

第一篇 矿床地下开采前論

第一章 矿床的工业性质

§ 1. 矿石和围岩的工业性质

一、矿石、废石和采出矿石的概念

凡是地壳内遇到的矿物质，在现代技术经济水平下能以工业规模从其中提取国民经济所必需的金属或矿物产品的，就叫做矿石，矿床周围的岩石，以及夹在矿床中根本不含有用成分或所含有用成分过少不值得工业加工的岩石，叫做废石。在矿山企业中，矿石和废石的概念是相对的，它们决定于：1) 国家经济制度，2) 采矿和矿石加工的技术水平，3) 当地的经济和地理条件，4) 矿床埋藏条件，5) 矿床储量，6) 企业规模等等。采出的纯矿石和混入的废石之总合叫做采出矿石。

二、矿石种类——按矿物组成和矿石价值来分

按矿物组成，金属矿石可分为：

- 1) 自然金属矿石 金属以单一元素存在于矿床中的矿石叫做自然金属矿石，例如：金、铂、银、铜，除以上四种金属外，能达到工业含量的自然金属矿石很少；
- 2) 氧化矿石 在矿床上部常见的有氧化物、碳酸盐及硫酸盐 (Fe_2O_3 , $2\text{FeO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, Fe_3O_4 , ZnO , MnO_2 , Cu_2O , PbCO_3)；
- 3) 硫化矿石 (CuFeS_2 , PtS , ZnS , Sb_2S_3 , MoS_2 等)；
- 4) 混合矿石 前三种矿石的混合物。

矿石按其所含金属的价值可分为：高价矿；中价矿；低价矿。例如贵金属的金属矿石（锡矿石等）为高价矿，而铜矿石、铁矿石等则为中价矿和低价矿。矿石按其品位高低又可分为：富矿；中矿；贫矿。

三、矿石和围岩的性质

矿石和围岩的性质中，对矿床开采有很大影响的有：矿石的结块性、氧化性、自燃性、含水性、硬度以及矿石与围岩的稳固性。

结块性 采下来的矿石如含有粘土、滑石及其他有粘性的微粒时，受湿及受压后在一定的时间内就能结成整块，这种使碎矿石结成整块的性质就是结块性。某些重硫化矿石（磁黄铁矿）遇水时，即使没有细而粘的物质，由于矿石表面氧化，形成硫酸盐薄膜，也具有结块性。结块性对于放矿、装矿、运搬及运输矿石等都会造成困难。

氧化性 硫化矿石受水和空气的作用变为氧化矿石。采下来的硫化矿石如在地下或地面储存过久，就会氧化；矿石氧化能降低选矿回收指标。

自燃性 含硫在18~20%以上的硫化矿石具有自燃性。硫化矿石吸附氧气并氧化，在氧化过程中放热，如和采空区的碎矿石及木料发生作用，形成热源经一定时间后温度升高会引起地下火灾。

硫化矿石的这些特性对选择采矿方法提出使用充填法的要求，从预防的观点来说，用水砂充填最为合理。

含水性 矿石的含水性是矿石吸入和保持水分的性质，它随着矿石孔隙度和节理而变。

矿石的含水性对于落矿、运输和运输矿石，以及箕斗提升、矿仓储存和矿车转运等有很大影响。

碎胀系数 采下矿石的体积与它在原矿体中的体积之比叫做碎胀系数。根据采下矿石的块度和形状的不同，碎胀系数平均为1.4~1.6；但装入容器中的矿石，由于各碎块之间的空隙很大，碎胀系数常增加到1.8~2。

硬度 在采矿工业中，矿石或岩石的坚硬度，通常叫做硬度，本书仍采用这一名词，最早的硬度分类，是苏联学者波基所拟定的，他分岩石（矿石）为松散的，软的，脆的，坚硬的与最坚硬的五类。目前常用的硬度分类是苏联学者普洛托吉雅科诺夫的分类法，即根据矿石或岩石的极限抗压强度，将其分为20类，用普氏硬度系数（f）来表示。

稳固性 矿石和围岩的稳固性，是在一定的暴露面下和一定的时间内不崩落的性能。

矿石和围岩按稳固程度可分为：

1. 极不稳固的岩石，这种岩石在开采过程中，顶板和两帮不能有露出面，需要立即进行支撑。通常在断层破碎带，流沙，含饱和水的松散岩石中全呈现出这种现象。
2. 不稳固的岩石，开采时顶板和二帮可以有不大的露出面，但必须随着回采工作推进直接用坚固的支撑物支撑。
3. 中等稳固的岩石，开采时顶板和两帮可以有相当大的暴露面，并且不须要随着回采工作面的推进而立即加以支撑，而是经过一定时间之后才需支撑。
4. 稳固的岩石，开采时顶板和两帮可以有很大的暴露面，一般不须支护，在极个别地方要支护。
5. 极稳固的岩石，开采时顶板和两帮能有很大暴露面积，并在长时间内不会冒落。

稳固性目前尚无一标准尺度来衡量，是随着暴露面积大小和时间长短相对而言的，特别对某一具体矿山来说，岩石可能属于中等稳固，但矿山为了使用上的方便，从中还分成稳固或不稳固的。因此，在本课程学习中希望注意矿石和围岩稳固的相对性。

矿石和岩石的稳固性是带有条件的。很硬的岩石如节理发达亦不允许大的暴露面；软的和中等硬度的岩石，如具有粘性和完整性，在相同的暴露面下，虽没有支护，也能维持很长时间而不崩落。

节理的方向和岩石的含水性对顶板的稳固性有很大的影响，尤其是当节理方向与顶板平行时，对于稳固性更为不利。

§ 2. 金属矿床的工业特性

一、金属矿床、工业矿床与非工业矿床的概念

金属矿床 在地质作用下地壳中形成的金属矿物自然聚积体叫做金属矿床。

工业矿床和非工业矿床 根据矿山地质条件、经济地理条件和目前技术水平，在经济上适于开采的矿床叫做工业矿床，否则，就叫非工业矿床。

二、金属矿床分类

矿床的形状、厚度和倾角对于采矿方法选择有重要影响。

1. 按矿床形状金属矿床可分为：

1) 层状矿床 它们多数是由沉积生成的，且常为地质堆积的组成部分；这些矿床埋藏在堆积层中，在层位上与堆积层有联系。通常其分布面积较大，形状和埋藏条件稳定（图1），其中有用成分的组成及含量比较均匀。庞家堡铁矿床可做为层状矿床的例子。



