

钨矿工人技术培训试用教材(五)

矿床开采

江西省冶金工业厅编

钨矿工人技术培训试用教材

矿 床 开 采

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

第一章 金属矿床地下开采的基本概念

- 第一节 矿床的工业特征..... (2)
- 第二节 金属矿床地下开采概述..... (9)

第二章 矿床开拓

- 第一节 矿床开拓方法..... (21)
- 第二节 主要开拓巷道位置的确定..... (38)
- 第三节 矿床开拓方案选择..... (47)

第三章 采矿方法分类及其选择

- 第一节 采矿方法分类..... (49)
- 第二节 选择采矿方法的基本要求..... (51)
- 第三节 影响采矿方法选择的主要因素..... (52)

第四章 空场采矿法

- 第一节 房柱采矿法..... (57)
- 第二节 分段采矿法..... (63)
- 第三节 阶段矿房法..... (73)

第五章 留矿采矿法

- 第一节 浅孔留矿法典型方案及其变型..... (88)
- 第二节 回采工艺..... (106)
- 第三节 浅孔留矿法的评价..... (118)

第六章 崩落采矿法

- 第一节 有底柱崩落法..... (120)
- 第二节 无底柱分段崩落法..... (140)

第七章 充填采矿法

- 第一节 干式充填采矿法..... (159)
- 第二节 水力充填采矿法..... (168)
- 第三节 胶结充填采矿法..... (182)

第八章 矿柱回采和空区处理

- 第一节 敞空矿房的矿柱回采..... (187)
- 第二节 充填矿房的矿柱回采..... (191)
- 第三节 空区处理..... (203)

金属矿床地下开采

矿床开采有露天开采和地下开采。进行地下开采包括开拓、采矿准备、切割和回采四个步骤。首先开凿自地面至矿床或矿床某部位的各种通道，在开采过程中经过所开凿的各种通道，将采下的矿石和岩石运输到地面，将人员、设备和材料运送到工作地点，以及进行地下巷道通风，然后在矿床中或矿床附近掘进采准巷道，将矿床划分为若干回采单元，进行回采。因此，学习《金属矿床地下开采》这门知识，掌握和应用它的基本原理，选择适当的开拓方法和采矿方法，对安全、经济和最大限度地回收地下矿产资源具有十分重要的意义。

第一章 金属矿床地下开采的基本概念

第一节 矿床的工业特征

一、矿石与废石

地壳中含有各种各样的化学元素，经过不同的地质作用，形成了各种化合物和极少的单质体，统称为矿物。

各种矿物在地质作用下还形成相对富集。凡是地壳中的矿物集合体，在现代技术经济水平条件下，能以工业规模从中提取国民经济所必需的金属或矿物产品的，就叫做矿石。矿石的聚集体叫做矿床。矿床是矿体的总称，对某一矿区而言，它可由一个或若干个矿体所组成。矿体周围的岩石（围岩）以及夹在矿体中的岩石（夹石），不含有用成分或含量极少，当前不宜作为矿石开采的，则称为废石。

矿石与废石的概念是相对的，随着国民经济的发展，矿山开采和矿石加工技术水平的提高而变化。一般划分矿石与废石的界限根据如下因素：国家的社会制度及所制定的技术经济政策；矿床的埋藏条件；采矿和矿石加工的技术水平；地区的技术经济条件等。

比如，过去我国锡矿石的最低工业品位（即根据当前条件所规定的矿床可采的最低金属平均含量）为0.8%，铜矿石为0.6%。以后由于采矿和选矿工艺的改进，提高了机械化程度，从而使锡矿石的最低工业品位降为0.2~0.3%，铜矿石降为0.4~0.6%，即过去认为无开采价值的废石，现

