

高等学校教学用书

金属矿床地下开采

冶金工业出版社

冶金工业出版社

高等学校教学用书
金属矿床地下开采
解世俊等 编

冶金工业出版社出版
新华书店北京发行所发行
冶金工业出版社印刷厂印刷

787×1092 1/16 印张 28 3/4 字数 690 千字

1979年11月第一版 1979年11月第一次印刷

印数00,001~10,000册

统一书号: 15062·3472 定价 3.20 元

序 言

采矿工业是现代工业的基础。大力发展采矿工业是高速发展冶金工业和其它工业的需要，是实现社会主义的工业、农业、国防和科学技术现代化的需要。

解放以来，随着社会主义建设的发展，我国采矿工业取得了很大的成绩，设计和采用了新的开拓方法、采矿方法以及新的工艺，积累了许多宝贵的经验。

《金属矿床地下开采》是采矿专业的教学用书，根据冶金工业部高等学校采矿专业教学计划编写。本书包括金属矿床地下开采的基本知识，地下采矿方法及其选择，矿床开拓方法及其选择以及开采设计中的几个主要问题。学习本课程和其它有关课程的目的是使学生根据矿山的地质条件和技术经济条件，能够正确地选择矿床开拓方法和采矿方法，具有采矿设计、科学研究和生产技术工作的初步能力。

本书由东北工学院等七个院校合编，解世俊任主编。编写分工：序言、结束语、第一章和第二章——解世俊；第三章——曾跃；第二章第五节之二和第四章第一节——帖庆熙；第四章第二节、第三节和第十三章——王辉光；第五章——王妙钦；第六章、第八章和第十六章——张玉清；第七章、第十章、第十五章和第十七章——王家齐；第九章、第十一章和第十二章——胡子发；第十四章——刘兴国。

在编写过程中，得到许多院校、矿山、设计和研究单位的大力支持和帮助，在此表示衷心地感谢！

由于编写时间较短，特别是编者的业务水平所限，书中一定有不少缺点和错误，欢迎读者批评指正。

编 者

1979年3月

目 录

序 言

第一篇 采矿方法	1
第一章 金属矿床地下开采的基本概念	1
第一节 矿床的工业特征.....	1
第二节 金属矿床地下开采概述.....	5
第三节 采矿方法分类.....	11
第二章 空场采矿法	13
第一节 房柱采矿法.....	14
第二节 浅孔留矿法.....	19
第三节 分段采矿法.....	26
第四节 阶段矿房法.....	28
第五节 深孔落矿.....	37
第六节 矿块的底部结构.....	46
第三章 充填采矿法	58
第一节 干式充填采矿法.....	59
第二节 水力充填采矿法.....	66
第三节 胶结充填采矿法.....	75
第四节 水力充填.....	79
第五节 胶结充填.....	112
第四章 崩落采矿法	123
第一节 有底柱崩落法.....	124
第二节 无底柱分段崩落法.....	159
第三节 壁式崩落法.....	192
第五章 矿柱回采和空区处理	202
第一节 矿柱回采概述.....	202
第二节 敞空矿房的矿柱回采.....	205
第三节 充填矿房的矿柱回采.....	208
第四节 空区处理.....	215
第六章 矿山企业设计技术方案的比较	222
第一节 矿山企业设计中的综合分析比较法.....	222
第二节 比较评价设计技术方案的依据.....	223
第三节 矿石损失与贫化.....	234
第七章 采矿方法选择	239
第一节 选择采矿方法的基本要求.....	239
第二节 影响采矿方法选择的主要因素.....	239
第三节 采矿方法选择.....	241

