

# 非金属矿床地下开采

武汉建筑材料工业学院 编



高等学校试用教材

中国建筑工业出版社

全书共十七章，全面讲述了非金属矿床的工业特征、矿床开拓，采矿方法及非金属矿床地下开采设计等内容。本书为高等学校非金属采矿专业教学用书，亦可供矿山工程技术人员参考。

高等学校试用教材  
**非金属矿床地下开采**

武汉建筑材料工业学院 编

中国建筑工程出版社出版(北京西郊百万庄)  
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售  
中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

开本：787×1092毫米 1/16 印张：19% 字数：478千字

1984年12月第一版 1984年12月第一次印刷

印数：1—2,400册 定价：2.05元

统一书号：15040·4647

## 前 言

《非金属矿床地下开采》是根据国家建材总局审定的非金属采矿专业教学计划及课程教学大纲编写的,为非金属采矿专业教学用书,也可供矿山工程技术人员参考。本书包括矿床地下开采基本知识、矿床开拓、采矿方法以及矿床开采设计中的主要问题 and 经济评价方法。

本书反映了我国非金属矿山开采现状,注意吸收并力图反映了国内外采矿先进科学技术,认真考虑了各兄弟院校教材改革的经验。

本书第一章至第八章由陈均海编写,第九章至第十七章由田生魁编写。在编写过程中我们使用了苏州非金属矿山设计院、鞍山黑色矿山设计院、南昌有色矿山设计院、长沙矿山研究院、金州石棉矿、朝阳石棉矿、涞源石棉矿、四川石棉矿、新疆云母公司、丹巴云母矿、应城石膏矿、邵东石膏矿、荆门石膏矿、定远石膏矿、蒙阴金刚石矿、海城滑石矿、海阳滑石矿、鲁塘石墨矿、苏州瓷土公司、西华山钨矿、凡口铅锌矿、向山硫铁矿、刘冲磷矿等矿山编写的文件与资料,我们表示深切的谢意。

本教材主审是中南矿冶学院李德成。参加审定工作有:东北工学院俞明震、四川建筑材料工业学院蔡本裕、山东建筑材料工业学院窦长儒、苏州非金属矿山设计院王儒森、中国建筑工业出版社张梦麟,以及武汉建筑材料工业学院林朝娥、傅广生等同志,对于他们的指导及提供的宝贵意见,表示衷心感谢。