在已经可以作为矿石进行开采。

二、金属矿石的种类

凡是可供提取金属成分的矿石，称为金属矿石。根据所含金属种类的不同，金属矿石可分为：贵重金属矿石（金、银、铂等），有色金属矿石（铜、铅、锌、铝、镍、锡、钨、锡、钼等），黑色金属矿石（铁、锰、铬），稀有金属矿石（钽、铌等）和放射性矿石（铀、钍等）。按所含金属种类的多少，又可分为单一金属矿石和多金属矿石。

金属矿石按其所含的金属矿物性质、矿物组成和化学成分还可分为：

（一）自然金属矿石

金属以单一元素存在于矿床中的矿石，称为自然金属矿石。如金、银、铂等。

（二）氧化矿石

矿石矿物的化学成分为氧化物、碳酸盐及硫酸盐。如赤铁矿（ Fe_2O_3 ），红锌矿（ ZnO ），软锰矿（ MnO_2 ），赤铜矿（ Cu_2O ），白铅矿（ PbCO_3 ）等。

（三）硫化矿石

矿石矿物的化学成分为硫化物。如黄铜矿（ CuFeS_2 ），方铅矿（ PbS ），闪锌矿（ ZnS ），辉钼矿（ MoS_2 ）等。

（四）混合矿石

矿石中含有上述三种矿物中两种以上的混合物。

矿石中有用成分的含量，称为品位。矿石品位一般用百分数表示，即一定重量矿石中所含的金属重量与其矿石重量的百分比。黄金等贵重金属矿石的品位是用一吨（或一立方米）矿石中含若干克重有用成分来表示。

金属矿石按其品位的高低可分为富矿和贫矿。如铜矿石的品位大于1%即为富矿，小于1%则为贫矿。

三、矿石和围岩的性质

矿石和围岩的性质中，对矿床开采影响较大的有如下几方面：

(一) 硬度

矿岩抵抗尖锐工具侵入的性能，叫做硬度。矿岩的硬度取决于组成矿岩颗粒的硬度、形状、大小、晶体结构以及颗粒间胶结物的情况等。

矿岩的硬度除对凿岩有很大影响外，还影响矿岩的坚固性和稳定性。

(二) 坚固性

矿岩的坚固性也是一种抵抗外力的性能，它与矿岩的强度是两种不同的概念。强度是指矿岩抵抗压缩、拉伸、弯曲及剪切等单向作用力的性能。坚固性所抵抗的外力，是一种综合的外力，即锹、镐、机械破碎、炸药爆破等作用下的力。

坚固性一般用坚固性系数 f 表示，它反映矿岩的极限抗压强度、凿岩速度、炸药消耗量等值的平均值，目前常用其表示矿岩的极限抗压强度，即

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

R ——矿岩的极限抗压强度 公斤/厘米²。

(三) 稳固性

稳固性是指矿石或岩石在空间允许暴露面积的大小和暴露时间长短的性能。影响矿岩稳固性的因素十分复杂。它不

仅与矿岩的成分、结构、构造、节理状况、风化程度以及水文地质条件等有关，还与开采过程所形成的空间大小（高度和跨度）、形状、方向以及开采深度等有关。稳固性和坚固性既有联系又有区别，如在节理发育、构造破碎地带，矿岩的坚固性虽好，但其稳固性却大大下降。

矿岩的稳固性，对选择采矿方法及地压管理方法，均有很大的影响。根据矿石和岩石的稳固程度，分为如下五种情况：

1、极不稳固的。是指在采掘过程中不允许有暴露面积，否则产生片帮和冒落现象。掘进井巷时，必须采用超前支护方法进行维护；

2、不稳固的。在这类矿石或岩石中，允许有小量不支护的暴露面积，一般允许暴露面积在 50米^2 以内；

3、中等稳固的。允许不支护的暴露面积为 $50 \sim 200\text{米}^2$ ；

4、稳固的。允许不支护的暴露面积为 $200 \sim 800\text{米}^2$ ；

5、极稳固的。不支护的暴露面积可在 800米^2 以上。

（四）结块性

结块性是指采下的矿石，在遇水和受压并经过一段时间后，结成整块的性质。一般矿石结块是由于矿石中含有粘土质物质，受湿及受压后粘结在一起；高硫矿石遇水，矿石表面氧化，形成硫酸盐薄膜，受压后粘结在一起。