第八章 矿山企业生产能力和服务年限	247
第一节 确定矿山企业生产能力的依据	247
第二节 技术上可能的矿山企业生产能力	249
第三节 经济上合理的矿山企业生产能力和服务年限	254
第二篇 矿床开拓	259
第九章 矿床开拓方法	259
第一节 概述	259
第二节 开拓方法	260
第三节 主副井布置方式	275
第十章 主要开拓巷道位置的选择	277
第一节 选择主要开拓巷道位置应考虑的因素	277
第二节 根据最小运输功确定主要开拓巷道的位置	277
第三节 根据不受陷落破坏确定主要开拓巷道的位置	280
第十一章 主要开拓巷道类型及断面	284
第一节 平硐	284
第二节 斜井	287
第三节 竖井	292
第四节 斜坡道	305
第十二章 溜井及地下破碎	309
第一节 溜井	309
第二节 地下破碎	323
第三节 装矿设施及粉矿回收	328
第十三章 阶段平面开拓设计	330
第一节 阶段运输巷道的布置	331
第二节 阶段运输巷道中的线路	334
第三节 机车及矿车的选择	355
第十四章 井底车场	359
第一节 竖井井底车场形式	359
第二节 井底车场线路平面布置	363
第三节 井底车场线路坡度计算	371
第四节 井底车场通过能力	386
第五节 斜井井底车场	393
第六节 斜井甩车场设计	398
第七节 斜井吊桥	412
第八节 井底车场设计中坐标计算	419
第十五章 矿山总平面布置	430
第一节 矿山总平面布置设计的任务与内容	430
第二节 工业场地的选择及其平面布置	431
第三节 地面运输方式的选择	435
第十六章 矿床开拓方案选择	437
第一节 概述	437

第二节	选择矿床开拓方案的方法和步骤	438
第十七章	矿床开采进度计划的编制	442
第一节	概述	442
第二节	基建进度计划的编制	443
第三节	采掘进度计划的编制	449
结束语		451

第一篇 采 矿 方 法

第一章 金属矿床地下开采的基本概念

采矿的对象是矿床。从矿床中将矿石开采出来，必须有计划有步骤地进行。同时，在开采过程中，并不是地下所有矿石都能全部采出，运至地面，而是有一部分矿石要丢在地下。因此，在学习矿床开拓和采矿方法之前，必须对金属矿床的工业特征，金属矿床地下开采的生产过程，金属矿床地下开采必须遵循的原则，开采过程中发生的矿石损失与贫化，采矿方法分类等有基本的了解。

第一节 矿床的工业特征

一、矿石与废石

凡是地壳里面的矿物集合体，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体。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。在矿体周围的岩石（围岩）以及夹在矿体中的岩石（夹石），不含有用成分或含量过少，当前不宜作为矿石开采的，则称为废石。矿石和废石的概念是相对的，是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。一般地讲，划分矿石与废石的界限取决于下列因素：国家的社会制度及所规定的技术经济政策；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。

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%；经过不断地改进采矿和选矿工艺，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，今天已经可以作为矿石进行开采了。

二、金属矿石的种类

作为提取金属成分的矿石，称为金属矿石。根据所含金属的种类不同，金属矿石可分为：贵金属矿石（金、银、铂等），有色金属矿石（铜、铅、锌、铝、镍、钴、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）。按所含金属成分数目，金属矿石又可分为：单一金属矿石和多金属矿石。

金属矿石按其所含金属矿物性质、矿物组成和化学成分可分为：

1. 自然金属矿石

金属以单一元素存在于矿床中的矿石，称为自然金属矿石。如金、银、铂等。

2. 氧化矿石

这是指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。

3. 硫化矿石

即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。

4. 混合矿石

矿石中含有前三种矿物中两种以上的混合物。

矿石中 useful 成分的含量，称为品位。矿石品位常用百分数表示，对于黄金等贵金属矿石，用一吨（或一立方米）矿石中含若干克有用成分来表示。

按品位的高低，金属矿石可分为富矿和贫矿。以磁铁矿矿石为例，品位超过55%为平炉富矿；品位在50~55%之间为高炉富矿；品位在30~50%为贫矿。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：硬度、坚固性、稳固性、结块性、氧化性、自燃性、含水性及碎胀性等。

1. 硬度

矿岩抵抗工具侵入的性能，叫做硬度。矿岩的硬度取决于矿岩的组成，即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物的情况等。

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，但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。而坚固性所抵抗的外力，却是一种综合的外力，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。但目前国内常用其表示矿岩的极限抗压强度，即

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

式中 R ——矿岩的极限抗压强度，公斤/厘米²。

3. 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实际状况有关（如巷道的方向及其形状，开采深度等）。稳固性和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，不能将二者混同起来。

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。根据矿石或岩石的稳固程度，可分为五种情况：

(1) 极不稳固的。是指掘进巷道或开辟采场时，不允许有暴露面积，否则可能产生片帮或冒落现象。在掘进巷道时，须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，允许有较小的不支护的暴露空间，一般允许的暴露面积在50米²以内。