由于我们水平有限和时间仓促,书中错误与缺点在所难免,恳请读者批评指正。

编者于武汉建筑材料工业学院

1983年6月

# 目 录

## 前 言

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 第一章 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 非金属矿床地下开采的一般问题 ..... | 5   |
| 第三节 矿石损失与贫化 .....        | 13  |
| 第二章 矿床开拓 .....           | 17  |
| 第一节 矿床开拓方法 .....         | 17  |
| 第二节 开拓系统及副井位置 .....      | 32  |
| 第三章 采矿方法分类 .....         | 35  |
| 第四章 空场采矿法 .....          | 38  |
| 第一节 全面采矿法 .....          | 38  |
| 第二节 房柱采矿法 .....          | 43  |
| 第三节 分段采矿法 .....          | 49  |
| 第四节 阶段矿房采矿法 .....        | 55  |
| 第五章 留矿采矿法 .....          | 61  |
| 第一节 普通留矿法典型方案 .....      | 61  |
| 第二节 选别留矿法 .....          | 64  |
| 第三节 留矿采矿法技术经济评述 .....    | 67  |
| 第四节 矿块底部结构 .....         | 68  |
| 第六章 充填与支柱采矿法 .....       | 79  |
| 第一节 选别充填采矿法 .....        | 79  |
| 第二节 干式充填采矿法 .....        | 88  |
| 第三节 水砂充填采矿法 .....        | 92  |
| 第四节 胶结充填采矿法 .....        | 110 |
| 第五节 支柱和支柱充填采矿法 .....     | 116 |
| 第六节 充填与支柱采矿法技术经济评述 ..... | 119 |
| 第七章 崩落采矿法 .....          | 121 |
| 第一节 壁式崩落采矿法 .....        | 121 |
| 第二节 分层崩落采矿法 .....        | 133 |
| 第三节 分段崩落采矿法 .....        | 138 |
| 第四节 阶段崩落采矿法 .....        | 166 |
| 第八章 矿柱回采与空场处理 .....      | 176 |
| 第一节 概述 .....             | 176 |
| 第二节 缓倾斜和水平矿体的矿柱回采 .....  | 177 |
| 第三节 倾斜和急倾斜矿体的矿柱回采 .....  | 179 |
| 第四节 采空区处理 .....          | 189 |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 第九章 采矿方法选择与设计 .....             | 197 |
| 第一节 采矿方法选择 .....                | 197 |
| 第二节 采矿方法的经济评价方法 .....           | 201 |
| 第三节 采矿方法设计 .....                | 203 |
| 第十章 矿山生产能力的确定 .....             | 215 |
| 第一节 矿山生产能力确定的原则和影响因素 .....      | 215 |
| 第二节 确定矿山生产能力的方法 .....           | 216 |
| 第十一章 主要开拓巷道的位置 .....            | 225 |
| 第一节 影响主要开拓巷道位置选择的因素 .....       | 225 |
| 第二节 按最小运输功确定主要开拓巷道的位置 .....     | 225 |
| 第三节 按不受岩石移动破坏确定主要开拓井巷的位置 .....  | 229 |
| 第十二章 阶段开拓巷道布置 .....             | 232 |
| 第一节 阶段高度的确定 .....               | 232 |
| 第二节 单矿体阶段运输巷道的布置 .....          | 234 |
| 第三节 矿体群阶段运输巷道的布置 .....          | 236 |
| 第十三章 溜井和地下破碎 .....              | 239 |
| 第一节 溜井 .....                    | 239 |
| 第二节 井下破碎 .....                  | 244 |
| 第三节 井底粉矿回收 .....                | 246 |
| 第十四章 井底车场 .....                 | 248 |
| 第一节 概述 .....                    | 248 |
| 第二节 竖井井底车场 .....                | 249 |
| 第三节 斜井井底车场 .....                | 262 |
| 第四节 井底车场硐室 .....                | 274 |
| 第十五章 矿山总平面布置 .....              | 276 |
| 第一节 工业场地的选择 .....               | 276 |
| 第二节 工业场地的平面布置 .....             | 279 |
| 第三节 工业场地的竖向布置 .....             | 283 |
| 第四节 工业场地的生产及生活工艺管线布置 .....      | 284 |
| 第五节 总平面布置的方案比较 .....            | 285 |
| 第十六章 矿床开拓方案选择与比较 .....          | 287 |
| 第一节 评价矿山企业设计技术方案的主要技术经济指标 ..... | 287 |
| 第二节 矿床开拓方案选择的方法和步骤 .....        | 290 |
| 第三节 矿床开拓方案的经济比较方法 .....         | 291 |
| 第十七章 基建及采掘进度计划 .....            | 299 |
| 第一节 概述 .....                    | 299 |
| 第二节 三级矿量及投产条件 .....             | 300 |
| 第三节 基建进度计划的编制 .....             | 303 |
| 第四节 采掘进度计划 .....                | 306 |
| 参考资料 .....                      | 308 |