矿石的结块性，对放矿、装卸及运输等生产环节，均产生很大的困难，甚至影响某些采矿方法的顺利使用。

（五）氧化性

矿石的氧化性是指硫化矿石，在水和空气的作用下，变为氧化矿石的性质。采下的硫化矿石，

在井下或地面贮存时间过长，就会氧化。氧化后的矿石，会降低选矿回收率。

(六) 自燃性

高硫矿石（含硫在18~20%以上）具有自燃性。硫化矿石在空气中氧化，并放出热量，经过一定时间后，矿石温度升高，会引起地下火灾。具有自燃性的矿石，对采矿方法选择有特殊的要求。

(七) 含水性

矿石或岩石吸收和保持水分的性能，叫做含水性。含水性随矿岩的孔隙度和节理而变化。它对放矿、运输及矿仓贮存等均有很大的影响。

(八) 碎胀性

矿岩破碎后，碎块之间出现空隙，其体积比原矿岩体积增大，这种性质称为碎胀性。破碎后的体积与原矿体积之比，称为碎胀系数（或松散系数）。碎胀系数的大小，主要取决于破碎后矿岩的粒度组成和块度的形状。一般坚硬矿岩的碎胀系数为1.2~1.6。

四、金属矿床的分类

金属矿床的矿体形状、厚度及倾角，对矿床开拓和采矿方法的选择，有直接的影响。因此，金属矿床一般按其矿体形状、厚度和倾角三个因素进行分类。

(一) 按矿体形状分类

1、层状矿床。这类矿床多为沉积或变质沉积矿床。其特点是矿床规模较大，赋存条件（倾角、厚度等）稳定，有用矿物成分组成稳定，其含量较均匀。多见于黑色金属矿床；

2、脉状矿床。这类矿床主要是由于热液和气化作用，将矿物质充填于地壳的裂隙中生成的矿床。其特点是矿脉与围岩接触处有蚀变现象，矿床赋存条件不稳定，有用成分含量不均匀。有色金属、稀有金属及贵重金属矿床多属此类；

3、块状矿床。这类矿床主要是充填、接触交代、分离和气化作用形成的矿床。其特点是矿体大小不一，形状呈不规则的透镜状、矿巢、矿株等产出；矿体与围岩的界限不明显。某些有色金属矿床（铜、铅、锌等）属于此类。