(3) 中等稳固的。是指不支护的暴露面积为50~200米²。

(4) 稳固的。这种情况允许不支护的暴露面积为200~800米²。

(5) 极稳固的。不需支护的暴露面积在800米²以上。

4. 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，又连结成整块的性质，一般可能使矿石结块的因素有：（1）矿石中含有粘土质物质，受湿及受压后粘结在一起；（2）高硫矿石遇水后，由于矿石表面氧化，形成硫酸盐薄膜，受压后连结在一起。

矿石的结块性，对放矿、装车及运输等生产环节，均有很大的困难，甚至影响某些采矿方法的顺利使用。

5. 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，就要氧化。氧化后的矿石，会降低选矿的回收率。

6. 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。

7. 含水性

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

8. 碎胀性

矿岩在破碎后，碎块之间有较大的空隙，其体积比原岩体积要增大，这种性质称为碎胀性。破碎后的体积与原岩体积之比，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，对于矿床开拓和采矿方法的选择，有直接的影响。因此，金属矿床的分类，一般按其矿体形状、倾角和厚度三个因素进行分类。

1. 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。它的特点是：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。

在开采脉状矿床和块状矿床时，要加强探矿工作，以充分回收矿产资源。

2. 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° 。

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床时，各种有轨或

无轨运搬设备可以直接进入采场。在缓倾斜矿床中运搬矿石，可采用人力或电耙、运输机等机械设备。在倾斜矿床中，可借助溜槽、溜板或爆力抛掷等方法，进行自重运搬矿石。在急倾斜矿床中，可利用矿石自重的重力运搬方法。此外，矿体倾角对于选择开拓方法，也有很大的影响。

应该指出，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，必然发生相应的变化。因此，这种分类方法只是相对的。同时，在能利用矿石自重运搬方法的条件下，也有普遍应用机械设备（如电耙、装运机、铲运机等）装运矿石的发展趋势。

3. 按矿体厚度分类

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。前者叫做垂直厚度或真厚度（图1-1中 a ），后者叫做水平厚度（图1-1中 b ）。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。二者之间关系如下式：

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

式中 a ——矿体的垂直厚度，米；
 b ——矿体的水平厚度，米；
 α ——矿体的倾角，度。

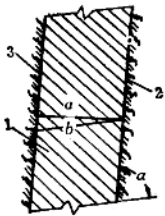


图 1-1 矿体的水平厚度和垂直厚度

1—矿体；2—矿体的下盘；
3—矿体的上盘

- (1) 极薄矿体，厚度在0.8米以下。
- (2) 薄矿体，厚度在0.8~4米之间。
- (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。

开采极薄矿体时，掘进巷道和采矿都需开掘部分围岩，方能创造正常的工作空间。开采薄矿体时，在缓倾斜条件下，可用单分层进行回采，为人工支柱的最大允许厚度；在倾斜和急倾斜的条件下，回采时不需要采掘围岩。回采中厚矿体时，一般用浅孔采矿方法，且可沿矿体走向布置矿块。开采厚和极厚矿体时，可用深孔落矿方法进行回采。同时，在厚矿体条件

下，矿块仍可沿走向布置，而对于极厚矿体，矿块则需垂直走向布置。当矿体厚度大于50~60米时，往往需留走向矿柱（图1-2）。

五、金属矿床的特点

金属矿床的地质条件较为复杂，对矿床开采有较大影响的有：

1. 矿床赋存条件不稳定

矿体的厚度、倾角及形状均不稳定。在同一个矿体内，在走向方向上或在倾斜方向上，其厚度、倾角经常有较大的变化，且常出现尖灭、分枝复合等现象。这就要求有多种采矿方法和采矿方法本身要有一定的灵活性，以适应复杂的地质条件。

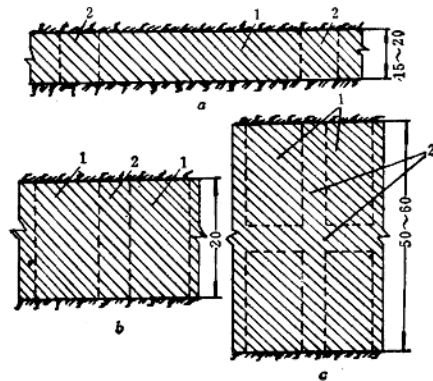


图 1-2 矿块的布置方式

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走向矿柱
1—矿房；2—矿柱

2. 矿石品位变化大

在金属矿床中，矿石品位在矿体的走向上及倾斜上，经常有较大的变化。这种变化有时有一定的规律，如随深度的增加，矿石品位变贫或变富。在矿体中还经常存在夹石。有些硫化矿床的上部有氧化矿，使同一矿体产生分带现象。这些都对采矿提出特殊的要求：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。

