

# 第一篇

## 地下开采与露天 开采总论

采矿工作的对象是矿床,其产品是矿石。所谓金属矿床地下开采,就是根据矿床的工业特征,并遵循矿床开采的基本原则,从金属矿床内部有计划有步骤地将矿石采掘出来。

# 第一章 金属矿床的工业特性

矿床的概念,包含有地质方面和技术经济方面双重含义。就地质含义而言,矿床应理解为包括矿体和与矿体在空间上、成因上有联系的围岩及构造等所组成的综合地质体;而就技术经济含义而言,矿床是指在地壳中由于地质作用形成的,并在质和量上均适合于工业规模开采和利用的有用矿物聚集体。金属矿床是指含有金属矿物的矿床。

## 第一节 矿石与围岩及其工业特性

### 一、矿体与围岩、矿石与废石

矿体是指在空间上具有一定位置、形状和大小的矿石聚集体,是构成矿床的基本单位。而矿体周围的岩石就称为围岩。矿体与围岩的界线有的是明显的,能用肉眼就可以区别;有的是渐变的,要根据化学分析才能圈定出结果。

凡是地壳内的矿物集合体,按现代技术经济水平,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称为矿石。对于不含有用成分或有用成分含量过少当前不宜作为矿石开采的围岩或矿体中的夹石,则总称为废石。

矿石与废石的概念是相对的,它是随着国民经济的发展水平而变化。一般地说,划

分矿石与废石的界限取决于下列因素:即国家的社会制度及所规定的技术经济政策;矿床的赋存条件及矿石储量;矿床开采和矿石加工的技术水平;当地的经济和地理条件等。

当上述因素一定,国家主管部门则按制定出的矿石边界品位和最低工业品位指标来划分矿体与围岩或矿石与废石界限。所谓边界品位,是对圈定矿体的单个样品的有用组分含量的最低要求,它是划分矿石与废石、矿体与围岩的分界品位。而最低工业品位则是指单个勘探工程所揭露的矿段主要有用组分平均含量的最低要求,或者说它是可供工业利用的矿段或矿体的最低平均品位。国家主管部门对边界品位和最低工业品位指标都作有规定。

开采极薄脉状矿床时,一般用米百分值指标来确定最小工业厚度。所谓米百分值是指矿脉真厚度与矿脉品位的乘积,并以  $m\%$  作为单位。例如黑钨矿床上级主管部门规定的米百分值指标为  $0.1 \sim 0.2m\%$ 。这表明只有当矿脉厚度小于最低可采厚度,而矿脉品位又较高时才利用这一指标来衡量各该矿脉的开采价值。

矿石品位指的是矿石中有用金属含量的重量百分数,以百分比( $\%$ )表示,而对贵重或稀有金属则常用  $g/t$  或  $g/m^3$  表示。

在采矿工业中,还常把矿床中未开采的矿石称为原矿石;采出的纯矿石与混入的废石的综合称为采出矿石。

## 二、金属矿石的种类

金属矿石指含有金属成分的矿石。根据其所含金属种类、品位高低及化学成分等不同,金属矿石可作如下分类:

(1)按所含金属种类不同可分为:黑色金属矿石,如铁、锰、铬等;有色金属矿石,如铜、铅、锌、铝、锡、钼、镍、锑、钨等;贵金属矿石,如金、银、铂等;稀有金属矿石,如铌、钽、铍等。只含一种金属成分的为单一金属矿石,含两种以上金属成分的为多金属矿石。

(2)按所含金属品位高低可分为:贫矿和富矿。如以磁铁矿石为例:含铁品位  $> 55\%$  为平炉富矿;含铁品位  $> 50\%$  为高炉富矿;含铁品位  $30 \sim 50\%$  为贫矿。贫矿石必需经过选矿才能进行冶炼加工。

(3)按所含化学成分的组成可分为:自然金属矿石,该类矿石中金属成分以单一元素的形式存在,如金、银、铂、铜等;氧化矿石,是指所含矿物的化学成分为氧化物,碳酸盐和硫酸盐的一类矿石,如磁铁矿( $Fe_3O_4$ )、赤铁矿( $Fe_2O_3$ )、白铅矿( $PbCO_3$ )、软锰矿( $MnO_2$ )等;硫化矿石,指矿石中所含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;混合矿石,指矿石中含有前三种矿物中的两种

以上的混合物。

### 三、矿石与围岩的工业特性

从矿石与围岩的性质中,对矿床开采影响较大的有以下一些工业特性:

1. 硬度 指矿岩抵抗工具侵入的性能,它与组成矿岩的颗粒硬度、形状、大小、晶体结构及颗粒间胶结物的情况有关。硬度影响凿岩效率,还直接影响矿岩的坚固性和稳固性。

2. 坚固性 它是指矿岩在综合外力作用下,抵抗破碎的一种性能。这种综合外力包括锹、镐、机械破碎及炸药爆破等作用下的力。

矿岩坚固性大小,常用坚固性系数  $f$  值表示。 $f$  相当于普氏硬度系数,是反映矿岩的极限抗压强度、凿岩速度、炸药消耗量等综合指标的平均值。但目前国内常用矿岩的极限抗压强度来表示,即

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

式中  $R$ ——矿岩单轴极限抗压强度,98.1kPa。

3. 稳固性 指的是矿石或岩石在一定暴露面积下和一定暴露时间内不自行垮落的性能。矿岩的稳固性与坚固性既有联系又有区别。一般在节理发育、构造破碎地带,矿岩的坚固性虽好,但其稳固性却大为下降。因此两者的概念不能混同。矿岩的稳固性对确定地压管理方法和选择采矿方法有重大影响。根据矿岩的稳固程度,可分为以下六种情况:

(1)极不稳固的,指掘进巷道或开辟采场时,不允许有暴露面积,否则将出现片帮或冒落现象。

(2)不稳固的,是指矿岩在顶板或两帮暴露时,需要立即支护,或允许不支护的暴露面积只能在  $10\text{m}^2$  以内,长时间暴露仍需支护。

(3)中等稳固的,是指不支护的暴露面积允许在  $200\text{m}^2$  以内。

(4)稳固的,是指允许不支护的暴露面积在  $500\text{m}^2$  以内。

(5)很稳固的,是指允许不支护的暴露面积达  $500 \sim 1000\text{m}^2$ 。

(6)极稳固的;是指顶板允许的暴露面积在  $1000\text{m}^2$  以上。

必须指出,矿岩的稳固性除了与暴露面积和时间发生直接关系外,还与地压大小、节理方向、节理的发育程度,暴露面的形状等有关。因此上述分类仅表明其大致情况,不能作为具体矿山确定矿岩暴露面积。以及计算支柱压力的确切依据。

4. 结块性 是指采下矿石在遇水和受压的条件下经过一段时间后,又粘结成整块的

性能。造成矿石重新结块的因素为：

- 1) 矿石中含有粘土质物质。
- 2) 高硫矿石遇水后，表面氧化形成具有粘性的硫酸盐薄膜。

矿岩的结块性将给放矿、装载、运输等作业带来困难，甚至影响某些采矿方法的使用。

5. 氧化性 是指硫化矿石在水和空气的作用下改变为氧化矿石的性质。硫化矿石采下后储存时间过久就要氧化。矿石氧化后将降低选矿的回收指标。

6. 自燃性 含硫在 18 ~ 20% 以上的高硫矿石具有自燃性。它与空气接触而氧化时，将放出大量热量，这些热量积聚到一定程度会引起自燃而酿成火灾。因此在开采具有自燃性矿床时，对采矿方法选择应提出特殊要求。

7. 含水性 它是指矿岩吸收和保持水分的性能。这与矿岩的孔隙度及节理存在的状况有关。矿岩具有含水性对于落矿、放矿、矿石运输、箕斗提升及矿仓储存等均有较大的影响。

8. 碎胀性 矿岩在破碎后其体积比在原岩状态下要增大，这种性质称为碎胀性。矿岩的碎胀性通常用碎胀系数(或松散系数)来表示，它表示破碎后的体积与原矿岩体积之比。一般矿岩碎胀系数的范围是：硬和极硬岩石为 1.45 ~ 1.80；中硬岩石为 1.4 ~ 1.6；砂质粘土为 1.2 ~ 1.25。

这里所说的是指落矿以后的一次碎胀。当再装入容器中，由于二次松散其碎胀性系数常可达 1.8 ~ 2.0。

## 第二节 金属矿床的工业特征

### 一、金属矿床的埋藏要素

金属矿床的埋藏要素，通常是指矿床中矿体的走向长度、厚度、倾角及延伸深度等。

1. 矿体走向长度 它是指矿体在水平方向上延伸的长度。不同标高水平上矿体走向长度常是变化的。因此提及矿体走向长度时，必须指明是矿体的平均走向长度还是各阶段水平上的走向长度。

