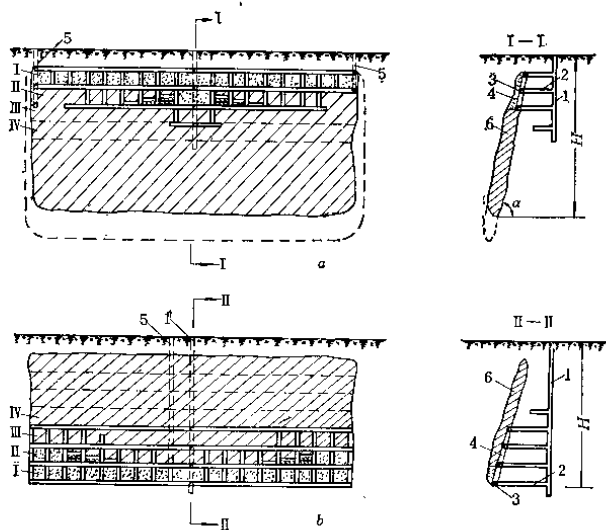


图 1-7 井田中的开采顺序

a—下行式开采；b—上行式开采

1—主井；2—石门；3—平巷；4—天井；5—副井；6—矿体

I—采完阶段；II—回采阶段；III—采准阶段；IV—开拓阶段

混合式 开始时用前进式，待阶段平巷掘完后，改为后退式。

上述回采顺序，各有优缺点。前进式回采的优点是能早日从阶段中采矿。缺点是巷道的维护费用比后退式高；容易使采准及待采储量不足，造成生产上被动。故在生产实践中用的较少。后退式回采的优缺点与前进式相反，实践中使用较多。

第三节 矿床的开采步骤和三级储量

一、矿床开采的步骤

矿床开采的步骤，一般按开拓，采准和切割，回采三个步骤来进行。这三个步骤反映了不同的工作阶段和不同的采矿准备程度。

1. 开拓

矿床开拓就是从地面掘进一系列的基本巷道和硐室通达矿体，构成一个完整的运输、通风、排水、压气、供风和供水等系统，以便在矿床中进行采准、切割和回采工作(图1-8)。为了开拓矿床而掘进的巷道，叫做开拓巷道，这些巷道是用来运输矿石、废石、材料、设备以及通风、排水和行人的。属于开拓巷道的有：井筒（竖井和斜井）、平硐、石门、井底采场及其硐室、阶段平巷、主溜井和充填井等。

2. 采准和切割

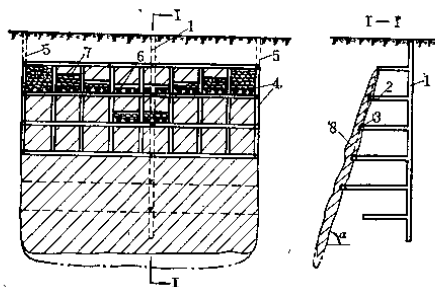


图 1-8 矿床开采步骤和三级储量图

1—主井；2—石门；3—平巷；4—天井；5—副井；6—漏斗和拉底；7—采区；8—矿体

是在阶段和盘区内，掘进采准和切割巷道。掘进采准巷道的目的，一方面是为了划分采区或矿壁；另一方面是解决采区和矿

壁中的行人、运输和通风等问题。掘进切割巷道的目的，则是在已掘好采准巷道的采区或矿壁中，进一步创造必要的回采条件，以便能够开始大量的回采工作。如图1-8中，掘进天井4、漏斗和拉底6等属于采准和切割。采准切割巷道；随采矿方法的不同而异，在以后介绍采矿方法时再详细叙述。

3. 回采

在已经做好采准、切割工作的采区或矿壁中，进行大量的采矿工作的所有生产过程，叫做回采。它包括崩矿、矿石运搬和地压管理三项主要作业。

二、三级储量和矿床开采步骤间的关系

按矿床开采的准备程度，矿石储量可划分为三级，即开拓储量，采准储量和备采储量。这三种储量称为三级储量。

1. 开拓储量

通过掘进开拓巷道，形成了一定的运输、通风、排水系统，在这些开拓巷道所控制范围内的矿床储量叫做开拓矿量，如图1-8中第四阶段以上的矿量。

2. 采准储量

它是开拓矿量的一部分。凡采区或矿壁，完成了采矿方法所规定的采准工程量，这些采区或矿壁中的储量叫做采准储量。如图1-8中，第三阶段以上的矿量就是采准储量。

3. 备采储量

它是采准储量的一部分。凡采区或矿壁中完成了采矿方法所规定的切割工程量的储量叫做备采储量。如图1-8中，第一阶段和第二阶段的一部分做好了切割工作的矿量，就是备采储量。