3. 地质构造复杂

在矿床中经常有断层、褶皱，穿入矿体中的岩脉、断层破碎带等地质构造。这都给采矿和探矿工作，带来很大的困难。

4. 矿石和围岩的硬度较大

多数金属矿床均有这个特点。因此，一般采用凿岩爆破方法来崩落矿石和围岩，这对实现综合机械化开采，造成一定的困难。

5. 矿床的含水性

某些金属矿床大量含水，对开采有很大的影响。矿床含水大，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（如含水的碎矿石容易结块和卡漏，大量的含水，会降低矿岩的稳固性等）。

第二节 金属矿床地下开采概述

一、井田及其划分原则

划归一个矿山企业开采的全部矿床或其一部分叫矿田。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井田（图1-3）。矿田有时等于井田，有时包括数个井田。

井田的大小是矿床开采中的重要参数。在倾斜和急倾斜矿床中，井田尺寸一般用沿走向长度 L 和沿倾斜长度或垂直深度 H 来表示（图1-4）。在水平和微倾斜矿床中，则用长度 L 和宽度 B 来表示（见图1-5）。

当矿床的范围不大，矿体又比较集中，为了生产管理方便，可以用一个井田开采。相反，当矿床范围很大或矿体比较分散，如用一个井田开采全部矿床，则所开掘的巷道工程量大，生产地点过于分散，因而会造成经济上不合理，此时应划分为几个井田开采。

在实际生产中，往往矿床的上部用几个井田开采，而矿床的下部则用一个井田开采。当矿床范围较大，其深部尚未完全勘探清楚，并要求在最短时间开始采矿时，常采用这种方式。

井田的划分及其范围的确定，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的合理性综合分析来确定。

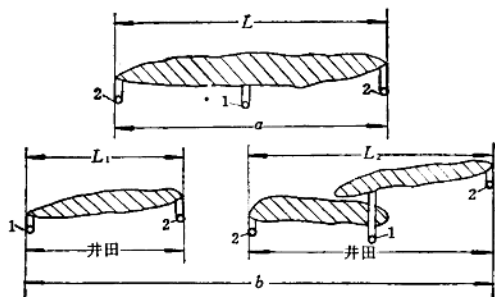


图 1-3 矿田和井田

a —矿田等于井田； b —矿田包括两个井田；

1—主井；2—副井； L 、 L_1 、 L_2 —井田长度

一般情况下，金属矿床的范围不大，井田大多与矿床界限相符合。另外，由于金属矿床地表地形条件复杂，在很多情况下是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。

当开采一个很大的矿床时，确定合理的井田范围，须考虑下列因素：

1. 国家对矿山基本建设时间和年产量的要求

一般说来，大井田基建时间长，设备需要的多而且大，基建投资多。小井田则相反。因此，应根据我国国民经济发展的需要，并考虑当前设备材料供应的条件，确定合适的井田尺寸。

2. 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，造成投资过大。

3. 矿床的埋藏特征

矿体数目及其厚度，有无地质破坏，有无规模较大的无矿带等。一般情况下，为使一个井田有足够的储量，并从生产管理方便出发，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。当开采极厚的埋藏较深的矿床，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. 矿区地表地形条件

河流、湖泊、有无铁路干线穿过矿体等。

5. 最好的经济效果

井田是独立的生产单位，因此，在划分井田时就应考虑该生产单位在基建时期的投资费达到最节省，在生产时期的经营费达到最低。

二、阶段、矿块和盘区、采区

1. 阶段、矿块

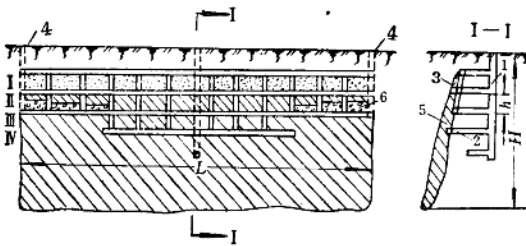


图 1-4 阶段和矿块的划分

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—矿体垂直埋藏深度；h—阶段高度；L—矿体的走向长度；1—主井；2—石门；3—天井；4—副井；5—阶段运输平巷；6—矿块