图1 层状矿床

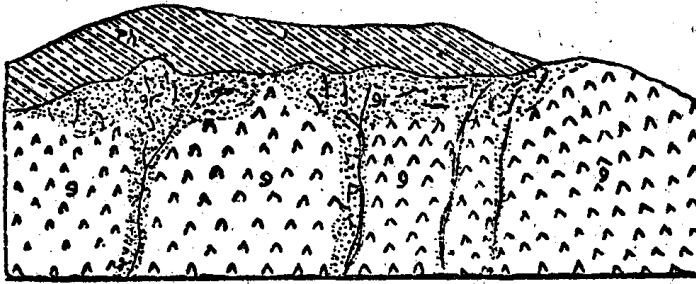


图2 矿脉

9—花岗岩；Ph—千枚岩；qr—云英岩；P—伟晶岩式石英脉
含锡及钨铁矿

2) 矿脉 这种矿床主要是由热液作用和气化作用将矿物质充填于地壳裂缝而成。脉状矿床的特点是它们的埋藏不定和有用成分含量不均。貴重金属、稀有金属和有色金属矿床常以矿脉形状赋存（图2）。

3) 块状矿床 这种矿床大小不一，形状呈不规则的透镜状矿体、矿巢和矿株；一般和围岩无明显界限。它们是由充填、交代、熔离及气化等作用生成的。有色金属矿床（铜、铅等）常以块状矿床赋存，图3所示铅锌矿床即其一例。

2. 按厚度金属矿床可分为：

1) 极薄的——厚度在0.7

~0.8米以下，当回采这种矿床时，为了在工作面创造正常的工作条件。常需要开凿围岩。

2) 薄的——厚度为0.8~2.0米，仅在矿床中掘进采准巷道时才开凿围岩。

3) 中厚的——厚度为2~5米的矿床。在这种矿床中掘进采准巷时，不须开凿围岩；中厚矿床的上限（5米）是表示在采掘矿石时，可能应用人工支柱的最大限度。

4) 厚的——厚度从5到15~20米，急倾斜矿床可以用沿走向布置的采区开采。

5) 极厚的——厚度大于15~20米，通常按照地压管理条件，需要以垂直走向布置的采区开采，这些采区（矿房）是用垂直走向布置的矿柱分开。如果矿床厚度大于40~50米，还要用沿走向布置的矿柱把矿床分开。

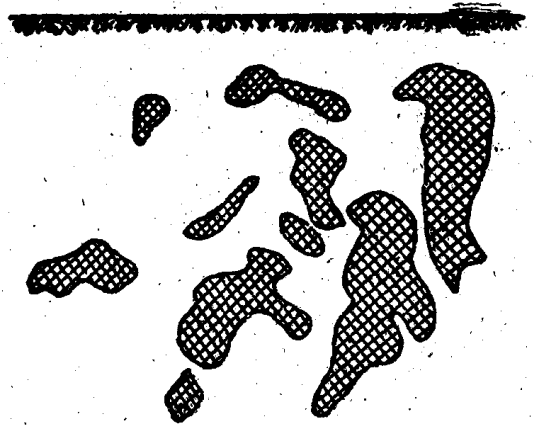


图3 块状矿床

这种分法是一个较通用的标准,而实际上,厚和薄也是相对的。某一矿山其矿体厚度可能都处于中厚状态,但为了使用上的方便,按照该矿山的生产特点,往往还有自己的厚和薄的标准。

矿床的厚度:矿床的厚度可分为水平厚度和垂直厚度,倾斜和急倾斜矿床通常用水平厚度或垂直厚度表示;而水分和缓倾斜矿床用垂直厚度表示。

3.按倾角矿床可分为:

- 1) 水平的,倾角在 $0^{\circ} \sim 3^{\circ}$ 之间;
- 2) 缓倾斜的,倾角从 3° 到 $25^{\circ} \sim 30^{\circ}$,需要用电耙或运输机运搬矿石;其中倾角为 $3^{\circ} \sim 7^{\circ}$ 者又称为微倾斜;
- 3) 倾斜的,倾角为 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$,可利用溜槽、溜板及其它设备借自重运搬矿石;
- 4) 急倾斜的,倾角大于 45° ,可用自重运搬矿石。

某些矿体在走向方向上有偏斜,它的偏斜面与垂直面所成的角度叫做偏角;偏角的大小影响开采方法及开拓巷道位置的选择。

三、影响开采方法的金属矿床特性

对开采方法有重大影响的金属矿床特性如下:

1) 矿床埋藏要素和形状不定:金属矿床的特性之一是厚度不定。在同一矿床,尤其是脉状矿床,不同区段的厚度常不同,有的胀大,有的缩小。

很多金属矿床在同一区段内倾角发生很大的变化,当倾角变化很大时,就要改变采矿场的矿石运搬条件,因而影响所用的采矿方法。

金属矿床的形状不定,常使开采工作复杂化(图4)。

2) 矿石和围岩的硬度较大:大多数金属矿床具有这样特性,因而需要用凿岩爆破工作崩落矿石和岩石。

3) 矿物组成和有用成分的品位变化很大:金属矿床不仅在整个矿床范围内矿石的组成常有很大的变化,甚至在个别区段,沿走向,厚度或深度,矿石的组成也常有变化。

在矿床的工业矿石层里,有时埋藏有非工业矿石的区段和夹层,甚至废石;在这些情况下,按矿体的区段或按层分别开采矿石,可能是合理的。

4) 带状分布:有色金属矿床有时具有明显的带状分布。例如某些矿床中可分两带,每带又分两部分。

(1) 氧化带,其中埋藏着氧化矿石。在这个带里又分两部分:上部分是靠近地面的矿床露头,常出现“铁帽”,存在着氧化物,而其中可溶矿物多被浸析掉了。

下部分是以自然金属,金属氧化物和碳酸盐的形式所沉积的矿床。

(2) 硫化带,其中也分为两部分,它与氧化带的分界是地下水水面。

上部分由于氧化物的二次沉积,生成最富的硫化矿床。

下部分是硫化带的最低部,它是原生的硫化矿石,一般是较贫的。

上述各层的界线常不明显,若要采出矿石满足质量规定的要求,则采掘过程将更加复杂。

加混合采掘氧化矿和硫化矿,则将增加加工费用,降低金属回收率。在这种情况下,为了尽量回收矿石中所含的有用成分,常将矿石分采和分运。

5) 矿床埋藏的破坏(图5): 断层、穿入矿体的交错岩脉、各种构造破坏、压碎、沿走向和倾斜的断裂等, 常使矿床勘探和开采工作变得复杂。

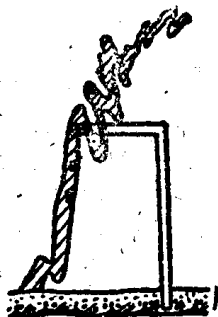


图4 形状不规则的矿床

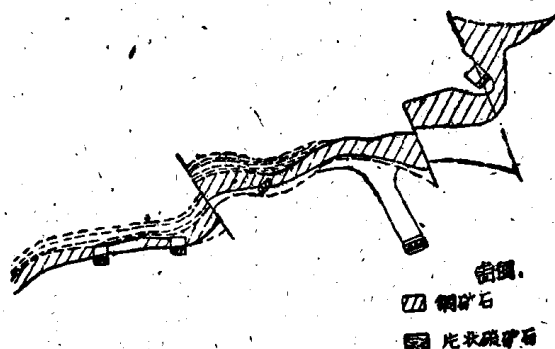


图5 破坏很剧烈的矿床

6) 矿床的含水性: 由矿床涌水量决定排水设备的能力, 辅助措施及排水费用。含水的碎矿石, 在回采工作面及矿石溜子中容易解决, 这时就必须选用适当的采矿方法。

大的含水性将引起某些矿石和岩石的膨胀和滑落, 减少其中卷道的稳固性。围岩的含水使其稳固性降低, 而裂缝网的形成又提高了矿山涌水量。

§ 3. 矿石的最低工业品位和矿床的最小工业厚度

一、矿石的最低工业品位

1. 矿石最低工业品位的概念:

矿石中某种有用成分含量, 或者几种有用成分含量的总和如低于最低限度时, 则这种矿石就成为非工业矿石, 亦即在经济上没有(或暂时没有)利用价值的矿石; 这种最低限度叫做最低工业品位。最低限度的标准, 从经济上可以是这样的含量: 即从矿石中提出有用成分的价值仅能抵补开采、加工所消耗的费用。由此可见, 矿床中矿石的最低工业品位取决于采掘、加工及提取有用成分的费用, 也就是取决于技术经济因素。

对最低工业品位实际上影响因素很多, 矿床的地理分布、生产技术、地方经济和国家对该矿石的需要程度等。在每个具体条件下, 最低工业品位应考虑全部影响因素来决定。

矿石的最低工业品位与矿体的边界品位不完全相同, 边界品位系指矿体边界上矿石的最低品位而言, 即低于此品位的矿石, 在圈定矿体可采范围时, 一律不计算在内。但有时为了不至于把矿体分割成零星矿段, 可将边界品位降低或提高(整体的或局部的), 以便获得完整的矿体。但其所圈定的矿体中, 矿石的平均品位不应低于最低工业品位。

2. 决定最低工业品位的方法:

最低工业品位, 是根据前述的标准(见第一章)加以确定的。确定时, 有时也根据当时有关指标, 取得的难易及指标的可靠性, 用下列方法进行适当的比较, 以作为决定最低工业品位参考因素之一。其方法如下:

1) 分析法——分析法是用矿石最终产品价格求出矿石的最低工业品位。此法不能考虑国家对该金属的需要及原料基地的情况, 只限于概略的校核, 在解决实际问题时不采用。

2) 方案法——根据矿床的具体条件首先拟定出几个方案, 并算出各个方案的经济

指标, 经过分析得出最优的方案。

方案法步骤如下:

- (1) 根据已有的基础资料拟出几个最低工业品位的数值 (最多不超过4~5个);
- (2) 按各方案圈定矿体界限, 确定矿石储量及金属平均含量; 初步拟订各个方案的开拓及采矿方法、生产能力、存在年限及达到设计能力的期限;
- (3) 计算各方案最终产品的成本 (列成表格) 及金属回收量;
- (4) 根据国民经济利益 (原料的合理利用, 技术可能性, 成本, 等等) 全面地分析各方案, 最后确定一个合理的最低工业品位。

例题: 有一品位逐渐变化的矿床, 所拟定的最低工业品位为0.9, 0.8, 0.6, 0.4 (百分数), 圈定矿体的矿石储量、矿体平均品位以及初步选用开拓及采矿方法后, 所算出的其他指标列在表1中。

矿石最低工业品位的确定①

表1

号 数	主 要 指 标	方 案			
		1	2	3	4
1	最低工业品位, %	0.9	0.8	0.6	0.4
2	矿石的工业储量, 千吨	3,000	4,000	4,500	12,000
3	矿石中金属平均品位, %	1.0	0.95	0.74	0.44
4	金属储量, 吨	30,000	38,000	48,000	53,000
5	回收金属量, 吨	27,000	30,000	38,000	37,900
6	1吨金属成本, 元	5,000	5,200	4,900	7,000
7	1吨矿石基建投资, 元	12	11	10	8
8	1吨金属基建投资, 元	6,000	6,500	7,500	9,000
9	矿石年产量, 千吨	250	300	400	600
10	企业存在年限, 年	14	16	19	24
11	金属年产量, 吨	2,250	2,300	2,350	1,900
12	达到设计产量年限, 年	2	2.3	3	4

① 表内数字只作说明问题之用。

各方案的分析:

1) 从表1中可以看出第4方案的矿石工业储量与金属储量虽比第3方案多的多, 但回收金属量和金属年产量却比第3方案的少;

2) 1吨金属成本第3方案最低, 第4方案最高;

3) 1吨金属的基建投资第4方案最高, 第3方案次之;

4) 达到设计产量的年限也是第4方案最高, 第3方案次之。

以上分析的数据所制成的图表如图6所示。

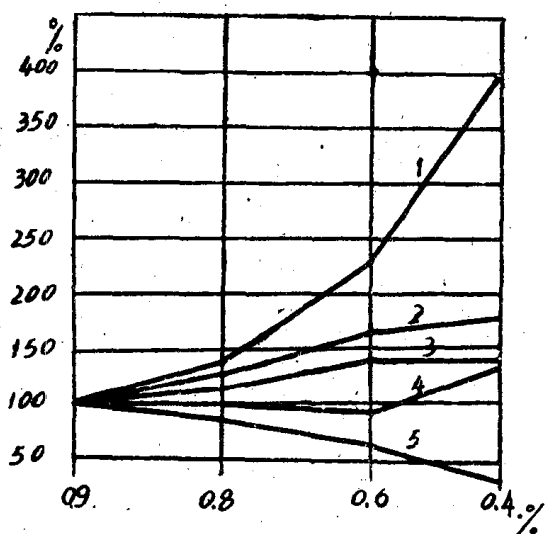


图6 最低工业品位方案比较图

1—矿石的工业储量; 2—金属储量; 3—回收金属量;
4—1吨金属成本; 5—矿石中金属平均品位

从总的分析结果看出第3方案最优。

当圈定和计算各方案的储量时，必须考虑开采条件。

二、矿床的最小工业厚度

1. 混合回采、选别回采及最小工业厚度的概念：

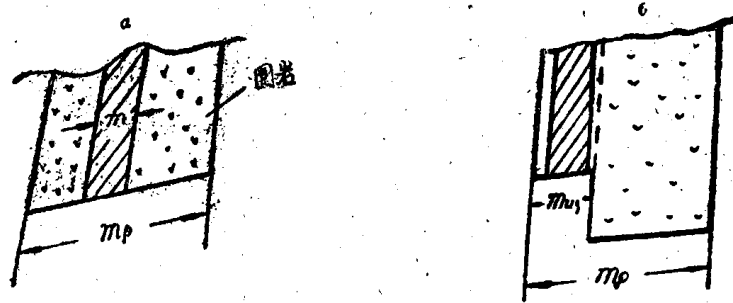


图7 薄矿脉回采方式

a—混合回采； b—选别回采

混合回采——混合回采是在工作面上同时崩落矿石和围岩（图7a）。常用混合回采法开采贫矿中夹有富层的厚矿床，在采掘时不把贫、富矿分开。当采矿的技术条件或经济条件不适于选别回采时，也常用混合回采开采极薄矿脉。