上述矿床开采的三个步骤，在矿床开采初期，各个开采步骤是依次进行的，即按基建进度计划形成规定的三级储量才能投产；在正常生产时期（即投产以后），应切实贯彻执行“采掘并举、掘进先行”的方针。一般要确保三级储量规定的指标，否则将会出现采掘失调，使矿山生产陷于混乱和被动局面。因此要随时注意正确安排开拓、采准、回采工作量。必须遵循开拓超前采

准，采准超前回采的原则。只有这样才能保证矿山生产持续、稳定、均衡地进行。这是因为，开拓、采准和切割，反映了对矿床开采的准备程度。前述三个步骤间的超前关系，准备的程度通常以掘进开拓、采准、回采巷道所提供的三级矿量所需的开采时间来表示。一般矿山都应备有三年以上的开拓矿量，一年左右的采准矿量，六个月左右的备采矿量。

第四节 对矿床开采的要求及矿石的损失贫化

一、对矿床开采的要求

1. 确保矿床开采工作的安全及良好的劳动条件

安全生产和良好的劳动条件是办好社会主义企业的重要准则之一，是进行正常生产的前提，特别是采矿企业，它是在复杂和困难的条件下进行生产的，因此确保采矿人员的工作安全和良好的劳动条件，就显得非常重要。这是评价开采方法好坏的基本原则之一。

2. 劳动生产率要高

由于采矿生产的复杂性和繁重性，目前生产每吨矿石的劳动消耗量较大。采用高效率的采矿方法，尽量采用先进技术和工艺，不断提高机械化水平，充分调动采矿人员的社会主义积极性，以提高劳动生产率，就显得更加重要。

3. 开采强度大

是指矿床、井田、阶段、采区的开采速度。提高开采强度，有利于完成和超额完成生产任务，降低巷道的维修费和生产管理费，保证满足冶金工业对矿石不断增长的需要。同时，加快开采速度也是保证安全的重要措施之一。

4. 矿石的损失和贫化要小

矿石的损失，即在开采金属矿床时，由于种种原因而造成一部分工业储量未能采出，或采下的矿石未能全部运至地表而丢失。矿石损失的原因如下：

(1) 由于地质构造破坏和水文地质条件的影响，矿体埋藏

条件复杂，在当前技术条件下难以采出而造成的；

(2) 为了保护井筒或地面重要设施、河流等所留下的保安矿柱而造成的；

(3) 回采过程中所造成的；

(4) 在装矿、运输、卸矿生产过程中所造成的。

矿石的贫化，就是采出矿石的品位比原矿的品位降低了，变贫了。贫化的原因是由于废石的混入，高品位矿石的损失以及某些金属被浸出。贫化使得矿石的成分发生质的变化，因而造成很大的经济损失。

如果只注意矿石数量的完成，而忽视甚至不顾矿石质量任务的完成，就有可能出现企业完成了矿石的采掘计划，而未能完成精矿量或金属量计划。所以降低贫化同样具有十分重大的意义。

降低矿石的贫化与损失的基本途径，就是正确的选择适合具体矿床条件的开拓方法和采矿方法以及它们的参数和工艺，正确确定开采顺序和合理工艺制度，同时，还应加强生产探矿工作，以准确地指导矿山生产。

5. 降低矿石成本

成本是各项工作好坏的综合表现，是评价矿山开采工作的一项综合指标。在采矿生产中，降低劳动消耗，提高采出矿石的品位，提高劳动生产率，减少材料和动力消耗是降低成本的几个主要途径。

二、矿石损失贫化的计算方法

1. 矿石损失率和回收率

矿石损失的大小用损失率表示。与损失率相对应的是回收率。其两者之和为100%。

设计采区的工业储量 Q 与开采后所得的矿石量 Q' 之差叫做矿石的损失或损失量。损失量与工业储量的百分比，叫做损失率。

$$q = \frac{Q - Q'}{Q} \times 100\% \quad (1-3)$$