(1) 阶段 在开采缓倾斜、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，这个矿段叫阶段。阶段的范围沿走向以井田边界为限，沿倾斜以上下两个主要运输巷道为限（图1-4）。

阶段高度是指上下两个相邻阶段运输平巷之间的垂直距离（图1-4中h）。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，确定合理的数值。当开采缓倾斜矿床时，它一般小于20~25米，开采急倾斜矿床时，通常为40~60米，甚至高达80~120米。

(2) 矿块 在阶段中沿走向每隔一定距离，掘进天井连通上下两个相邻的阶段运输

平巷，将阶段再划分为独立的回采单元，称为矿块（图1-4中6）。根据矿床的埋藏条件，选择不同的采矿方法来回采矿块。矿块的构成要素，将在采矿方法各章中分别介绍。

2. 盘区、采区

(1) 盘区 在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。此时，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，此矿段称为盘区（图1-5）。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。后者主要决定于矿床的开采技术条件，所采用的采矿方法以及所选用的矿石运搬机械。

(2) 采区 在盘区中沿走向每隔一定距离，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，这个单元称为采区（图1-5中6）。采区的构成要素，将在有关采矿方法中介绍。

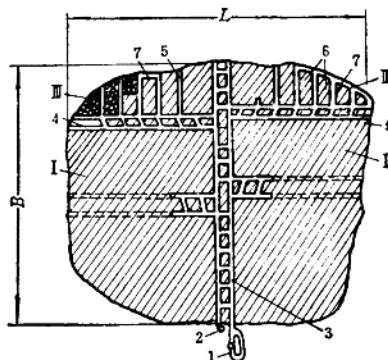


图 1-5 盘区和采区的划分

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—回采巷道；6—采区；7—切割巷道

三、矿床的开采顺序

1. 井田中阶段的开采顺序

当用阶段开采时，井田中阶段的开采顺序，可用下行式（图1-4）或上行式两种。下行式的开采顺序是先采上部阶段，后采下部阶段，由上而下地逐个阶段（或几个阶段）开采的方式。上行式则相反。

在生产实际中，一般多用下行式开采顺序。这种开采顺序有很多优点：节省初期投资；缩短基建时间；在逐步向下的开采过程中能进一步探清深部矿体，避免浪费；生产安全条件好；适用的采矿方法范围广泛等。

上行式开采顺序，仅在开采缓倾斜矿床时的某些特殊情况下使用。例如，地表无舍石场地，必须将上部的废石充填于下部的采空区，或者以深部采空区做为蓄水池用等。

2. 阶段中矿块的开采顺序

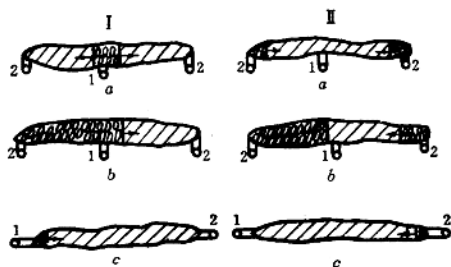


图 1-6 阶段中矿块的开采顺序平面图

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

按回采工作对主要开拓巷道（主井，主平硐）的位置关系，阶段中矿块的开采顺序可分为三种：

(1) 前进式开采 当阶段运输平巷掘进一定距离后，从靠近主要开拓巷道的矿块开始回采，向井田边界依次推进（图1-6中I）。这种开采顺序的优点是矿井初期基建时间短，缺点是增加了采准巷道的维护费用。

(2) 后退式开采 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回采

(图1-6中Ⅱ)。后退式开采的优缺点，与前进式开采基本相反。

(3) 混合式开采 初期用前进式开采，待阶段运输平巷掘完后，改为后退式开采，或者既前进又后退同时开采。这种开采顺序利用了上述两种开采顺序的优点，但生产管理比较复杂。