（二）按矿体厚度分类

矿体的厚度是指矿体上盘与下盘之间的垂直距离或水平距离。前者叫做垂直厚度或真厚度（见图1—1中a），后者叫做水平厚度（见图1—1中b）。

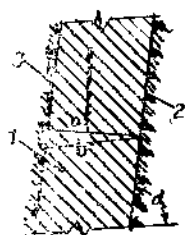


图 1—1 矿体的水平厚度和垂直厚度

1—矿体；2—矿体的下盘；3—矿体的上盘。

开采急倾斜矿床时，常用水平厚度，而开采倾斜矿床、缓倾斜矿床和水平矿床时，常用垂直厚度。两者之间关系如下式：

$$a = b \sin \alpha \quad (1-2)$$

a——矿体的垂直厚度 米；

b——矿体的水平厚度 米；

d——矿体的倾角 度。

其厚度分为如下五种：

1、极薄矿体，厚度在0.8米以

下；

2、薄矿体，厚度为0.8~4米；

3、中厚矿体，厚度为4~10米；

4、厚矿体，厚度为10~30米；

5、极厚矿体，厚度大于30米。

(三) 按矿体倾角分类

1、水平和微倾斜矿床，倾角小于 5° ；

2、缓倾斜矿床，倾角为 $5^{\circ}\sim 30^{\circ}$ ；

3、倾斜矿床，倾角为 $30^{\circ}\sim 55^{\circ}$ ；

4、急倾斜矿床，倾角大于 55° 。

五、金属矿床的特点

金属矿床的地质条件较为复杂，对矿床开采影响较大的有：

(一) 矿床赋存条件不稳定

矿体的走向方向或倾斜方向，其厚度、倾角及形状均不稳定，变化较大，出现尖灭、分支复合等现象。这就要求有多种采矿方法和采矿方法本身具有一定的灵活性，以适应其复杂的地质条件。

(二) 矿石品位变化大

金属矿床中的矿石品位，沿矿体的走向方向和倾斜方向，经常有较大的变化。这样变化有时有一定的规律，如随深度的增加，品位变贫或变富。在矿体中有时还存在夹石，有些硫化矿床的上部有氧化矿，使同一矿体产生分带现象。这就对采矿提出了特殊的要求：如按不同品种、不同品级进行分采，品位中和，剔除夹石以及确定矿体边界等。

(三) 地质构造复杂

矿床中的断层、褶皱，穿入矿体中的岩脉、断层破碎带等地质构造，给采矿和探矿工作带来了很大的困难。

(四) 矿床的含水性

矿床大量含水，不仅增加排水设备及设施，而且对回采

工作造成很大的困难（如矿岩的稳固性降低、采下的矿石容易结块等）。

第二节 金属矿床地下开采概述

一、矿床开采单元的划分

（一）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。在一个矿山企业中划归一个矿井（坑口）开采的全部矿床或其一部分叫做井田。矿田有时等于井田，有时包括数个井田，如图1—2所示。

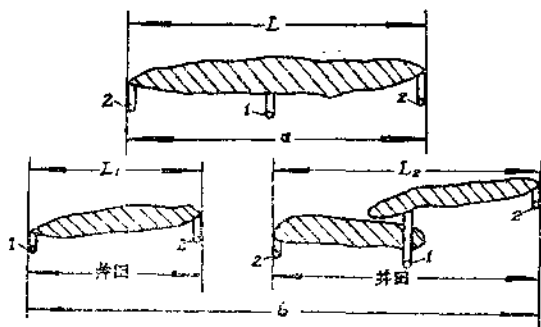


图 1—2 矿田和井田

a —矿田等于井田， b —矿田包括两个井田。

1—主井，2—付井； L_1 、 L_2 —井田长度。

当矿床的范围不大，矿床又比较集中，为了生产管理方便，可以用一个井田开采。反之，当矿床的范围很大或矿体比较分散，用一个井田开采全部矿床，则井巷工程量大，经济上不合算，生产地点过于分散，管理上不方便，应划分为几个井田开采。

一般情况下，金属矿床的范围不大，井田界限大多与矿

界限一致。由于金属矿床地表地形条件复杂，往往以地表地形条件来划分井田的界限。如地表河流、水库、湖泊、铁路干线等都可能成为划分井田的自然界限。

当开采一个范围很大的矿床时，确定合理的井田界限，必须考虑如下因素：

1、国家对矿山基本建设时间和年产量的要求

一般大井田的基建时间长，设备需要多而且大，因而投资多。小井田则相反。故应根据国民经济发展的需要，并考虑当前材料设备供应的条件，确定合适的井田尺寸。

2、矿床的勘探程度

当勘探程度不够时，应慎重考虑投产后有无可能发现大量矿体。

3、矿床的埋藏特征

矿体数目及其厚度，有无地质破坏，有无大地段的无矿带等，这些是划分井田的自然界限，都直接影响井田的尺寸。一般情况下，为使一个井田有足够的储量，又方便生产管理，矿体走向长度为500~800米至1000~1500米，深度为500~600米，用一个井田开采是合理的。当开采极厚、埋藏又较深的矿床时，为便于分期建设和广泛利用中小型设备，可采取较小的井田尺寸。