选别回采——选别回采是在工作面上分别开采矿脉与围岩，或把埋藏在一起的各种有用矿产分别采出（图7b）。选别回采用于产量小而矿石富的矿山，常留下贫矿不采。选别回采也用于贵重金属矿石极薄矿脉的开采。

最小工业厚度——当开采极薄矿脉时（厚度小于0.7~0.8米）常使用混合回采或选别回采的方法。由于凿岩爆破技术条件的限制，无论使用混合回采或选别回采都要与矿石同时采下一定数量的围岩来。采下矿石的品位，决定于矿脉品位的高低和厚度的大小，当矿脉的品位一定时，采下矿石的品位随矿脉厚度大小而增减。当矿脉厚度刚好使采下矿石的品位满足最低工业品位的要求，这种矿脉厚度叫作最小工业厚度。

2. 最小工业厚度的确定

1) 混合回采

(1) 围岩不含品位时：

$$am\gamma_1 = a'm_p\gamma_2$$

则

$$a' = \frac{am\gamma_1}{m_p\gamma_2}$$

式中 m_p ——采幅宽度，米； γ_1 ——矿脉容重，吨/米³；
 m ——矿脉厚度，米； γ_2 ——采下矿石容重，吨/米³；
 a ——矿脉品位，%； a' ——采下矿石品位，%。

但采下矿石的品位不应小于所定的最低工业品位（ a_M ）即

$$a_M \leq \frac{am\gamma_1}{m_p\gamma_2}$$

如 $a_M = \frac{am\gamma_1}{m_p\gamma_2}$ ，则 m 就是最小工业厚度（ m_M ）

$$m_M = \frac{a_M m_p \gamma_2}{a \gamma_1} \quad (1)$$

亦即，当混合回采时，矿脉厚度不应小于 m_M ，否则就应当选别回采。

(2) 围岩含有品位时：

$$a' m_p \gamma_2 = a m \gamma_1 + a_0 (m_p - m) \gamma_3$$

则

$$a' = \frac{a m \gamma_1 + a_0 (m_p - m) \gamma_3}{m_p \gamma_2}$$

式中 a_0 —— 围岩的品位，%； γ_3 —— 围岩的容重，吨/米³。

同理

$$a_M = \frac{a m \gamma_1 + a_0 (m_p - m) \gamma_3}{m_p \gamma_2}$$

则

$$m_M = \frac{(a_M \gamma_2 - a_0 \gamma_3) m_p}{a \gamma_1 - a_0 \gamma_3} \quad (2)$$

2) 选别回采

最小工业厚度 (m_M) 的求法与使用混合回采时相同，只是将采幅宽度 m_p 改为回采沟的宽度 (m_{III}) 即可。

(1) 围岩不含品位时：

$$m_M = \frac{a_M m_{III} \gamma_2}{a \gamma_1} \quad (3)$$

(2) 围岩含品位时：

$$m_M = \frac{(a_M \gamma_2 - a_0 \gamma_3) m_{III}}{a \gamma_1 - a_0 \gamma_3} \quad (4)$$

从上面可以看出，其他条件相同时，选别回采的最小工业厚度比混合回采的最小工业厚度小；同时，采下矿石的运输费和加工费也小；最低工业品位在选别回采时比混合回采时要低，开采矿脉的厚度也就更小了。由以上可以看出选别回采的优点很多，在开采贵重金属的极薄矿脉时，应尽量使用选别回采。但选别回采的回采劳动生产率低和采矿强度小，因此在现场中对容易在地面选矿的矿石，使用混合回采的仍占多数。

分采或混采，应当按单位精矿量所消耗的劳动量最低，以及精矿的成本来考虑。

我国某钨矿经验认为，0.3~0.4米厚度大致可作为分采和混采的界限。愈薄则愈有利于分采。对分枝和复杂的矿脉，以及接触面不明的矿脉，则不利于分采。当矿石和围岩在颜色及比重上易于识别时，工作面容易手选。手选的成本低。手选出的废石不易带出精矿粉末，则有利于混采。当运输距离近，运输费用小，多使用混采。对于贵重矿石的极薄矿脉来说，分采比混采的损失和贫化要少。若其他条件适合，应尽量考虑分采，如使用选别回采的充填采矿法，要比使用混采的留矿法的损失和贫化少。但同时也必须考虑采矿强度。当分采的强度小而不能完成任务时，则混采合适。

参考文献

1. Р. П. Каплунов 等著：Подземная разработка рудных и россыпных месторождений. Металлургиздат, 1955.
2. 朱熙人等：矿床学，地质出版社，1955年。
3. 戈格杰茨基著：矿山企业设计原理，冶金工业出版社，1958年。
4. 鞍山黑色矿山设计院著：黑色金属采矿设计手册，冶金工业出版社，1959年。

第二章 矿床地下开采的一般原则

§ 1. 井田及阶段

一、井 田

1. 井田概念

划规一个矿山开采的矿床或其一部分叫做矿田。划规一个矿井开采的矿床或其一部分，叫做井田。一个矿山可能包括一个或几个生产矿井（或坑口），前者矿田即等于井田，后者矿田包括几个井田（图8）。

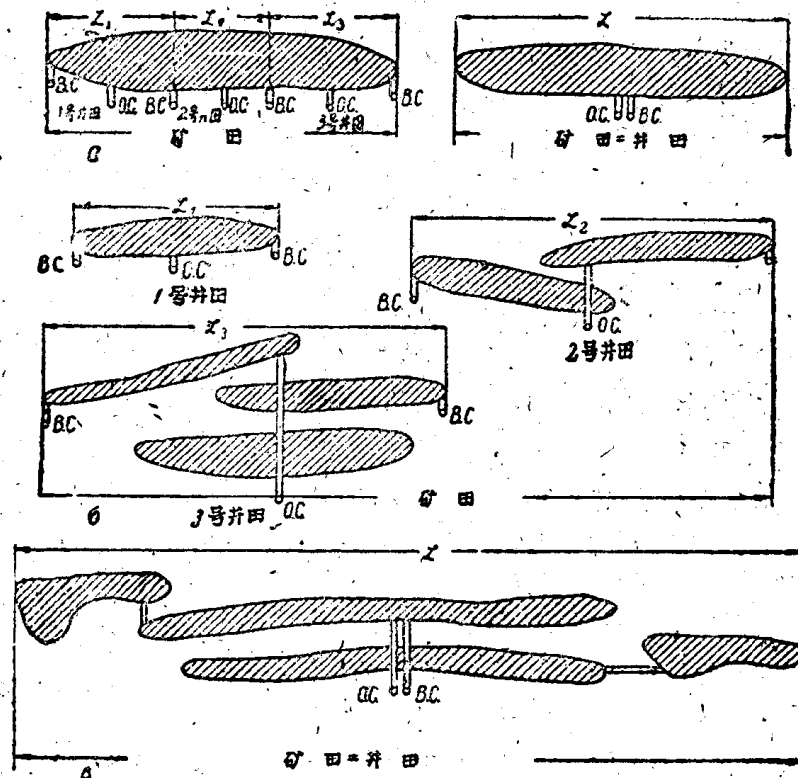


图8 井 田

L, L_1, L_2 和 L_3 —井田长度； a —一个矿体的矿床； b 和 B —几个矿体的矿床； O, C —主井筒； B, C —副井筒

包括几个矿体的矿床，可用一个或几个井田开采。后者用在互相分散的矿体群中，这时，如掘进連絡巷道用一个井田开采，则经济上不合理，开拓时间也可能长。

当各矿体距离较近时，则用一个井田开采矿体群。

在实际上，也有在矿床上部用几个井田开采，而在矿床下部为减少井筒用一个井田开采的。

2. 井田大小及其尺寸决定的原则

用下列方式表明井田尺寸:

对水平和缓倾斜矿床用 L 表明矿床长度, 用 B 表明矿床宽度(图9)。

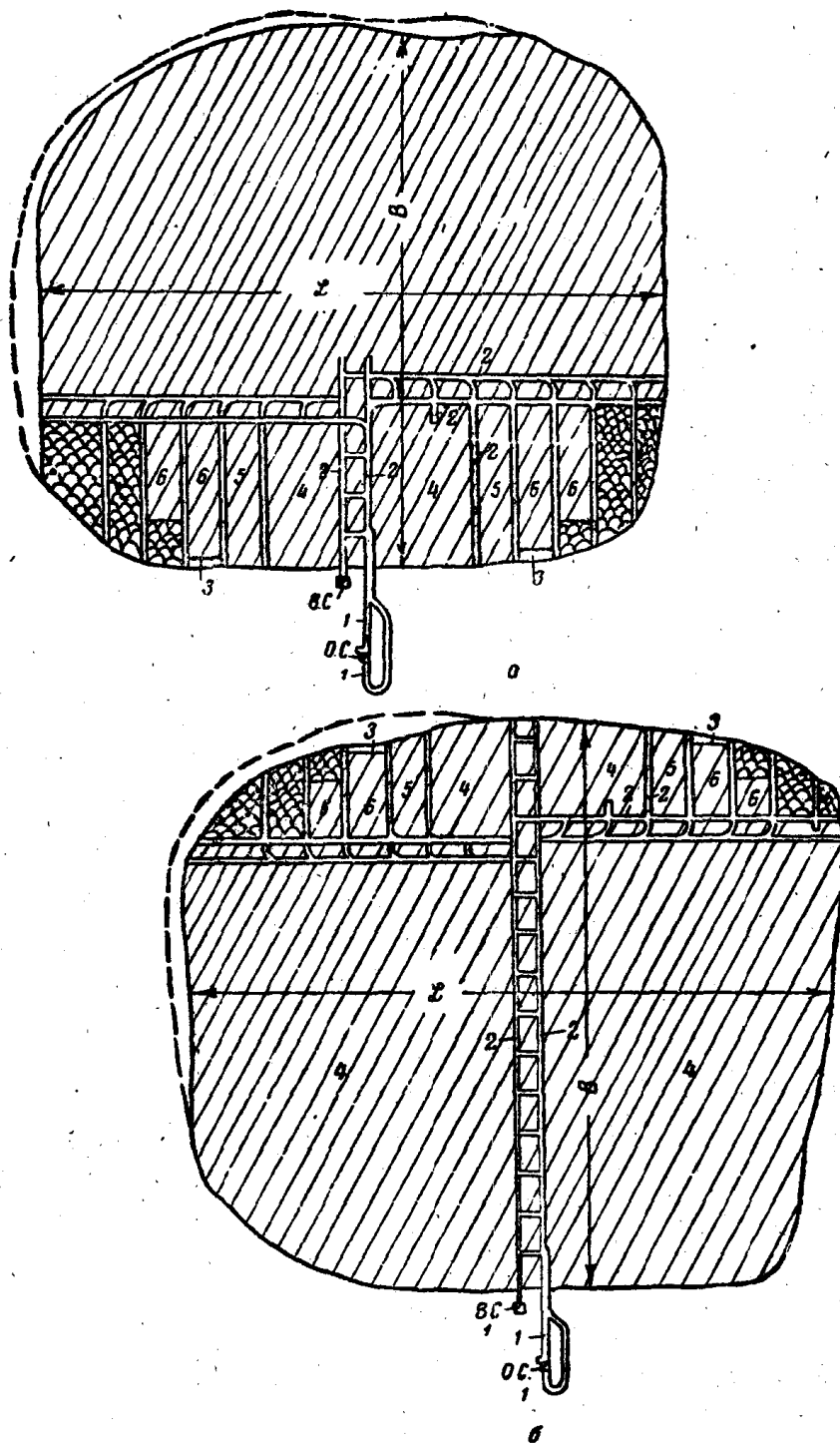


图9 水平矿床的开采步骤(图例同图10)

对倾斜和急倾斜矿床用 L 表示矿床长度, 用沿倾斜尺寸 H 或垂直尺寸 H_{rp} 表明矿床开采深度(图10)。

沿走向长度为1000~1500米及深度延伸到500~600米的矿床通常用一个井田开采;