2. 矿体厚度 它是指矿体上盘与下盘之间的垂直距离或水平距离。前者称为垂直

厚度(或真厚度);后者称为水平厚度(图 1-1)。通常对急倾斜矿体用水平厚度,而对倾斜、缓倾斜、水平矿体用垂直厚度。两者之间有以下的关系式:

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

式中  $a$ ——矿体的垂直厚度, m;  
 $b$ ——矿体的水平厚度, m;  
 $\alpha$ ——矿体的倾角, 度。

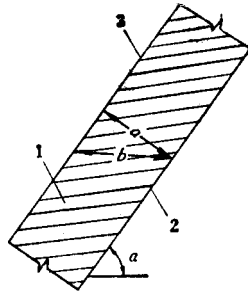


图 1-1 矿体的水平厚度和垂直厚度

1—矿体;2—矿体的下盘;3—矿体的上盘

3. 矿体倾角 一般分为真倾角与伪倾角。真倾角通常就称倾角,是指矿体下盘接触面上的真倾斜线与其水平投影线之间的夹角,如图 1-2 中的  $\angle ACB$ ;而伪倾角则是指伪倾斜线与水平投影线之间的夹角,如图 1-2 中的  $\angle AEB$ 、 $\angle ADB$ 。真倾角与伪倾角之间存在着以下的关系式:

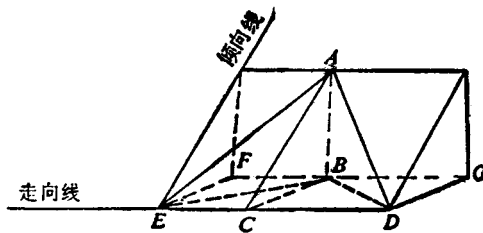


图 1-2 矿体的真倾角与伪倾角

$$\operatorname{tg} \gamma = \sin \gamma \operatorname{tg} \alpha \quad (1-3)$$

式中  $\gamma$ ——伪倾角,即之  $\angle AEB$ 、 $\angle ADB$ ;  
 $\beta$ ——伪倾斜线的水平投影线与走向线之间的夹角,即  $\angle EBF$ 、 $\angle DBG$ ;  
 $\alpha$ ——真倾角,即  $\angle ACB$ 。

4. 矿体延伸深度 它是指矿体的上部界限至下部界限之间的垂直距离或倾斜距离, 分别称之为垂直高度和倾斜长度, 简称垂高和斜长。从地表面至矿体上部界限的垂直距离称为埋藏深度( 图 1-3 )。

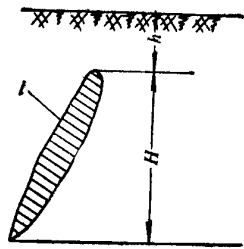


图 1-3 矿体的延伸深度和埋藏深度  
 $l$ —矿体;  $h$ —埋藏深度;  $H$ —延伸深度

二、金属矿床的分类

金属矿床的形状, 厚度及倾角, 对于矿床的开拓和采矿方法的选择关系十分密切。因此, 金属矿床常按其矿体的形状, 厚度和倾角进行分类。

1. 按矿体的形状分类 从矿床开采的角度, 将矿体的形状可以分为以下三类。

(1) 层状矿床: 这类矿床多为沉积或变质沉积矿床, 其特点是规模较大, 赋存要素和有用矿物成分组成稳定, 品位比较均匀, 在一定程度上给矿床开采造成有利条件, 多见于黑色金属矿床( 图 1-4a )。

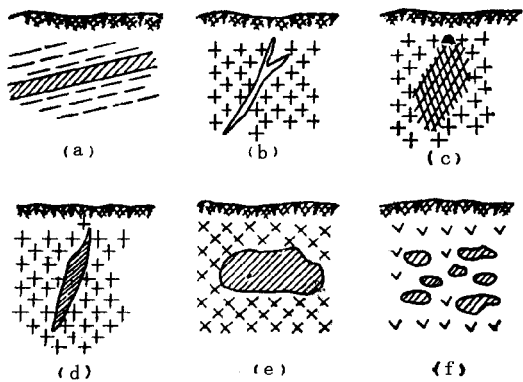


图 1-4 矿体形状  
(a) 层状矿床; (b) 脉状矿床; (c) 网脉状矿床;  
(d) 透镜状矿床; (e) 块状矿床; (f) 巢状矿床

(2)脉状矿床:这类矿床主要赋存于热液和气化作用形成的矿床中,其特点是矿岩接触处有蚀变现象,赋存要素不稳定,有时呈网脉状,有用成分含量不均匀。有色,稀有及贵重金属矿床多属于此类(图 1-4b、c)。

(3)块状矿床:这类矿床多见于热液充填、接触交代、分离和气化作用形成的矿床中。其特点是矿体大小不一,形状呈不规则的透镜状、矿巢状、块状等产出,矿体与围岩的界限不明显。铜、铅、锌等有色金属矿床多属于此类(图 1-4d、e、f)。

开采脉状和块状矿床时,布置巷道应有利于探矿,以便充分回收矿产资源。

2. 按矿体倾角分类 矿体按倾角可以分为以下四类。

(1)水平和微倾斜矿体:倾角小于  $3^\circ$ ;

(2)缓倾斜矿体:倾角在  $3^\circ \sim 30^\circ$  之间;

(3)倾斜矿体:倾角在  $30^\circ \sim 50^\circ$  之间,

(4)急倾斜矿体:倾角大于  $50^\circ$ 。

矿体的倾角与采场的运搬方式关系十分密切。在开采水平和微倾斜矿体时,各种有轨或无轨设备均可直接进入采场。而采缓倾斜矿体时,要用人力,电耙或运输机运搬。采倾斜矿体时,可借用溜槽,溜板或爆力运搬。只有采急倾斜矿体时,才可利用矿石自重的重力运搬。但必须指出,这种分类方法只是相对的,随着无轨设备和其它机械设备的推广应用,按矿体倾角分类的界限,必然会发生相应的变化。即使是在能利用自重运搬的条件下,也有广泛应用机械设备来装运矿石的。

此外,矿体倾角对选择开拓方法、采矿方法也有很大影响。

3. 按矿体厚度分类 矿体按厚度通常划分为五类。

(1)极薄矿体:厚度在 0.8m 以下。开采此类矿体时,为创造正常的工作空间,均需采掘部分围岩。

(2)薄矿体:厚度在 0.8~5m 之间。采此类矿体,在缓倾斜条件件下,可用单分层进行回采,单分层厚度即为人工支柱的最大允许厚度,而在倾斜和急倾斜条件下,回采时可无需采掘围岩。

(3)中厚矿体:厚度在 5~15m 之间,开采中厚矿体时,一般用浅孔或中深孔落矿,且矿块长度方向布成沿走向。

(4)厚矿体:厚度为 15~50m。其开采时一般用中深孔或深孔落矿,矿块长度方向可作沿走向布置或垂直走向布置。

(5)极厚矿体:厚度为 50m 以上。开采这类矿体时,一般都用深孔,且矿块作垂直走向布置。而当矿体厚度大于 50~60m 时,布成两排垂直走向矿块,两排矿块间留沿走向矿柱。



矿体厚度与矿块布置方式的关系,见图 1-5。

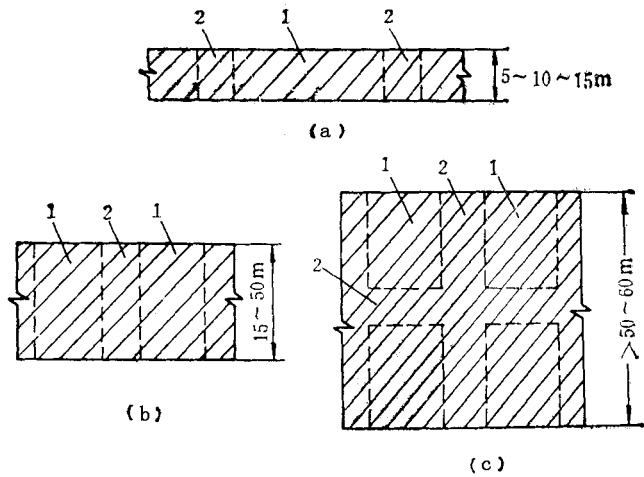


图 1-5 矿块的布置方式

(a)矿块沿走向布置;(b)矿块垂直走向布置;  
(c)矿块垂直走向布置且留沿走向矿柱向矿柱  
1—矿房;2—矿柱

### 三、金属矿床的工业特征

对矿床开采有较大影响的矿床工业特征是：

1. 矿床的赋存条件不稳定 在同一矿体内,沿走向或倾斜方向上共厚度、倾角经常行较大的变化,且常出现尖灭、分枝、复合等现象,再加矿体形状不稳定,使开采工作复杂化。
2. 矿物组成和矿石品位变化大 金属矿床在矿体走向和倾向线上,矿物组成和矿石品位也经常变化。这种变化有时表现出有一定规律,有时则显示复杂多变。甚至还经常存在有夹石。有些硫化矿床在同一矿体内,矿石产生分带现象。这些都要对采矿提出特殊的要求。
3. 地质构造复杂 在矿床中经常有断层、褶皱、破碎带及穿入矿体的岩脉等地质构造存在,有些矿床水文地质条件很复杂,这些都给采矿和探矿工作增加了困难。
4. 多数矿床矿岩都比较坚硬 需要用凿岩爆破方法来达到破碎崩落,这给实现综合机械化开采,造成一定的困难。
5. 某些矿床大量含水 矿床含水大不仅会降低矿岩的稳固性,增加采下矿石结块和堵塞漏斗的机会,给回采工作带来实际困难,而且也给排水工作增加了难度。