4、矿区的地表地形条件

地表的河流、湖泊、铁路干线和重要的设筑物等，常常影响井田的尺寸。

5、最好的经济效益

井田是独立的生产单位。因此，在划分井田时就应考虑尽可能使该生产单位在基建时期的投资费最少，在生产时期的经营费也最少。

(二) 阶段和矿块

1、阶段

开采缓倾斜、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分为矿段，这称为阶段。阶段的范围沿走向方向以井田边界为限，沿倾斜方向以上下两个主要运输巷道为限，如图1—3所示。

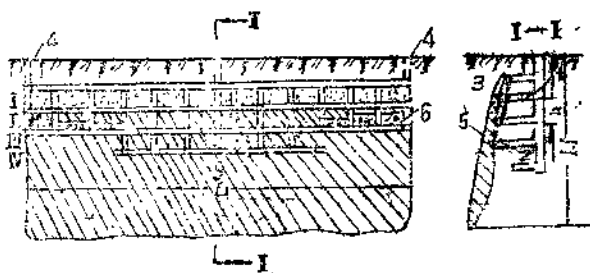


图1—3 阶段和矿块的划分

I—已采完阶段；II—回采阶段；III—开拓和采准阶段；IV—开拓阶段。

H—矿体垂直埋藏深度；h—阶段高度；L—矿体走向长度。

1—主井；2—石门；3—天井；4—付井；5—阶段运输巷道；6—矿块。

阶段高度是指上下两个相邻阶段运输巷道之间的垂直距离。阶段高度的变化范围很大，应根据矿床的埋藏条件，矿石和围岩的稳定性以及采矿方法的要求等因素确定。开采缓倾斜矿床时，阶段高度一般小于20~25米，开采急倾斜矿床时为40~60米，也有高达80~120米。

2、矿块

在阶段中沿走向每隔一定的距离，掘进天井连通上下两个相邻的阶段运输巷道，将阶段再划分为独立的回采单元，这称为矿块（见图1—3中6）。

根据矿床的埋藏条件，选择不同的采矿方法进行回采矿块。矿块的构成要素因采矿方法的不同而各不一样，将在采

矿方法的章节中介绍。

(三) 盘区和采区

1. 盘区

开采水平和微倾斜矿床时，如果矿床的厚度不超过允许的阶段高度，则在井田内不再划分阶段。但为了采矿工作方便，将井田用盘区运输巷道划分为长方形的矿段，这称为盘区。盘区的范围是以井田的边界为其长度，以两个相邻盘区运输巷道之间的距离为其宽度，（见图1—4所示）。

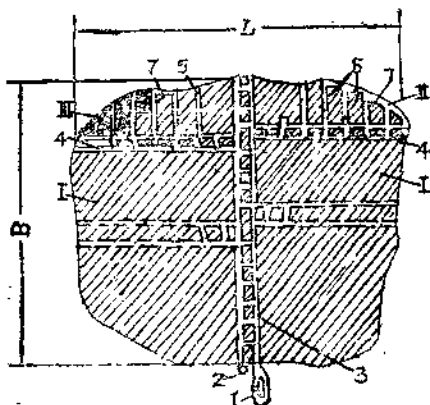


图1—4 盘区和采区的划分

I—开拓盘区；II—采准盘区；III—回采盘区。

1—主井；2—付井；3—电主要运输巷道；4—盘区运输巷道；5—回采巷道；6—采区；7—切割巷道。

盘区宽度主要根据矿床的开采技术条件，所采用的采矿方法和矿石运搬机械等情况确定。

2. 采区

在盘区中沿走向每隔一定的距离，掘进回采巷道连通相邻两个盘区运输巷道，将盘区再划分为独立的回采单元，这称为采区（见图1—4中

6）。

采区的构成要素，将在采矿方法的章节中介绍。

二、矿床的开采顺序