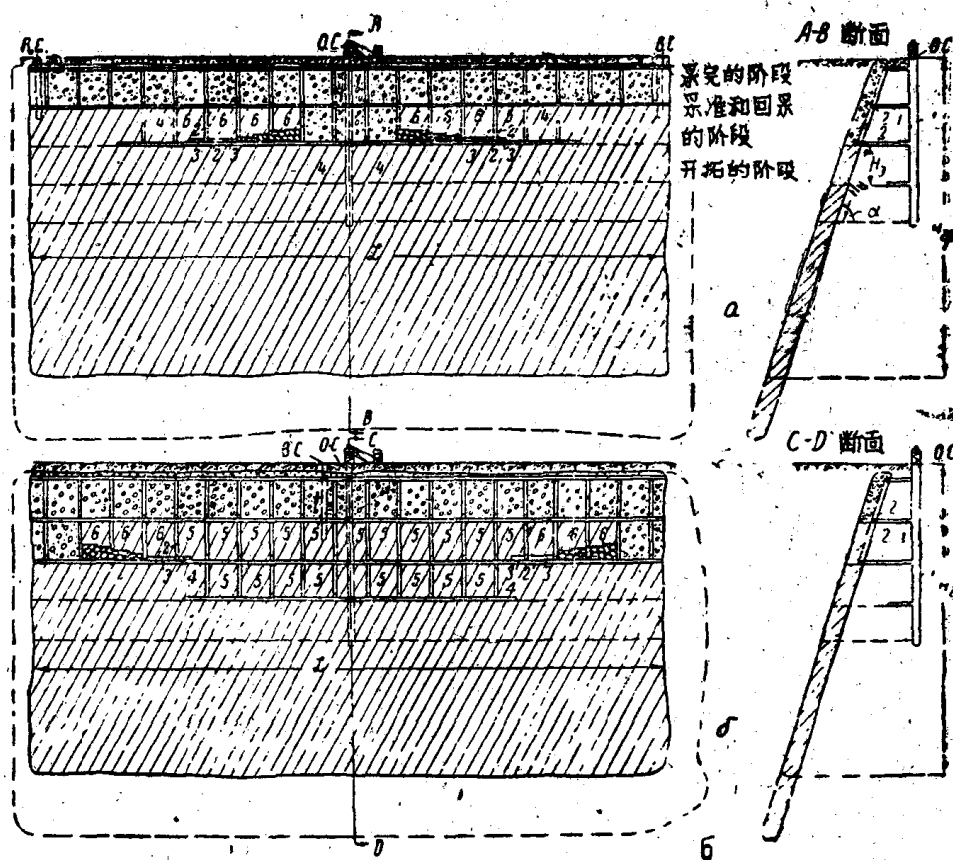


图10 急倾斜矿床的开采步骤

a—前进式回采；b—后退式回采；o、c—主井筒；b、c—副井筒；1—开拓巷道；
2—采准巷道；3—切割巷道；4—开拓储量；5—采准储量；6—待采储量；
实线表示平衡表储量边界，虚线表示总储量边界， H_{rp} —开采深度

极厚矿床（储量很大）才用几个井田开采。

在社会主义经济条件下，井田尺寸是根据自然条件和技术经济合理性来确定。

确定井田尺寸的主要因素如下：

1) 矿床的勘探程度；当生产前勘探不够时，可能在矿井生产之后又发现大量矿体，此时，井田尺寸可能很大；

2) 矿床的埋藏特性：矿体数目及其厚度，有无地质破坏，有无尺寸很大的非矿部分等；

3) 地面情况：河流、水池、穿过矿床的铁路干线等；我国东北某铜矿的井田便是由河谷划分的。

根据这些因素把矿床分为许多井田，各井田有足够的储量能保证矿井所必需的年产量及适合于该类矿床的存在年限。

当没有上述因素影响时，根据下列因素用技术经济计算确定井田尺寸：

(1) 必需的采掘规模；

(2) 开拓和地面构筑物的费用大小；

(3) 与井田尺寸有关的工作和生产过程（运输、提升、排水、开拓巷道和采

准巷道的维护)的费用大小。

在已定的矿井年产量情况下,如沿走向增加井田尺寸,则每采一吨矿石将降低开拓及地面构筑物的基建费用折旧,而将增高地下运输(矿石、材料、员工)及巷道维护等生产费用。当井田中采出一吨矿石的总费用(基建费用与生产费用之和)最低时,这种井田尺寸在经济方面是最优的。

对于埋藏要素不变,形状规则的矿床(层状矿床)可用苏联学者舍维雅科夫等的分析法确定井田尺寸。对于形状不规则的矿床(金属矿床),则用方案法。

分析法:分析法的实质在于确定的井田范围中每采出一吨矿石的基建费和生产费的总和最小。

按照所采用的矿井年产量及开拓方法,确定在井田开采期间采出一吨矿石的有关基建费与生产费的总和 $\Sigma\theta$ 为:

$$\Sigma\theta = f(L \cdot n) \quad (5)$$

式中 L ——井田长度;

n ——阶段数或盘区数。

对于倾斜和急倾斜的金属矿床,矿床的勘探深度常为井田沿倾斜的尺寸。

从下面两个方程式

$$\frac{d\Sigma\theta}{dL} = 0 \quad \text{和} \quad \frac{d\Sigma\theta}{dn} = 0 \quad (6)$$

决定 L 和 n 的最优值。

用图解法解两个未知数的联立方程式最简单。把 $n = 1, 2, 3$ 等不同数值代入 L 的方程式中,而把 $L = 200, 400, 600$ 等不同数值代入 n 的方程式中,所得的值画在图上,两条曲线交点上的 L_0, n_0 就是最优值(图11)。

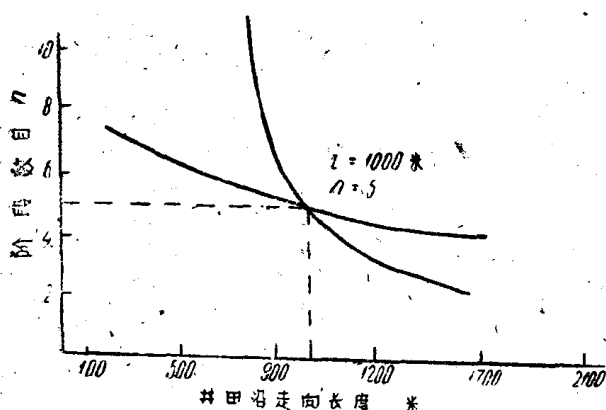


图11 决定井田尺寸的图解法

用分析法决定井田尺寸时,若所采用的如原始资料不够精确,其所决定的最优值变化范围相当大,可达50%及以上。因此,分析法计算的数值仅供参考之用。计算结果常需要修正,并要和具体的采矿技术因素相结合。

方案法:方案法是按矿床具体条件选出几个方案,把各方案每吨矿石的总费用 $\Sigma\theta$ 拿来作技术经济比较。相差 $\pm 10\%$ 的各方案在经济上应该当作等值^①。对于金属矿床

来说,满足使用分析法的条件极为罕见,因而方案法使用最广。

3. 矿田中井田的开采顺序

用几个井田开采时,则各井田的开采顺序可能是同时的、依次的、或者同时又依次

① $\pm 10\%$ 误差所以视为等值,是因为计算时所取数据(赋存情况、技术经济指标和生产组织等)常有不同程度($\pm 10\%$)的误差。

的, 这些要取决于下列因素:

- 1) 矿床勘探程度;
- 2) 必需的矿山年产量的大小;
- 3) 矿井建设投资的多少和设备与劳动力的供应情况等。

我国目前采用较多的是, 几个井田既同时又依次地顺序进行开采。这样矿山可以边勘探, 边建设, 边生产, 集中力量使各井田分批分期, 逐个地投入生产, 可以使矿山早日出矿。

在倾斜或急倾斜的矿床沿走向布置井田时, 可用各种顺序进行开采。

沿倾斜依次开采缓倾斜矿床时, 经常使用下行次序。因为最初开采的井田井筒较浅, 需要较少的基建费用和较短的开拓时间, 最初的勘探时间亦短。

沿倾斜开采倾斜和急倾斜的金属矿床, 大多数用一个井田进行。

二、阶段或盘区

阶段 沿走向以井田边界为限, 沿倾斜以上下两个主要运输平巷为限的井田部分叫做阶段 (见图10)。

为了准备开采缓倾斜、倾斜和急倾斜矿床, 把井田划分为阶段。

阶段长度等于井田长度。

阶段高度(H_0)是上下两个主要阶段运输巷道的垂直距离或阶段沿倾斜的长度(H_n)。在垂直面上的投影即

$$H_0 = H_n \sin \alpha$$

实际上, 阶段高度变化范围很大 (从20~25到80~100米及以上), 20~25米和较小尺寸的阶段用于缓倾斜矿床和地质条件复杂的矿床, 例如东北某铅锌矿采用30米阶段高度就是因其矿床地质条件复杂。