## 第二章 金属矿床地下开采原则

### 第一节 矿床开采单元的划分

为了有计划有步骤地开采矿床,必须对矿床从空间上划分成一定大小的开采单元,以作为设计和组织生产的基础。通常,开采缓倾斜,倾斜与急倾斜矿床时,将其划分成井田、阶段和矿块;开采水平或微倾斜矿床时,将其划分成井田、盘区和采区。矿块和采区就是最基本的开采单元。由于在矿块和采区内主要从事回采作业,故矿块和采区又称回采单元。

#### 一、矿田和井田

划归一个矿山企业开采的矿床或其一部分,称为矿田;而在一个矿田范围内,划归一个矿井(或坑口)开采的矿床或其一部分,称作井田。矿田有时等于井田,有时包括几个井田。

矿井(或坑口)是地下开采的矿山企业内部的独立生产经营单位。

井田尺寸是矿床开采中的一个重要参数。在倾斜和急倾斜矿体中,用沿走向长度  $L$  和沿倾斜长度(或垂直深度)  $H$  来表示。在水平和微倾斜矿体中,则用长度  $L$  和宽度  $B$  来表示。

井田尺寸大小,一般应根据国民经济的需要、矿床的自然条件以及技术经济合理性作综合分析确定。如金属矿床范围不入、地表地形条件复杂,多数情况下就以矿床界限

或地表地形条件：来作井田的划界。开采一个很大的矿床时，则确定合理的井田范围尚应考虑以下因素：国家对基建时间和矿山规模的要求、矿床的勘探程度、矿床的埋藏特征、矿区地表地形条件以及基建和以后生产时期最佳的经济效果。

从保证一个井田有足够的储量并方便生产管理考虑，一般取矿体走向长度为 500 ~ 800 至 1000 ~ 1500m，深度为 500 ~ 600m，划作一个井田是合理的。

二、阶段和矿块

1. 阶段和阶段高度 在开采缓倾斜、倾斜和急倾斜矿体时，从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一个个长条形矿段，这个矿段就称为阶段。阶段沿走向以井田边界为限，沿倾斜以上下两个相邻的主要运输巷道为限(图 2-1)。

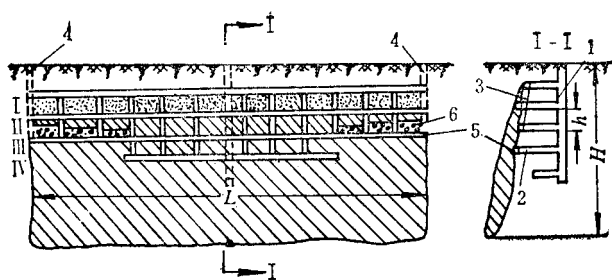


图 2-1 阶段和矿块的划分

I—已采完阶段；II—正在回采阶段；III—开拓、采准阶段；IV—开拓阶段；

H—矿体垂直延伸深度；h—阶段高度；L—矿体的走向长度

1—主井；2—石门；3—天井；4—排风井；6—阶段运输巷道；6—矿块

上下两个相邻的主要运输巷道底板之间的垂直距离，称为阶段高度。相邻两个主要运输巷道沿矿体的倾斜距离，称为阶段斜长。后者常在开采缓倾斜矿体时应用。

阶段高度的范围变化很大，应根据矿床的埋藏条件、矿石和围岩的稳固性以及采矿方法的要求等因素来确定。当开采缓倾斜矿体时，阶段高度一般小于 20 ~ 25m，开采急倾斜矿体时，通常为 40 ~ 60m，条件有利时可达 80 ~ 120m。

2. 矿块 在阶段范围内，根据采矿方法的要求，沿走向每隔一定的距离掘进天井，连通上下相邻的阶段运输巷道，将阶段再划分成若干较小的块段，这种块段称为矿块。矿块是独立的回采单元，与采矿方法关系极为密切，因此，对其结构和参数将在以后研究采矿方法时再行论述。

### 三、盘区和采区

1. 盘区 当开采水平和微倾斜矿床时,若矿体的厚度没有超过允许的阶段高度,则在井田内可不再划分阶段。此时,为进行采矿工作,在井田内用沿走向的平行盘区运输巷道将井田划分为长条形矿段,此矿段称为盘区(图 2-2)。显然,盘区和阶段是属同一性质。盘区是以井田边界为其长度,以相邻两条盘区运输巷道之间的距离为其宽度。盘区宽度的大小主要取决于矿床的开采技术条件、所采用的采矿方法以及矿石运搬机械。

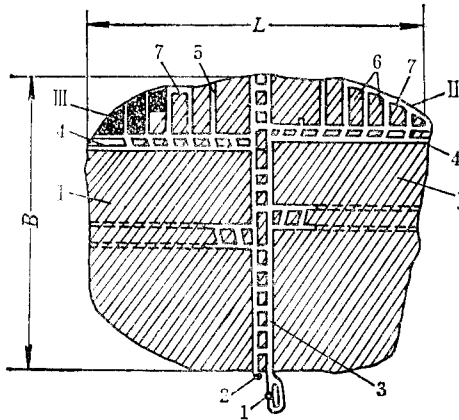


图 2-2 盘区和采区的划分

I—开拓盘区; II—采准盘区; III—回采盘区

1—主井; 2—副井; 3—主要运输巷道; 4—盘区运输巷道;

5—采区巷道; 6—采区; 7—切割巷道

2. 采区 在盘区中沿长度方向每隔一定距离掘进采区巷道,以连通相邻两条盘区运输巷道,将盘区再划分;勾若干独立的回采单元,这种单元称为采区(图 2-2 中 6)。显然,采区又是与矿块同属一个等级范畴。采区的合理结构和参数,亦将在有关采矿方法中研究。

## 第二节 矿床的开采顺序

在开采金属矿床时,不仅要矿床从空间上划分成各级开采单元,而且要在采掘时间上遵循一定的开采顺序。

一、井田间的开采顺序

当矿田内沿走向方向同时划分有几个井田时,各井田间的开采顺序可以是同时开采,依次开采或混合开采。混合开采是指矿田中随着新井田勘探工作的结束,相继投入生产。这时新井田的开采工作与早已投产的老井田的开采工作同时进行。对这三种开采顺序的选择,主要取决于:(1)矿床的勘探程度;(2)矿山年产量的大小;(3)矿井基建投资的多少。

当矿田内沿倾斜方向划分井田时(图 2-3),则一般采取自上而下的下行依次开采顺序或下行混合开采顺序,以有利于逐步勘探矿床的深部,减少初期的基建投资和基建时间。

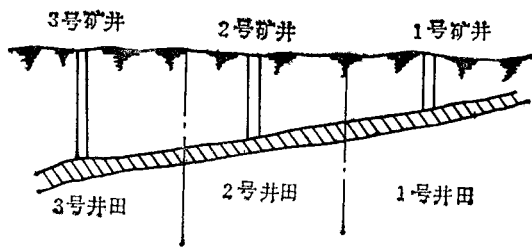


图 2-3 沿矿体倾斜划分井田

二、阶段间的开采顺序

井田中各阶段间的开采顺序,可以采用下行式或上行式。下行式是指先采上部阶段,后采下部阶段的自上而下逐个阶段开采的方式;上行式则相反。

在生产实践中,通常采用下行式开采顺序。这是由于下行式顺序具有很多优点:初期基建投资少,基建时间短,可以同时勘探深部矿床,安全条件好,适用的采矿方法范围广泛。

上行式开采顺序,仅在某些特殊条件下采用。如采缓倾斜矿床,地表无足够排弃废石的场地,利用深部采空区作排废或蓄水使用。

三、阶段中各矿块间的开采顺序

阶段内各矿块间的开采顺序取决于阶段的回采方式。依与主要开拓巷道(主井,平硐)的位置关系,可分以下三种顺序:

1. 前进式开采 当阶段运输巷道掘进到一定距离之后,从靠近主要开拓巷道的矿块开始,逐个依次进行回采,回采总推进方向是背离主要开拓巷道的(图 2-4 中 I)。这种开采顺序的优点是初期基建时间短,投产快,缺点是巷道维护费用大。