在生产实际中，只有当矿床埋藏条件简单，矿岩稳固，要求尽早在阶段中开展回采工作时，采用前进式开采顺序才比较合理，否则采用后退式为好。双翼回采(图1-6a)可以形成较长的回采工作线，获得较多的采矿量，从而可以缩短阶段的回采时间，在生产中使用最为广泛。单翼回采(图1-6b)使用很少，侧翼回采(图1-6c)只在受地形条件限制，矿体走向长度不大等情况下使用。

3. 相邻矿体的开采顺序

一个矿床若有多个彼此相距很近的矿体，开采其中某个矿体，将影响邻近的矿体。这时合理确定各矿体的开采顺序，对生产的安全和资源的回收都有很重要的意义。其开采顺序主要有：

(1) 矿体倾角小于或等于围岩的崩落角时，应采取从上盘向下盘推进的开采顺序(图1-7a)。此时先采位于上盘的矿体Ⅱ，其采空区的下盘围岩不会移动，因此，不会影响下盘矿体Ⅰ的开采。相反，将使矿体Ⅱ处在矿体Ⅰ采空区的上盘围岩崩落带之内，影响矿体Ⅱ的开采。

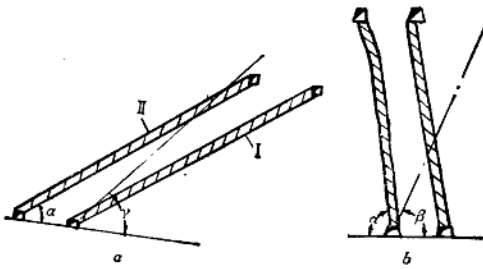


图1-7 相邻矿体的开采顺序

a—矿体倾角小于或等于围岩崩落角；b—矿体倾角大于围岩崩落角； α —矿体倾角； γ —下盘围岩崩落角； β —上盘围岩崩落角；I、II—两条相邻矿体

影响下盘矿体Ⅰ的开采。相反，将使矿体Ⅱ处在矿体Ⅰ采空区的上盘围岩崩落带之内，影响矿体Ⅱ的开采。

(2) 矿体倾角大于围岩崩落角、两矿体又相距很近时，无论先采那个矿体，都会因采空区围岩移动而相互影响(图1-7b)。这时相邻矿体的开采顺序，应根据矿体之间夹石层的厚度，矿石和围岩的稳固性，所选取的采矿方法和技术措施而定。一般是用先采上盘矿体后采下盘矿体的开采顺序。如夹石层

厚度不大，采用充填法或留矿法时，也可采用由下盘向上盘的开采顺序。

最后必须指出，在同一个井田内的数个矿体，往往有贫富不均，厚薄不匀，大小不一及开采条件难易不同等许多复杂条件。在这种情况下，确定矿床的开采顺序时，要注意贯彻贫富兼采、厚薄兼采、大小兼采、难易兼采的开采原则，否则，将破坏合理的开采顺序，并造成严重的资源损失。

四、矿床的开采步骤

金属矿床地下开采可分为开拓、采准、切割和回采四个步骤，这些步骤反映了不同的工作阶段(见图1-4及图1-5)。

1. 开拓工作

开拓工作是指从地面掘进一系列巷道达到矿床，使矿床连通地面，形成行人、运输、通风、排水、供电、供风、供水等系统。开拓的目的是把井下将要采出的矿石、废石，运至地面，同时把废水和污浊的空气排到地表，把人员、材料和设备运至井下。为此目的而

掘进的巷道，称为开拓巷道。

在开采缓倾斜、倾斜和急倾斜矿床时，属于开拓巷道的有：井筒（竖井、斜井），平峒，石门，井底车场及其硐室，主要阶段运输平巷，主要川脉巷道，主溜井及主充填井等（见图1-4）。在开采水平和微倾斜矿床时，井筒、主要运输巷道、盘区运输巷道等为开拓巷道（图1-5）。

2. 采准工作

采准工作是指在已开拓完毕的矿床里，掘进采准巷道，将阶段划分成矿块作为回采的独立单元，并在矿块内创造行人、凿岩、放矿、通风等条件。在开采倾斜和急倾斜矿床时，采准巷道有：阶段运输平巷和川脉巷道，通风行人天井，电耙巷道，漏斗颈和斗川，行人小井，放矿溜井，凿岩巷道，凿岩天井以及凿岩硐室等。在开采水平和微倾斜矿床时，采准巷道主要是回采巷道。