影响阶段高度的因素:

- 1) 矿床尺寸和倾角以及其连续性;
- 2) 矿石和围岩的物理机械性质;
- 3) 所用的采矿方法;
- 4) 生产探矿的必要性;
- 5) 当矿井年产量为一定时, 阶段的开拓、采准和回采的时间;
- 6) 阶段间矿柱的开采条件, 矿柱的储量比重随阶段的增高而降低;
- 7) 每吨矿石 (从阶段上采出) 的井底车场、石门及采准巷道的掘进费与维护费;
- 8) 每吨矿石的提升、排水及回采工作的费用, 它们随阶段高度的增加而增大。

选择阶段高度应符合矿床的采矿技术条件, 所用的采矿方法特征, 并考虑开采费用。

从经济上看, 每吨矿石的基建费用 (与阶段高度有关的) 与生产费用最低时, 其阶段高度是最优的。

实际上确定最合理的阶段高度, 应对上述因素进行全面的综合考虑, 其中某些因素的影响在一定条件下, 可以采用下列三种计算方法求得:

- 1) 根据矿井年产量及沿走向回采工作进度的大小。对于埋藏要素不变, 形状规则的矿床, 可按下式计算:

$$P = \frac{n_0 \cdot n_k \cdot H_0 \cdot L \cdot m \gamma \eta}{\sin \alpha} \cdot \frac{1}{1 - \rho} \quad (7)$$

式中 P —— 矿井年产量;

n_0 —— 同时开采的阶段数;

n_k —— 阶段中翼数;

H_0 —— 阶段垂直高度;

α —— 矿床倾角;

L —— 在阶段的一翼中沿走向回采工作面的年推进速度;

m —— 矿层的垂直厚度;

γ —— 矿石容重;

η —— 储量回收率;

ρ —— 矿石贫化率。

所以:

$$H_0 = \frac{P \sin \alpha (1 - \rho)}{n_0 n_k L m \gamma \eta} \text{ 米。}$$

2) 根据最小费用, 有两种计算方法:

(1) 分析法: 把每吨矿石有关阶段高度的基建费用和生产费的总和列成方程式

$$\Sigma \theta = f(H_0) \quad (8)$$

从 $\frac{d\Sigma \theta}{dH_0} = 0$, 决定最优的阶段高度 (H_0)。

(2) 方案法: 根据几个阶段高度的方案 (如 $H_0 = 40, 50, 60$ 米等), 确定各方案每采出 1 吨矿石的基建费和生产费的总和, 用作比较根据比较结果, 选出最优的阶段高度。阿果什柯夫对上述方法进行了计算和分析得出: 经济上合理的阶段高度变动范围甚大, 因此认为“用经济计算方法求得的阶段高度照例是没有意义的”。在实际工作中, 对金属矿床来说, 用计算选择阶段高度的方法是按最小费用确定最优的阶段高度 (H_0)。这种方法用得很少。当采用时必须用采矿技术条件, 采矿方法特征, 生产经验以及其他因素加以校正。直接参照技术要求及生产经验来确定阶段高度的方法用得较多。用其他方法所确定的最优阶段高度, 不应小于按阶段的开拓和采准的时间所得的阶段高度。

(3) 根据阶段开拓和采准时间。

在选定的矿井年产量条件下, 阶段中的矿石储量能保证下一阶段的开拓和采准, 并对开采阶段的回采时间有必要的超前, 依此来确定最小阶段高度 ($H_{\text{эмин}}$):

$$H_{\text{эмин}} S \gamma \eta \frac{1}{(1 - \rho)} = P \cdot \omega t_{\text{вп}}$$

式中 S —— 矿床的水平面积;

ω —— 开拓和采准对回采的超前系数;

$t_{\text{вп}}$ —— 阶段开拓与采准的时间。

所以

$$H_{\text{эмин}} = \frac{P \omega t_{\text{вп}} (1 - \rho)}{S \gamma \eta} \text{ 米} \quad (9)$$

为此, 按下列条件校正:

$$H_{\text{э0}} > H_{\text{эмин}}。$$

井田中阶段开采顺序:

当用阶段开采时,井田中的阶段可用下行或上行顺序(图12)开采。通常用的是下行顺序开采。

下行顺序的优点:

- 1) 减少开拓时间和初期开拓费用,因为第一个阶段水平开拓之后,就起始开采矿床;
- 2) 可能避免开拓全部矿床的非生产费用,因为矿床深部勘探不够详细,有时甚至不足;
- 3) 采矿方法的选择范围比上行顺序广。

上行开采顺序在特殊情况下用于缓倾斜矿床。例如,必须把废石运到下部阶段的已采区以免提升到地面;为了减少涌水及当开采上部阶段时,利用下部阶段作蓄水池等。

阶段中采区的回采顺序:

用采准巷道把阶段分成采区,在采区里进行回采工作。根据回采工作对于主要开拓巷道的位置关系,阶段内的回采顺序分为:

1) 双翼回采(图13a),回采工作是从主要开拓巷道向两边同时进行。这种顺序可以造成很大的回采工作线,可以得到很大的采矿量,因而缩短了阶段的回采期限,所以在实际中使用最广泛。

2) 单翼回采(图13b)。在一翼进行回采工作后,依次回采另一翼,这种顺序在不得已情况下才使用。

3) 侧翼回采(图13b)从井田一边向另一边沿一个方向回采。这种顺序缩小了回采工作线和采掘规模。主要开拓巷道如侧翼布置时用侧翼回采,这是由于地形、矿床不长、或其他情况所致。

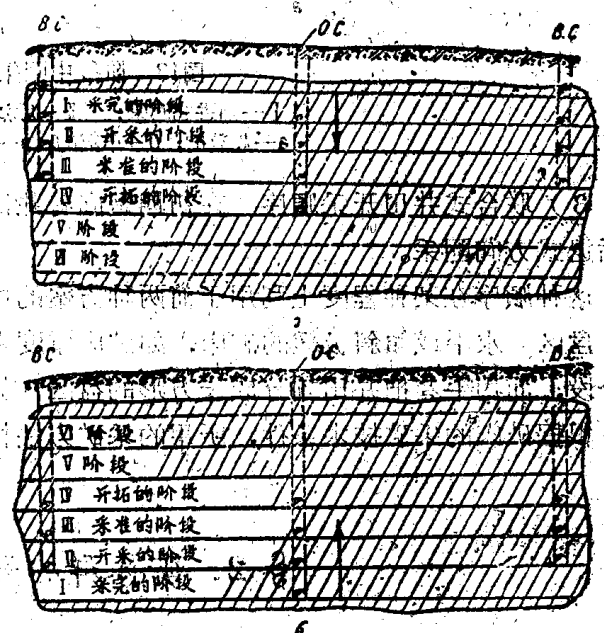


图12 井田中阶段开采顺序

a—下行的回采顺序, b—上行的回采顺序;
OC——主井筒, BC——副井筒

阶段划分翼后,在每一翼中的采区回采顺序又分为:

1) 前进式回采(图13I)随着采准巷道的前进而开采井田,其方向是从主要开拓巷道向井田边界进行。

前进式回采工作开展最快,但这种顺序增加了采准巷道的维护费(中央式布置时但金属矿往往围岩稳固亦有不发生此现象的)。

前进式回采往往有的采准储量不多,由于生产和管理上的不均衡,采准和回采的超前关系容易被破坏,因而易造成采准储量不足的被动局面。

2) 后退式回采 (图13 II) 在井田全长上进行采准, 回采工作是从井田边界向主要开拓巷道方向进行。

后退式回采, 采准维护费较少, 并有足够的采准储量, 但井田的准备工作时间很长。

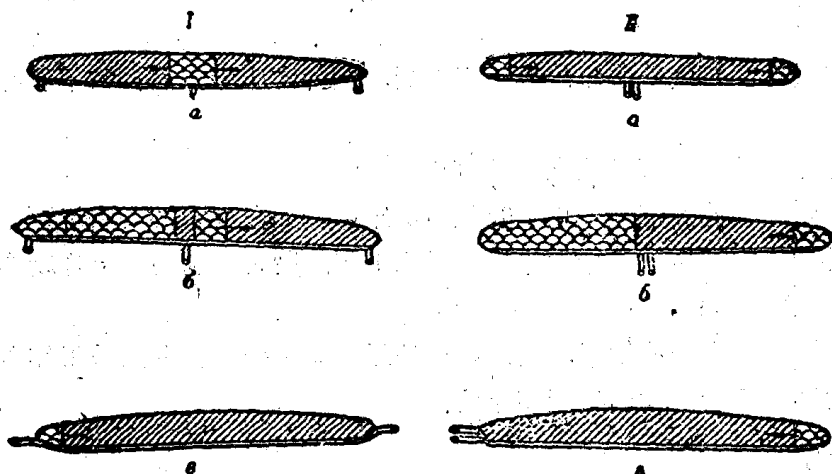


图13 阶段中回采顺序

I—前进式回采; II—后退式回采;
a—双翼的; б—单翼的; в—侧翼的

3) 联合式井田开采顺序 在初期是向着井田边界进行回采; 当采准完成以后, 就以后退式方向回采。

这种顺序在某种程度上利用了前两种方案的优点。

盘区 水平或倾斜极缓的矿床, 如矿床厚度未超过允许的阶段高度, 则不划分井田为阶段, 而用平巷把井田划分成长方形的盘区 (见图9)。

根据矿床的采矿技术条件, 所用的采矿方法特点及矿石运输条件等选择盘区的尺寸。

§ 2. 矿体群的开采顺序

一、开采顺序的重要性

假如矿体群的埋藏位置彼此距离很近 (如2—4米), 则开采工作应统一考虑。

相邻矿脉开采有下列三种方式:

- 1) 开采主要的大脉, 丢弃工业价值不大或不符合开采要求的小脉;
- 2) 多脉合采, 就是几条彼此距离很近的矿脉合并在一起, 当作较厚的矿脉来开采, 开采时可使用一种采矿方法, 这种采矿法可以是分采的采矿法, 也可是合采的采矿法。

3) 按脉分采, 就是各条矿脉单独开采, 所有矿脉不一定全使用一种采矿法, 也不一定同时开采, 其中一个矿体开采若处理不当, 将使其邻接矿体遭受不良影响, 发生移动。开采时不安全, 甚至不能开采。

这时就出现了相邻矿脉的开采顺序问题。应使先采的矿体不会影响后采的矿体。

二、开采顺序

矿体群的开采顺序视矿体的倾角和围岩的性质而定。矿体群的开采顺序有二：从上盘向下盘，从下盘向上盘。

1. 从上盘向下盘的开采顺序

1) 如矿脉的倾角小于或等于围岩的崩落角，则先开采上盘的矿脉，不致影响下盘的矿脉（图14 a）。如先开采下盘矿脉，则上盘岩石及矿脉均在崩落带之内（图14 b）。

2) 当矿脉倾角大于围岩崩落角且围岩稳固时，先开上盘的矿脉，次开下盘的矿脉（图15），则下盘矿脉不致受影响。使上述原则时，应注意，当崩落角的形成落后于矿房的回采时，上述原则可适当考虑变化。

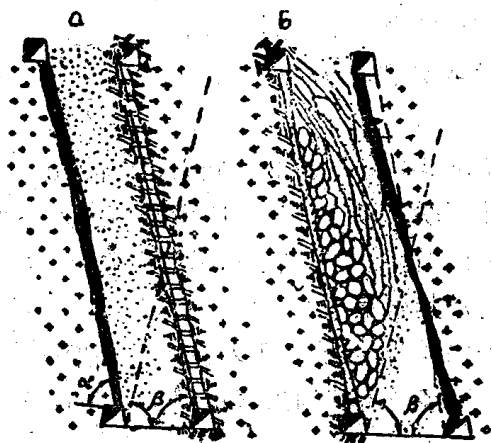


图14 矿脉倾角小于围岩崩落角的相邻矿脉开采顺序



图15 围岩稳固且矿脉的倾角大于围岩崩落角时，矿体群的开采顺序

2. 从下盘向上盘的开采顺序

如围岩不稳固，则从下盘向上盘分别回采，并用横撑支柱及充填法开采下部矿脉（图16）。

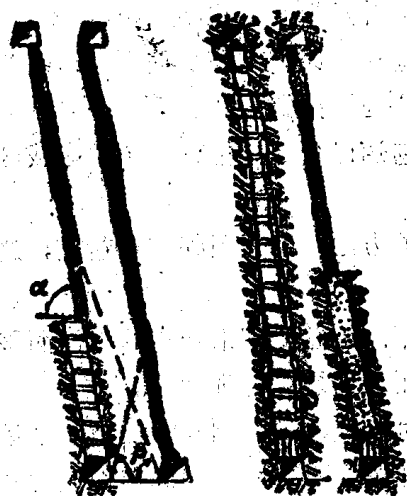


图16 围岩不稳固，矿脉的倾角大于围岩崩落角时，矿体群的开采顺序

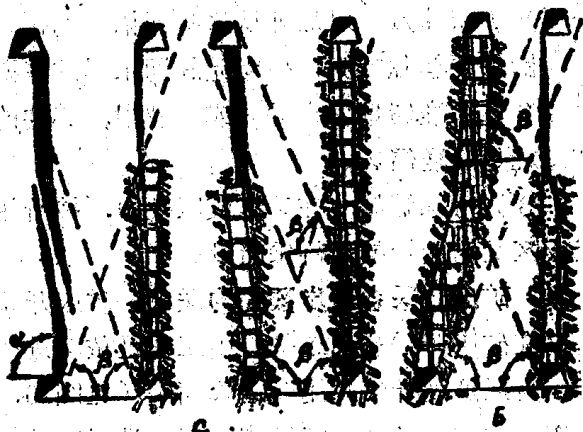


图17 垂直矿脉群的开采顺序