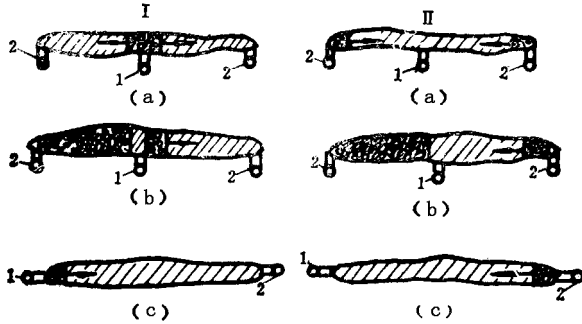


图 2-4 阶段中矿块间的开采顺序

I—前进式开采; II—后退式开采

(a)双翼回采;(b)单翼回采;(c)侧翼回采

1—主井;2—副井

2. 后退式开采 当阶段运输巷道掘进到井田边界后,从井田边界的矿块开始,向主要开拓巷道方向依次进行回采(图 2-4 中 II)。这种开采顺序的优点是能较好地勘探矿床,井田的三级储量储备充足,但也存在着基建时间长、投产慢的缺点。

3. 混合式开采 是指开采初期采用前进式顺序,待阶段运输平巷掘到井田边界后,改为后退式顺序,或者保持既前进又后退同时开采。这种开采顺序能兼有上述两种开采顺序的优点,但生产管理比较复杂。

以上讨论的只是单翼回采或侧翼回采的情况。当主要开拓巷道位于井田中央时,在主要开拓巷道的两翼都可布置回采工作面,这时阶段内的矿块开采顺序就有双翼前进式或双翼后退式,如图 2-4 中(a)。

双翼回采能形成较长的回采工作面,获得较高的产量,从而可以缩短阶段的回采时间,有利于地压管理,故在生产实践中应用最广。

#### 四、矿脉(体)群的开采顺序

当矿床由彼此相距很近的矿脉(体)群组成,并采用矿脉分采时,开采其中一条矿脉,往往将影响邻近的矿脉。确定这种矿脉群的开采顺序,可以区别以下两种情况:

1. 矿脉倾角小于或等于围岩的移动角 当矿脉群的赋存条件处于这种情况时,应采取自上盘向下盘推进的开采顺序(图 2-5)。此时位于采空区下盘的矿脉,不会受到采

动干扰。相反,若先采下盘的矿脉,则使上盘矿脉处在采空区引起的移动带内(图 2-5b)。将给上盘矿脉的开采造成困难。

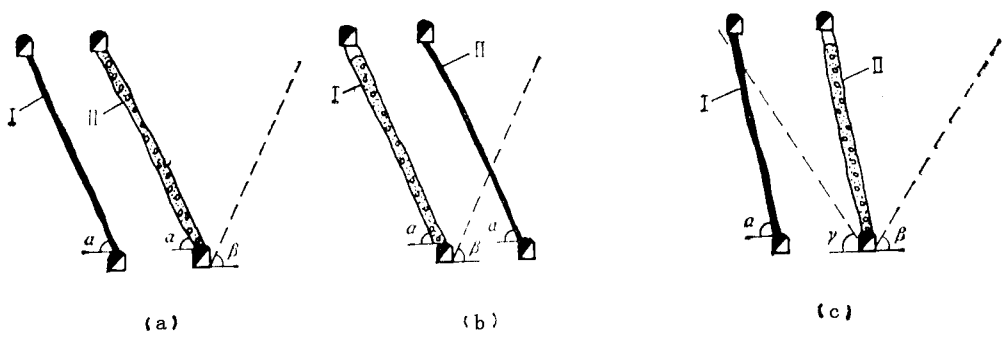


图 2-5 相邻矿体的开采顺序

(a)、(b)矿体倾角小于或等于围岩移动角;(c)矿体倾角大于围岩移动角  
 $\alpha$ —矿体倾角; $\gamma$ —下盘围岩移动角; $\beta$ —上盘围岩移动角  
 I、II—相邻两条矿脉

2. 矿脉倾角大于围岩的移动角 当矿脉群的赋存条件处于上述情况时,无论先采那条矿脉,都会因采空区围岩移动而相互影响(图 2-5c)。对此,应根据矿脉间的夹层厚度、上下盘围岩和矿石的稳固性、所用的采矿方法及相关技术措施等,具体确定其开采顺序。一般情况下,仍采用由上盘采向下盘。如果矿脉间夹层厚度不大,又采用充填法回采时,也可用由下盘采向上盘。

必须指出,在同一个井田内的多个矿体间,往往存在着品位贫富,厚薄不匀、大小不一以及开采条件难易不同等复杂条件。在这种情况下,确定矿体间的开采顺序,应注意贯彻贫富兼采、厚薄兼采、大小兼采及难易兼采的原则。否则,将破坏合理的开采顺序,并造成严重的资源损失。

### 第三节 矿床开采步骤和三级储量

开采金属矿床必须遵循的又一原则是,地下矿山工程应按计划逐步展开,并在时间上、空间上保持一定的超前关系,形成一定的储量储备,以保证矿山企业正常持续地进行生产。

## 一、矿床开采步骤

金属矿床地下开采一般分为开拓、采准、切割和回采四个步骤进行(采准、切割工作关系极为密切,也有主张合并作为一个步骤的)。这些步骤反映了不同的工作阶段。

1. 矿床开拓 是指从地面开掘一系列巷道通达矿体,使地面与矿体之间形成一个完整的通路,以建立提升、运输、通风、排水、供电、供水、供风、行人等系统。矿床开拓就是这些工程的总称,为开拓目的而掘进的巷道,称为开拓巷道。

2. 矿块采准 是指在已完成开拓工程的阶段(或盘区)内,掘进采准巷道,将阶段划分为矿块(或采区),并形成矿块的行人、通风、凿岩、出矿等系统。为这一目的而掘进的巷道、概称采准巷道。

3. 切割工作 是指在已完成采准工作的矿块里,掘进切割、拉底巷道,辟大受矿漏斗等,为大规模落矿开辟自由面和补偿空间,为矿块放矿创造良好的受矿条件。

4. 同采工作 是指在做好以上工作的矿块里,直接进行大量采矿的工作。回采工作主要包括落矿、运搬和地压管理三项作业。

所谓落矿,是指利用凿岩爆破的方法将矿石从矿体中分离下来的过程。运搬,是指矿石自落矿地点移运到阶段运输巷道装载点进行装车的过程。而地压管理,是指对采空区显现的地压采取抗衡或利用的措施。这三项工艺过程将在第九章内进行详细讨论。

上述矿床开采的四个步骤,在空间和时间上都必须密切配合。它们之间在基建时期可以是依次进行,在正常生产时期应是下阶段开拓和上阶段采切同时进行,由采掘技术计划平衡协调统一。为了保证矿山生产能持续均衡地进行,必须使开拓工作超前于采准,采准超前于切割,切割超前于回采,各工作阶段间的超前量应符合国家主管部门规定的标准。这就是矿山工作必须遵循的采掘工作基本方针。

## 二、三级储量

按照我国矿山的经验,矿床各个开采步骤间互为超前的关系,实际上是用获得一定的储量来实现的。因此按开采准备程度,矿石储量可以划分为开拓储量,采准储量和备采储量三级,统称为三级储量。

1. 开拓储量 是指井田中已形成了完整的开拓系统,则为此开拓巷道所圈定的储量,叫做开拓储量,如图 2-6 中第Ⅰ~Ⅲ阶段所获得的储量。

2. 采准储量 它是开拓储量的一部分。凡是矿块(或采区)中完成了采矿方法所规定的采准工程,则该矿块(或采区)所获得的储量,叫做采准储量。



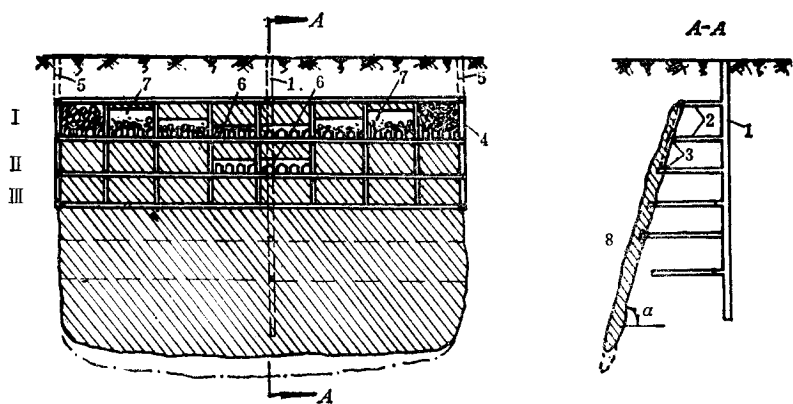


图 2-6 矿床开采的步骤和三级储量

1—主井;2—石门;3—阶段平巷;4—天井;5—副井;  
6—漏斗及拉底;7—矿块;8—矿体

3. 备采储量 它是采准储量的一部分。凡是矿块中完成了采矿方法所规定的切割工程,并能立即开展回采工作的,则该矿块中的储量,叫做备采储量。

保有合理的三级储量,是保证矿山持续正常生产的基础。在矿山工作初期就必须提供。三级储量的定额是以三级储量的保有期限来体现的。三级储量保有期限,就是按规定的矿山年产量开采这三个级别的储量时,它们分别应该具有的生产期限。