由于矿床赋存条件和所采用的采矿方法不同，所需掘进的采准巷道类型、数量和位置均有很大差别，这将结合每种采矿方法，进行具体介绍。

衡量采准工作量大小，常用采准系数和采准工作比重两项指标。

采准系数 K_1 ，是每一千吨矿块采出矿石总量所需掘进的采准、切割巷道米数，它可用下式计算：

$$K_1 = \frac{\sum L}{T} \times 1000, \text{米/千吨} \quad (1-3)$$

式中 $\sum L$ ——一个矿块中采准巷道和切割巷道的总长度，米；

T ——矿块的采出矿石总量，吨。

采准工作比重 K_2 是矿块中采准、切割巷道的采出矿量 T' 与矿块采出矿石总量 T 之比，即

$$K_2 = \frac{T'}{T} \times 100\% \quad (1-4)$$

采准系数只反映了矿块的采准切割巷道的长度，而未反映这些巷道的断面大小（即体积大小）；采准工作比重只反映了脉内采准切割巷道，而未包括脉外的采准切割巷道。因此，要根据具体情况，应用某个采准工作量指标或者两项指标配合使用，互相补充，则可全面地反映出矿块的采准工作量。

采准工作量是比较采矿方法优劣的一个重要指标。但是，对于地质条件较复杂的矿床，尤其当矿体较薄，矿块采出矿量较小时，采准工作必须为回采工作创造出良好的条件。因此，不能不加分析地认为采准工作量越小越好。

3. 切割工作

切割工作是指在已采准完毕的矿块里，为大规模回采矿石开辟自由面和自由空间。为此，要掘进拉底巷道和开辟拉底空间，或掘进切割巷道和切割天井及形成切割空间（切割槽），有的还要把漏斗颈扩大成漏斗形状（称为辟漏），为以后大规模采矿创造良好的爆破和放矿条件。拉底巷道、切割巷道和切割天井，一般称为切割巷道。掘进切割巷道以及拉底、开切割槽和辟漏等工程，统称为切割工作。

4. 回采工作

切割工作完成之后，就可以进行大量的采矿（有时切割工作和大量采矿同时进行），

常称为回采工作。它包括落矿、运搬和地压管理三项主要作业。

落矿是以切割空间为自由面，用凿岩爆破方法崩落矿石，一般根据矿床的赋存条件，所采用的采矿方法及凿岩设备，选用浅孔、中深孔、深孔及药室等落矿方法。

矿石运搬是指在矿块内把崩下的矿石，运搬到阶段运输巷道，并装入矿车。运搬方法主要有两种：重力运搬和机械运搬（电耙、装运机、汽车等）。有时单独采用一种运搬方法，有时两种运搬方法联合使用，这要根据矿床的赋存条件，所选用的采矿方法和运搬机械来确定。

地压管理是指矿石采出后，在地下形成的采空区，经过一般时间，矿柱和上下盘围岩就发生变形、破坏、崩落等地压现象。为保证开采工作的安全，对这种地压现象，要采取必要的技术措施，控制地压和管理地压，消除地压所产生的不良影响。地压管理方法有三种：留矿柱支撑采空区，充填采空区和崩落采空区。

开拓、采准、切割和回采之间的关系，必须保证矿山持续地均衡地生产，避免出现生产停顿或产量下降等现象。在矿山基建时期，上述各步骤是依次进行的；在正常生产时期，应贯彻“采掘并举，掘进先行”的方针，要按国家规定的标准，保证开拓必须超前于采准，采准必须超前于切割，切割必须超前于回采。

五、矿石损失与贫化的概念

在矿床开采过程中，由于某些原因而造成一部分工业储量，未能采出或采下的矿石不能完全运至地表，而损失在地下，这种情况叫做矿石损失。

造成矿石损失的原因是多方面的，但可以归纳为以下两个方面：

1. 地质因素

因地质破坏或矿床产状复杂，在开采时不能采出。

2. 开采技术因素

落矿不完全，放矿时残留在下盘岩石上，放矿时混入废石过多，品位过低，已无工业价值，留下矿柱未能采出等。

采出的纯矿石量和矿床工业储量之间的差值，叫做矿石绝对损失量。矿石的绝对损失量与储量之比，叫做矿石损失率。而采出的纯矿石量与储量之比，叫做矿石回收率。损失率和回收率，均用百分数表示。