表 2-1 是我国地下矿山主管部门所规定的三级储量保有期限。

表 2-1 地下金属矿山三级储量保有期限

储量类别	有色金属矿山定额	黑色金属矿山定额
开拓储量	3a 以上	3 ~ 5a
采准储量	1a 左右	1.5 ~ 2a
备采储量	0.5a 左右	0.5 ~ 1a

## 第四节 矿石损失与贫化

### 一、矿石损失与贫化的概念

1. 损失和损失率 在开采过程中,损失在采场中的未采下和采下的工业矿石或金属

含量,称为损失,用百分数表示的为损失率。

(1)开采损失:在开采过程中与采矿方法、采矿和放矿作业质量有关的矿石损失。

1)未采下损失——回采范围内未能采下和不能回收的残矿及各种矿柱的矿石损失;

2)采下损失——已落矿但未能放出或运出采场的矿石损失。

(2)非开采损失:与开采方法及开采条件无关的矿石损失,主要包括因地质、水文条件、开采技术条件、安全条件等不能开采的矿石损失;或因保护地表和地下工程的永久保安矿柱损失。

2. 贫化和贫化率 在开采过程中由于废石的混入和富矿粉的损失,使出矿品位降低,称为贫化,用百分数表示的为贫化率。采下或放出矿石中所含废石的百分数为废石混入率。

(1)不可免贫化:采矿设计允许采下的围岩或夹石所造成的贫化,称为不可免贫化,或称设计贫化。

(2)可免贫化:采矿设计不允许采下或混入的围岩、夹石及人为的废石混入所造成的贫化,称为可免贫化。按生产阶段又分为:

1)采矿贫化——即回采时造成的矿石贫化,或称为一次贫化。

2)放矿贫化——即放矿时造成的矿石贫化,或称为二次贫化。

## 二、矿石损失与贫化的计算方法

对地下开采的采场和各种采矿方法,均应计算采矿(一次)、出矿(二次)和总的矿石损失率、金属损失率、贫化率和废石混入率。

1. 一次损失 指回采范围内未能采下的矿石所造成的损失

(1)一次矿石损失率  $P'_0$ ;

$$P'_0 = \frac{Q'}{Q} \times 100\% \quad (2-1)$$

式中  $Q$ ——采场二次圈定的地质储量,t;

$Q'$ ——采场未采下的矿石量,t,浅孔回采时由分层实测确定,中深孔或深孔回采时按爆破设计落矿范围确定。

(2)一次金属损失率  $P'_M$

$$P'_M = \frac{QC - Q_B C_B}{QC} = \left(1 - \frac{Q_B C_B}{QC}\right) \times 100\% \quad (2-2)$$

式中  $Q_B$ ——采场采下矿岩量,t;浅孔回采时由分层实测确定,中深孔或深孔回采时按爆破设计落矿范围确定;

$C$ ——采场二次圈定的地质品位, %;

$C_B$ ——采场采下矿岩的混合品位, %。

2. 二次损失 指放矿(或出矿)的矿石损失

(1) 二次矿石损失率  $P''_0$

$$P''_0 = \frac{Q'_B}{Q_B} \times 100\% \quad (2-3)$$

式中  $Q'_B$ ——采场放矿(或出矿)时损失的采下矿岩量, t。

(2) 二次金属损失率  $P''_M$

$$P''_M = \frac{Q_B C_B - TC'}{Q_B C_B} = \left(1 - \frac{TC'}{Q_B C_B}\right) \times 100\% \quad (2-4)$$

式中  $T$ ——采场出矿量, t, 由出矿计量确定, 并按选厂实际处理矿量调整;

$C'$ ——采场出矿品位, %; 由出矿取样确定, 并按选厂实际处理品位调整。

3. 总损失

(1) 矿石总损失率  $P_0$

$$P_0 = \frac{Q' + Q'_B \left(1 - \frac{R}{Q_B}\right)}{Q} \times 100\% = P'_0 + P''_0 - P'_0 P''_0 \quad (2-5)$$

式中  $R$ ——采场采下废石量, t; 浅孔回采时由分层实测确定, 中深孔或深孔回采时按爆破设计落矿范围确定。

(2) 金属总损失率  $P_M$

$$P_M = \frac{QC - TC'}{QC} = \left(1 - \frac{TC'}{QC}\right) \times 100\% \quad (2-6)$$

4. 一次贫化 指回采时造成的矿石贫化。

(1) 一次废石混入率  $\rho'$

$$\rho' = \frac{R}{Q_B} \times 100\% = \frac{C - C_B}{C - C_\gamma} \times 100\% \quad (2-7)$$

式中  $C_\gamma$ ——围岩品位, %。

(2) 一次贫化率  $\gamma'$

$$\gamma' = \frac{C - C_B}{C} \times 100\% \quad (2-8)$$

5. 二次贫化 指放矿(或出矿)时造成的贫化

(1) 二次废石混入率  $\rho''$

$$\rho'' = \frac{R'}{T} \times 100\% = \frac{C_B - C'}{C_B - C_\gamma} \times 100\% \quad (2-9)$$

式中  $R'$ ——采场出矿混入废石量, t; 由实测确定。

(2) 二次贫化率  $\gamma''$

$$\gamma'' = \frac{C_B - C'}{C_B} \times 100\% \quad (2-10)$$

6. 总贫化

(1) 废石总混入中  $\rho$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{R' + R \left( 1 - \frac{Q_B}{Q_B} \right)}{T} \times 100\% = \rho' + \rho'' - \rho' \rho'' \\ &= \frac{C - C'}{C - C_\gamma} \times 100\% \end{aligned} \quad (2-11)$$

(2) 总贫化率  $\gamma$

$$\gamma = \frac{C - C'}{C} \times 100\% \quad (2-12)$$

### 三、降低矿石损失与贫化的措施

矿石的损失贫化指标,是评价矿床开采的主要指标之一,直接关系到企业的经营效益和矿产资源的回收利用,在设计和生产中必须引起高度重视。矿石损失的增大,不仅增加了单位采出矿石的成本,而且对有自燃性的矿石,还可能引起地下火灾。随着贫化的增大,矿石品位下降,会造成矿石品级下降,不但影响矿石售价,还更影响选矿回收率。所以为提高回收、降低贫化起见,一般采取以下的原则措施:

(1) 加强矿山生产时期的地质、测量工作,及时为采矿设计和生产提供可靠的原始资料,以便正确划定采掘界线,减少矿石丢失量和废石混入量。

(2) 正确选择开拓方法,尽量避免留保安矿柱和矿石多次转运,以减少工业储量和粉矿的损失。

(3) 选择合理的开采顺序,及时回采矿柱和处理采空区。

(4) 正确选择采矿方法及其结构参数,特别是底部结构和凿岩爆破的参数,针对各类采矿方法的特点,改进工艺方法,加强损失贫化管理。

(5) 提高作业人员的操作技术水平,定期检查分析整改。

## 第五节 矿床开采强度和矿井生产能力

### 一、矿床开采强度

矿床开采强度是衡量矿床开采快慢的一项指标。当井田范围和矿床埋藏条件一定时,矿床开采强度取决于开拓、采准和切割工作的连续性以及回采强度。

开采顺序对矿床开采强度也有较大影响。井田以前进式开采时,以开拓、采准、切割工作速度对开采强度的影响为主,当井田以后退式开采时,则以回采工作速度的影响为主。

为了对类似条件下的矿床开采强度进行比较,通常采用以下两项强度指标:

1. 回采工作年下降深度 这项指标是针对一定条件的矿床,按矿山测量人员年初及年终测定的数据、采出矿石量及矿体水平面积推算确定的一年垂直下降距离。它是一个抽象的概念,不能反映下降深度的具体位置,但对比较验证矿山生产能力恰是一项有用的指标。

年下降深度可按下列公式计算:

$$h = \frac{A(1 - \rho)}{S\gamma K} \quad (2 - 13)$$

式中  $h$ ——年下降深度, m;

$A$ ——矿井的生产能力, t/a;

$S$ ——矿体水平面积,  $m^2$ ;

$\gamma$ ——矿石体重,  $t/m^3$ ;

$\rho$ ——废石总混入率, %;

$K$ ——矿石总回收率, %。

当其它条件相同,回采工作年下降深度随矿体厚度减少、倾角增大、同时开采的阶段数目增多而增大。采用高效率采矿方法,年下降深度增加。在一般情况下单阶段回采平均的年下降深度为 15 ~ 20m,双阶段回采平均为 20 ~ 30m。

必须指出:年下降深度是指整个矿体的下降深度,包括矿房与矿柱同时下降。但往往因矿柱回采工作复杂,拖延时间较长,影响年下降深度的确定。对于多个矿体,由于大小、形态不一,作单独计算或折合计算的结果波动幅度都较大。因此,正确选用年下降深

度这项指标只适宜于矿体规整单一和厚大类型的矿床。

2. 开采系数 有些矿山,利用每一  $\text{m}^2$  矿体水平面积上每年(成月)采出的矿石吨数,来作为矿床开采强度的评价指标。这种表示方法,称为开采系数。它的表达式为

$$C_k = \frac{A}{S}, \text{t/m}^2 \cdot \text{a} \quad (2-14)$$

式中  $C_k$ ——开采系数,  $\text{t/m}^2 \cdot \text{a}$ ;

$A$ ——矿井年生产能力,  $\text{t/a}$ ;

$S$ ——矿体水平面积,  $\text{m}^2$ 。

这种表示方法,由于只牵涉面积一项参数,忽略了厚度与倾角的影响,故能适合于形态比较复杂的矿体。

## 二、矿井生产能力

矿井生产能力是指矿井在正常生产时期,单位时间内能采出的矿石量,如以年作计算单位,则为矿井年产量,以日作计算单位,则为矿井日产量。

对联合企业,如采选联合企业、采选冶联合企业,上级主管部门常按年生产的精矿量或金属量作为任务下达。此时,应将精矿量或金属量按比例折算为合格的采出矿石量,作为矿井年产量。

矿井生产能力,是矿床开采的主要技术经济指标之一。它决定了矿井建设的规模,并直接关系到矿山建设的达产时间,产品产量、正常生产能力的持续时间和经济效益;除此以外,矿井生产能力还会对国家计划的完成和国民经济的发展带来一定的影响。

合理地确定矿井生产能力,是矿山建设中的一个重要问题。它必须正确地贯彻党和国家的方针政策,经过深入地调查研究,使确定出的矿井生产能力既能满足国家建设的要求,又符合客观实际情况。

矿井生产能力,一般是根据矿床地质条件、资源条件、技术经济条件(包括井田或坑口既可能而又合理的采矿生产能力),并综合分析经济、技术、安全和时间等因素后做出确定的。它既要具体地体现国家的技术经济政策,又要最大限度地满足国民经济高速度发展的需要。

矿井生产能力通常是由上级主管部门根据发展国民经济计划、市场需求和资源条件,从设计任务书中下达给矿山。生产矿山要按回采工作条件、回采工作年下降深度及经济合理的服务年限等进行验证,并据以安排采掘技术计划。

矿井生产能力与矿井服务年限、矿床工业储量之间,有如下的关系:

$$A = \frac{QK}{T(1 - \rho)} \tag{2 - 15}$$

式中  $A$ ——矿井生产能力, t/a;  
 $Q$ ——矿床工业储量, t;  
 $T$ ——矿井服务年限, a;  
 $K$ ——矿石总回采率, %;  
 $\rho$ ——废石总混入率, %。

根据上述关系,当矿床工业储量一定时,若过分增大矿井生产能力,势必大大缩短矿井服务年限,这在经济上是不合理的。大的矿井生产能力,要求配备大型设备,大型建筑、构筑物,开掘大断面井巷,因而必然导致基建投资增加,而服务年限缩短以后,必然引起固定资产折旧摊销额增大,从而增加矿石成本。相反,若矿井生产能力过小,矿井服务年限过长,设备效率不能充分发挥,且维护费用大量增加,也对经营效果不利。由此可见,矿井生产能力与相应的矿井服务年限之间有经济上的最优值,这就是经济上合理的矿井生产能力与服务年限。

我国金属矿山关于经济上合理的矿井生产能力与服务年限间的综合资料,列于表 2-2。

表 2-2 经济上合理的矿井生产能力和服务年限

矿山规模	矿井生产能力( 10 <sup>4</sup> t/a )		矿井服务年限 ( a )
	黑色金属矿山	有色金属矿山	
大型	> 100	> 100	> 30
中型	30 ~ 100	20 ~ 100	> 20
小型	< 30	< 20	> 10 ~ 15

第六节 对开采金属矿床的要求

在社会主义产品经济条件下,开采金属矿床,除了要对开采本身提出基本要求,还要考虑保护环境和提高开采技术水平问题。

一、对矿床开采的基本要求

1. 确保矿床开采工作的安全及良好的劳动作业条件 安全生产和良好的劳动作业

条件是社会主义企业经营的重要准则之一。采矿作业环境的特殊性,决定了保证工人、设备、设施以及整个矿井安全的重要性。改善劳动作业条例,正是为了获得矿床的安全开采。所以,保证安全和创造良好的劳动条件必须成为设计矿床开采和组织施工的重要原则。

2. 大力提高劳动生产率 采矿生产过程的复杂性和繁重性,使消耗在单位产品上的劳动虽比重仍然较大,因而影响采矿成本的下降和井下作业人员的减少。设计矿床开采时,必须寻求高效率的采矿方法,采用先进的技术和工艺,不断提高综合机械化和自动化水平,加强科学管理,以促进劳动生产率进一步提高。

3. 不断提高矿床开采强度 提高开采强度实质是加速矿床开采速度,不仅有利于完成和超额完成国家下达的任务,亦为降低巷道的维护费用及非生产性开支创造了条件,对促进生产安全也有明显作用。

4. 矿石的损失与贫化要小 矿产资源开采后是不能再生,矿井一次性采后原则上也就处理闭坑,所以要求矿床开采时,坚持严格设计,严格施工,使矿损与贫化保持在设计允许范围之内。这样,不仅可提高金属采收率,降低矿石的生产和加工费用,亦能杜绝采自燃性矿石的火灾隐患。

5. 矿石的开采成本要低 矿石成本是评价矿床开采工作的一项重要的综合性指标,它反映出劳动消耗、材料和动力消耗及生产经营管理的水平。只有不断的提高劳动生产率,提高采出矿石的品位,降低各种非生产性开支,矿石的开采成本才有可能降低。

## 二、对环境保护的要求

1. 保护矿区周围环境不受破坏损害 矿区往往是人口密集的地段,开采或开采后经过恢复美化可以改造利用。所以,矿床开采要求对环境做好保护,保持生态平衡,使周围大气、森林、水域等自然资源及重要的建筑物、名胜古迹、珍贵遗址等不受破坏损害。

2. 消除三废对环境的污染 矿井排出的废气,应排送到远离居民住宅的地段,含有害杂质的矿井废水,包括选厂尾矿废水在排放前必须先行净化,不得污染农田、水域,采出的废石和选厂的尾砂,炼厂的炉渣应尽量利用于充填采空区,尤其是采钾盐矿山,为防止土壤盐碱化,更应注意回填。

3. 对受开采破坏的农田、土地做好复土利用 要做好这一点,必须在每个开采单元工作结束后,及时进行采空区处理。

## 三、对提高开采技术水平要求

目前,随着采矿科学技术的不断发展,先进矿山与传统矿山之间、大型矿山与地方中



小型矿山之间的差距已日显突出,直接影响生产能力和产品质量的进一步提高。为了迅速扭转这种局面,必须从以下几个方面着力抓开采技术水平和水平的提高。

1. 实现或完善矿山基本生产过程的机械化或综合机械化 矿山生产的基本过程是井巷掘进和矿块回采,实现这两大过程的机械化或综合机械化,对于加快掘进速度、提高生产能力、改善劳动条件、确保安全生产具有十分重要的作用。当然,有条件的矿山,也要求对辅助生产过程实现机械化。

2. 逐步实现工艺系统和主要生产环节的自动化 目前国外在矿井提升、运输、通风、排水、压气及矿石破碎等设备方面已达到了相当高的自动化水平,我国部分矿山也已开始实现。这对于促进生产的正常化,实现企业的管理现代化,关系十分重大。从我国的现状出发,就是如何推广运用这一经验,使之发展并逐步实现开采工艺系统和主要生产环节的自动化。

3. 实现矿山企业管理的现代化 矿山企业在实现生产工艺设备自动化的同时,必然要研究组织管理的自动化。这就是用技术手段收集和传送信息,使用电子计算机处理信息和做出决策,如实施矿山工作计划、调度管理、物资供应和产品销售等全部自动化管理。

## 第三章 露天开采的基本概念

### 第一节 概 述

依照矿床的赋存条件,有的矿床规模很大、埋藏较浅,甚至出露地表,只要将上覆土岩层及部分两盘围岩剥离掉,不需掘进大量的井巷,就可以从地表直接挖掘出有用矿物。这种开采方法属于露天开采。

露天开采由于生产空间不受限制,作业条件好,为采用大型或特大型的矿山设备和实行机械化生产创造了有利条件,因而,开采强度很大。

露天开采可以分为机械开采和水力开采两类。前者主要是对坚硬矿岩而言,需用穿孔爆破、机械铲装;而后者是对疏松土岩,可以用高压水直接冲采,直接输送。机械开采根据岩石移运方式的不同,又分布轨运输开采法、无轨运输开采法和两者混合开采法。