在开采过程中，不仅有矿石损失，也有矿石贫化发生。矿石贫化是指采出矿石的品位比原矿石的品位降低了。品位降低的百分率，叫做贫化率。这是因为在矿床开采过程中混入了废石，或在个别情况下高品位的富矿粉的流失。但混入废石是造成贫化的主要原因。它主要是在落矿过程中，因边界控制不好，夹石未剔出和在覆盖岩石下放矿时发生的。

矿石损失与贫化这两项指标，是评价矿床开采的主要指标。它表示国家资源的利用情况和采出矿石的质量情况。在金属矿床开采中降低矿石的损失率和贫化率，具有很重大的意义。如开采一个储量有一亿吨的金属矿床，矿石的损失率从15%降到10%，就可以为国家多回收500万吨矿石。这对充分利用国家地下资源，增加矿山企业的寿命都有很大意义。同时，由于矿石的损失使采出的矿石量减少，因而导致分摊到每吨采出矿石的基建费用的增加，引起采出矿石成本的提高。此外，在开采高硫矿床中，在地下损失的高硫矿石，可能引起地下火灾的发生。再如，一个年产一百万吨铜矿石的矿山，采出的铜矿石品位为1%时，忽略加工过程的损失，每年可产一万吨金属铜。当采出矿石品位降低0.1%时，每

年就要少生产一千吨金属铜。矿石贫化率的增加，必然增加矿石运输，提升和加工费用。同时，矿石品位降低，也会导致选矿流程的金属回收率和最终产品质量的降低。

降低矿石损失和贫化的基本途径，就是正确地选择适合于矿床埋藏条件的开拓方法和采矿方法，确定合理的矿床开采顺序，同时还应加强探矿工作和矿山的企业管理工作，

六、对金属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。由于采矿生产是在复杂和困难的条件下进行的，保证工人、设备、设施以及整个矿井的安全，确保工作的良好环境，是评价矿床开采方法好坏的重要原则。

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较大。因此，采用高效率的采矿方法，采用先进技术和工艺，不断提高矿山生产的机械化水平，加强企业的科学管理，以提高劳动生产率，就显得非常重要。

3. 不断提高开采强度。开采强度是指矿田、井田、阶段、矿块的开采速度。提高开采强度，有利于完成和超额完成国家的生产任务，降低巷道的维修费和生产管理费。同时，提高开采强度，也是保证工作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，会使地下资源白白浪费，而且还会增加矿石成本。增加矿石的贫化，会使矿石的运输、提升和加工费用加大，并使选矿实收率和最终产品质量降低，使企业的金属产量降低。

5. 降低矿石成本。矿石成本，是评价矿山开采工作的一项重要综合指标。在采矿生产中，降低劳动消耗，提高采出矿石品位，提高劳动生产率，减少材料和动力消耗等，是降低矿石成本的主要途径。

第三节 采矿方法分类

一、采矿方法及其分类的目的与要求

在金属矿床地下开采时，首先把井田划分为阶段（或盘区），然后再把阶段（或把盘区）划分为矿块（或采区），矿块（或采区）即为独立的回采单元。

采矿方法就是研究矿块（或采区）的开采方法，它包括采准、切割和回采工作。根据回采工作的需要，设计与施工采准和切割巷道的数量、位置与结构，并开凿与之相适应的切割空间（拉底、切割槽、辟漏）。反之，采准与切割工作在数量上和质量上不能满足回采工作要求时，则必然影响回采矿石的效果。因此，为了回采矿块中的矿石，在矿块中和在围岩中所进行的采准、切割和回采工作的总合，就称为采矿方法。

由于金属矿床埋藏条件的复杂性，矿岩性质的多变性，采矿技术条件的不断完善和改进，在生产实践中应用了种类繁多的采矿方法。为了便于认识各种采矿方法互相区别的特殊本质，掌握其共性，进一步研究和寻求新的采矿方法，应对采矿方法进行分类。

采矿方法分类应满足下列基本要求：

1. 分类应以简单明了的原则为基础，这个原则应是采矿方法最主要的特征。
2. 分类不应庞杂和繁琐，但应包括国内外应用极为普遍的主要采矿方法，对于个别情况使用的采矿方法或明显落后且趋于淘汰的某些采矿方法，应从分类表中删去。
3. 分类必须反映采矿方法的实质，并为选择和研究采矿方法的基础。每类采矿方法