露天开采与地下开采相比,具有显著的优点:

1. 建设速度快 从国内外建设金属矿山的情况来看,建设一个大型露天矿(年产100万t以上),一般只需2~4a时间,最快的只要几个月即可建成投产;而建设同样规模的地下矿山,其基建时间要增长一倍左右;

2. 劳动生产率高 露天矿山由于能采用大型或特大型、高效率的机械设备(目前,大中型露天矿已普遍使用 $4\sim 6\text{m}^3$ 电铲,个别大型露天矿已使用 $6\sim 13\text{m}^3$ 电铲;国产穿孔设备孔径已达 $\phi 380\text{mm}$ ,一次连续钻深16.5m;运输用的汽车大都采用30~60t),劳动生产率比地下开采高出2~10倍;

3. 开采成本低 由于露天矿作业区范围大,有利于进行大规模机械化开采。金属矿露天开采的成本仅为地下开采成本的  $1/3 \sim 1/2$ ,这对开采低品位的矿石,更为有利;

4. 矿石损失贫化小 金属露天矿,一般矿石的损失率为  $3 \sim 5\%$ ,贫化率为  $5 \sim 8\%$ ;而地下开采,矿石损失率为  $15 \sim 25\%$ ,贫化率为  $3 \sim 15\%$ ;因而露天开采对充分回收国家的地下矿产资源有利。

5. 木材用量少 露天开采不存在空区支护问题,因此每采出  $1\text{kt}$  矿石,平均只耗用  $0.1\text{m}^3$  木材(铁路运输时为  $0.8\text{m}^3$ );而地下开采,每采出  $1\text{kt}$  矿石,则要平均耗用  $15\text{m}^3$  木材。

6. 生产安全,劳动条件好 这对于开采有自燃倾向的矿石、涌水大的矿床,更显重要。它的缺点是:

1. 占用土地多,影响农田使用 地表因露天开采而被破坏或覆盖的范围,以及环境受污染的范围,远比地下开采为大;

2. 受气候的影响大 暴雨、飓风、严寒等都可能影响生产;

3. 初期投资大 包括购置大型设备、征购土地及初期剥离等。

露天开采以它在经济上、技术上明显的优越性,决定了它在矿床开采领域内具有优先发展的总趋势。因此,凡是有条件采用的矿床,都应该首先采用。但是,露天开采也并不是在一切条件下经济上都是合理的。从矿山设计和技术经济方面衡量,露天开采采出矿石的成本当高于地下开采采出矿石的成本时,露天开采不应取代地下开采,尤其是对埋藏较深的矿床,一般只宜用地下开采。

目前我国开采各类矿石的露天矿约有 1500 个,其中重点铁矿 40 个,重点有色金属矿  $1_2$  个。根据 1981 年统计,露天开采的矿石量占有关工业部门矿石总产量的百分比:铁矿石为  $86.4\%$ ,黑色冶金辅助原料矿石为  $90.5\%$ ,有色金属矿石为  $49.6\%$ ,化工原料矿石为  $70.7\%$ ,而建筑材料则为  $100\%$ 。

国外露天矿目前向规模、设备大型化,工艺连续化及半连续化,开拓方式多样化,生产管理现代化的方向发展。

## 第二节 露天开采名词术语

### 一、一般名词术语

1. 露天矿 用露天法开采矿石的矿山企业,有时指露天采场。

2. 露天采场 用矿山设备进行剥离及采矿的场所。

3. 山坡露天采场与深凹露天采场 在地表封闭圈以上的山坡部分进行露天开采的场所称山坡露天采场。在地表封闭圈以下的,称深凹露天采场(图 3-1)。

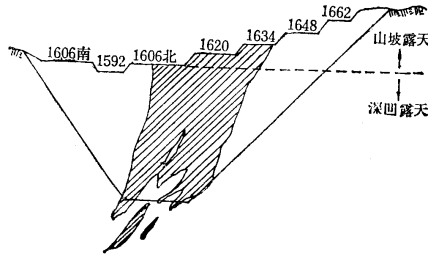


图 3-1 山坡露天采场与深凹露天采场示意图

4. 露天矿田 划归一个露天矿开采的矿床范围或其一部分。

5. 剥离 为揭露矿体,将表土及围岩采出的作业称剥离。上述表土及围岩统称为剥离物。

## 二、露天采场构成要素的名词术语

1. 露天开采境界 系指采场开采某时期或终了时的空间轮廓。开采境界包括地表境界线、边帮和底部境界线。开采境界又有最终开采境界线和分期开采境界线之分。

采场边帮与地表轮廓的交线称地表境界线(图 3-2 中的  $B$ 、 $C$  点);采场边帮与露天底的交线称底部境界线(图 3-2 中的  $E$ 、 $F$  点); $EF$  即露天底或坑底。

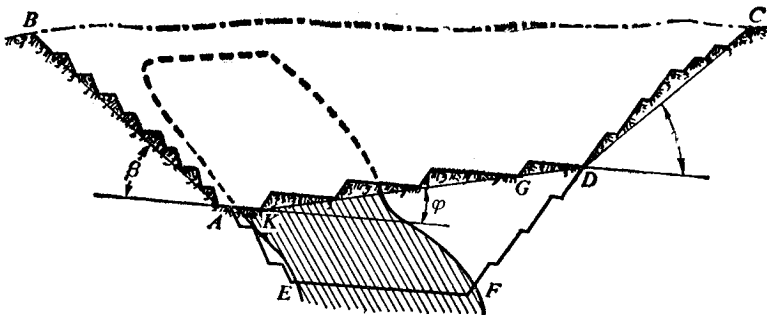


图 3-2 露天采场构成要素图

2. 台阶 也称阶段,是开采过程中,为适应采掘设备及运输设备的正常作业要求,将覆盖层、围岩及矿体划分成一定高度的分层。

台阶是露天采场的基本构成要素之一,是进行独立剥采作业的单元体。露天采场就是由一系列保持一定超前关系的台阶组成,它的空间形态形成阶梯状。台阶通常以其下部平台的标高,命名为 $\times\times$ 水平。

台阶的基本要素示如图 3-3。上下为工作平台,或称工作平盘;台阶朝向采空区一侧的倾斜面称台阶坡面,它与水平面的夹角称台阶坡面角;台阶上部平台与坡面的交线称台阶坡顶线,台阶下部平台与坡面的交线称台阶坡底线;上下平台之间的垂直间距称台阶高度。

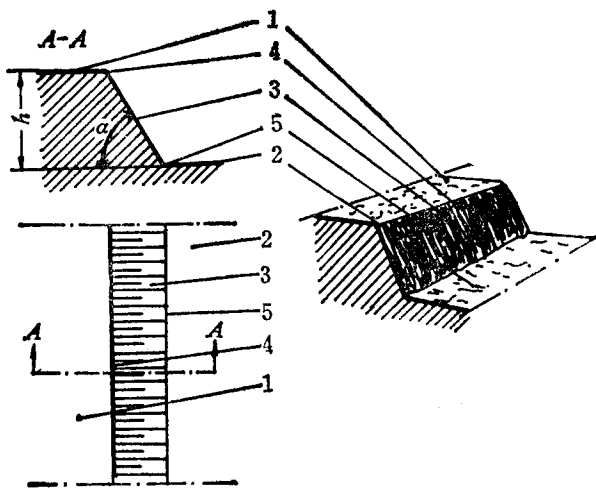


图 3-3 台阶基本要素示意图

1—上部平台;2—下部平台;3—台阶坡面;4—台阶坡顶线;5—台阶坡底线;  
 $h$ —台阶高度; $a$ —台阶坡面角

3. 边帮 露天采场四周的坡面,亦即由采场内各个台阶坡面、倾斜干线的坡面及平台所组成的表面总体。位于矿体上盘一侧的边帮称为顶帮(图 3-2 中的  $CDK$ );位于矿体下盘一侧的边帮称为底帮(图中  $AB$ );位于矿体走向两端的边帮称为端帮。

边帮分工作帮与非工作帮。由正在进行开采的和将要进行开采的工作台阶所组成的边帮或边帮的一部分称为工作帮(图中  $AD$ );工作帮上最上和最下一个台阶的坡底线所连成的假想斜面称为工作帮坡面(图中  $KG$ );工作帮坡面与水平面的夹角  $\varphi$  称为工作帮坡角。

由结束开采工作的非工作台阶组成的边帮或其一部分称为非工作帮(图中  $AB$  及

$CD$ );通过非工作帮最上部一个台阶的坡顶线与最下部一个台阶的坡底线所连成的假想斜面称为非工作帮坡面,即  $AB$  及  $CD$ ;非工作帮坡面与水平面的夹角,如图中  $\beta$  和  $\gamma$ ,称为非工作帮坡角或最终边坡角。

工作帮的位置是随开采工作的进行而不断移动,非工作帮的位置则是固定不动的。非工作帮坡面代表露天采场边帮的最终位置,故必须保持稳定。

4. 非工作帮平台 非工作台阶上的平台,按其用途不同,分为安全平台、清扫平台和运输平台。

安全平台,是为保持最终边帮的稳定和阻截滚石下落而留设的平台,平台宽度约为台阶高度的  $1/3$ ,它有助于减缓最终边帮坡角。

清扫平台,是非工作帮上供清扫设备清除落石而设置的平台,每  $2 \sim 3$  个台阶设置一个,其宽度依所用的设备而定。

运输平台,是工作台阶与出入沟之间供运输联系用的平台。其宽度依所用的运输方式和线路数日确定。

5. 开采深度 指采场内开采水平的最高点至坑底的垂直深度。

6. 采掘带 指工作台阶上按顺序采掘的条带,如图 3-4 I、II。

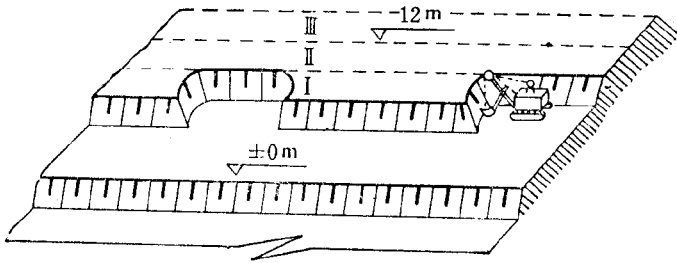


图 3-4 采掘带、采区示意图

7. 采区或挖掘机工作线长度 指沿采掘带长度方向划分的采掘区段,每一采区配置一台独立的采掘运输设备。

8. 出入沟 连接地面与工作水平之间以及各工作水平之间的倾斜运输沟道。

9. 开段沟 在每个工作水平上为开辟开采工作线而掘进的水平沟道,此沟道在水平地面以下成完整的梯形,在山坡上成单侧沟形。

### 第三节 露天矿开采步骤

#### 一、露天矿开发及开采一般程序

露天矿床经勘探确定储量后,都要经过可行性研究评定再行设计。矿山工作的第一步是进行露天矿的基本建设,包括选矿设施建设;建设前要做好矿区地面场地准备,疏干矿床与防排水;基建包括开拓与剥离;至达到一定矿量储备后投入生产。露天开采的主要工艺是破碎(穿孔,爆破)——装载——运输——排土;辅助工艺尚有:机械设备检修、动力供应、防排水、二次破碎及线路移设等。待露天矿开采終了,还必须将地表治理恢复,加以利用。

#### 二、露天开采的几个主要步骤

1. 矿区地面场地准备 首先必须排除开采范围内和建立地面设施地点的各种障碍物,如砍伐树木、河流改道、疏干湖泊、拆迁房屋、道路改线等。

2. 疏干排水工作 开采地下水很大的矿床时,为保证正常生产,必须预先排除开采范围内的地下水即进行疏干工作,并采取截流的办法如修筑挡水坝和截水沟隔绝地表水的流入。矿床的疏干排水不是一次完得成的,而要在露天矿整个开采期间持续进行。

3. 矿山基建工作 它是指露天矿投产前为保证生产展开所必需完成的全部工程,包括:供配电建筑(变电所、供配电线路)、工业场地建筑(机修、电修、车库、器材库等)、破碎筛分场地建筑、排土场建设、地面运输系统的建立、掘沟工程(掘进出入沟和开段沟)以及基建剥离工程等。当基建工作达到一定程度后,矿山即可转入生产。

4. 露天矿生产 和其它企业生产一样,它是按一定的生产顺序和生产过程进行的。露天矿生产的三个重要过程就是掘沟、剥离和采矿,并按从上向下不断超前的顺序进行。每个过程的生产工艺基本上是相同的,都包括有穿孔爆破、采装、运输及排土工作。

5. 地表的恢复利用 它是把被露天开采所占用和破坏的土地进行治理恢复,并加以改造供农业上继续利用,即复土造田。复土造田工作是露天开采中一个不可分割的重要过程,它不仅可以解决农业用地问题,更重要的是可以保护环境,促进生态平衡。

上述步骤,在露天矿工作初期是依次进行,以后又是同时并进,但在空间和时间上应

保持一定的超前关系。露天开采必须遵循“采剥并举,剥离先行”的方针组织生产。违背了这个方针,露天矿的正常生产必然遭到破坏,必将造成采剥失调,剥离欠量,掘沟落后,生产下降。这种被动局面是正常生产所不允许的。

第四节 露天矿山工程发展程序

如前所述,从露天采场采出矿石和岩石是按一定的工艺过程来实现,这些工作统称为露天矿山工程。露天矿山工程按施工对象分为剥离工程和采矿工程;按施工形式可分为掘沟工程和推帮(扩帮)工程。

在正常情况下,露天矿山工程的发展必须符合一定的程序。

对一个台阶而言,矿山工程的发展,首先要开掘出入沟,如图 3-5 中 ABCD 部分。然后,在此基础上开掘开段沟 EFGH,并铺设运输线路。当开段沟掘至一定长度或工作线全长之后,在沟的一侧或两侧布置工作面 FHIJ 进行推帮(采矿或剥离)。

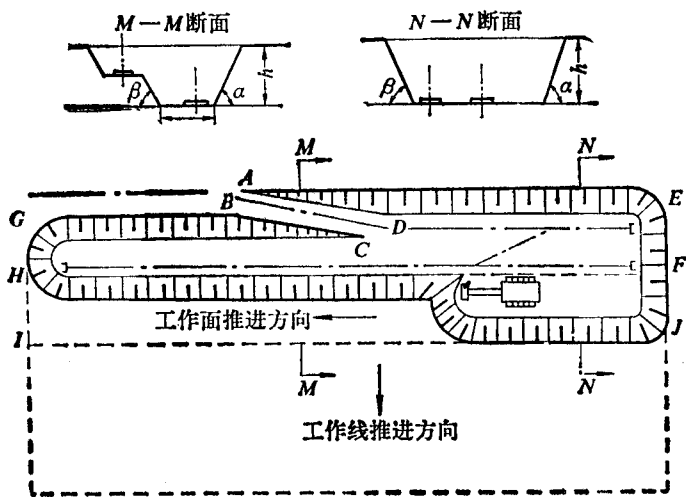


图 3-5 一个台阶开采程序示意图

对上下两个台阶而言,当上一台阶推帮工程进行到一定位置后(图 3-6 中推进 B 距离),便可进行下一台阶的掘沟和推帮,于是矿山工程便从第一个台阶延深到第二个台阶(AECD)。以后各台阶的延深均按此程序进行,直至延深到露天矿最终开采深度。



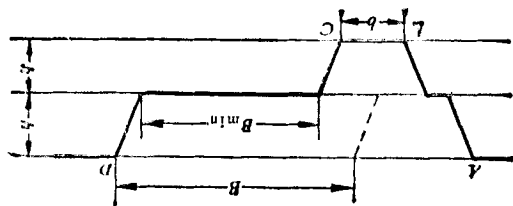


图 3-6 上下台阶矿山工程发展示意图

由此可见,从施工形式来看,露天矿山工程的发展,是在露天开采境界内自上而下按一定分层进行不断掘沟及推帮的过程。

同一开采水平内掘出入沟、开段沟和推帮,先是依次;随后部分工程可以平行,时间上重合;工作线推进方向是从最初开段沟的位置不断从一侧向外推进,一直到最终开采境界。

上下开采水平间,上部水平推帮与下部水平掘沟工程保持同时进行。采场轮廓逐步由小到大、由浅至深,直至在露天矿最终境界范围内开采终了为止(图 3-7)。

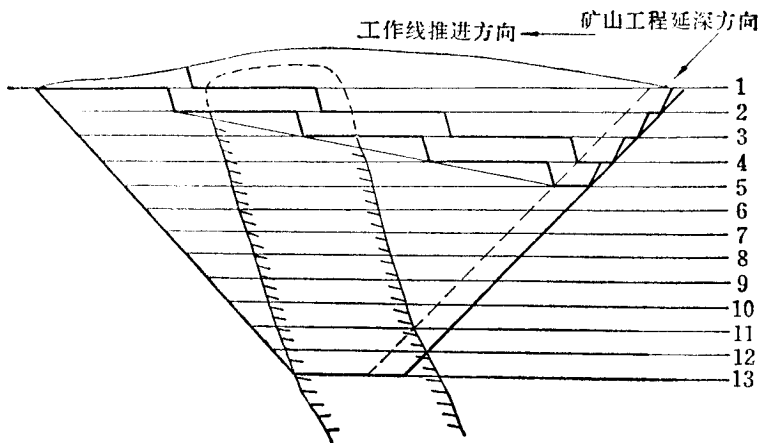


图 3-7 露天矿山工程发展示意图

组织露天矿山工程的发展,就是要在允许的条件下,使平行作业的时间尽量加长,以提高矿山工程的延深速度。