# 第一章 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

采矿的工作对象是矿石与围岩。首先要对矿床、矿石和围岩的工业特征作全面的了解,这样才能更有效地进行采矿工作。

#### (一) 矿石与围岩

地壳中的有用矿物在地质作用下聚集在一起,就其质与量而言,在工业上有应用价值的称之为矿床。

凡是在目前开采技术水平和经济条件下,能以工业规模从矿床中提取含有社会生产所必须的金属或非金属矿物的产品称为矿石。

直接与矿体接触的不含矿石或含矿石成分很少或矿石质量太差无工业价值的岩石称围岩。在矿体中无用的岩石称夹石(脉石)。围岩与夹石通常都称之为废石。

矿石与围岩的概念是相对的、有条件的。它与采矿和矿石加工的技术水平、矿床的埋藏条件都有直接的关系。例如南票煤田的煤层底板是粘土层,过去不作评价,作为废石处理。后来需要粘土矿时,经勘探证明是一个耐火粘土矿床。再例如湖北应城等石膏矿山,过去一直主要开采纤维石膏( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 含量为98%左右),将硬石膏( $\text{CaSO}_4$ 平均含量为70~80%)作为废石处理,自从硬石膏在水泥工业中得到了应用之后,它就当作矿石来开采。

#### (二) 矿石与围岩的性质

矿石与围岩的性质往往是确定矿山所选用的采矿方法、巷道支护方法及其它一些重要问题的主要因素。对矿床开采有较大影响的矿石与围岩性质如下:

##### 1. 硬度

矿石或岩石抵抗外来工具侵入和爆破破碎的能力叫矿石或岩石的硬度。矿岩的硬度主要与自身的组成与结构等有关。

矿石与岩石的硬度,按其对回采工作的影响,可以分为以下几种:

软矿岩——普氏系数在3~4以下,例如滑石、瓷土、石膏、岩盐等,开采此类矿石时,可采用机械落矿,当采用凿岩爆破落矿时,一般可采用回转式电钻打眼。

中硬矿岩——普氏系数4~9。开采此类矿石时,一般采用凿岩爆破的方法。

硬矿岩——普氏系数在10以上。开采矿岩时只能采用爆破落矿,且钻孔及崩矿费用在回采作业中所占比重较大。

##### 2. 坚固性

岩石的坚固性是指岩石抵抗外力的综合能力,用它来表示矿岩在各种不同方法破碎时的难易程度。苏联学者M·M普罗托吉雅可夫斯基在研究了用各种方法破碎岩石时所表现出

来的各种现象和根据大量的观察资料得出了一个基本观点，即：岩石在凿岩爆破及其它破坏过程中的表现是一致的。

岩石的坚固性大小常用岩石坚固性系数  $f$  值（又称普氏系数）来表示。确定岩石坚固性系数  $f$  值的方法很多，普氏最初提出的是以岩石试块的单向极限抗压强度来表示，即：

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

式中  $R$ ——矿岩试件单向极限抗压强度，公斤/厘米<sup>2</sup>。

普氏根据  $f$  值的大小作为岩石分级的基础，用这种方法来表示岩石的坚固性比较简便，使用也较普遍。但仅以矿岩试件单向极限抗压强度来表示岩石的坚固性不尽合理，所得到的数据与实际情况有时相差很大。因此，在实际工作中曾经数次修改这个公式，乘以各类修正系数，仍不尽满意。近年来，苏联、美国等国及我国铁道部，东北工学院等单位的科研工作者针对上述确定矿岩的硬度、坚固性分级中存在的问题从各种不同观点进行研究，用各种不同的测试手段进行测试，取得了不少新的成果，并提出一些新的矿岩分级方法。

### 3. 稳固性

岩石的稳固性是指矿石和岩石在采出空间允许暴露面积的大小及暴露时间长短的性能。矿岩的稳固性对选择采矿方法、巷道支护、巷道掘进等方面都有极大的关系。由于影响矿岩稳固性的因素很多，且很复杂，例如它要受矿岩本身的结构、构造等因素所影响，它还要受矿岩风化程度、水文地质条件等因素所影响；同时它还与自身开采过程中所形成的状况有关。所以，目前还很难以一个统一的指标来表示矿岩的稳固性。较通用的是以矿岩在采出空间允许暴露面积来表示矿岩的稳固性。按矿岩允许暴露面积的大小，可粗略地将矿岩的稳固性分为：

极不稳固的——在巷道掘进或开辟采场时，顶板和两盘不允许有暴露面积。在这种情况下，随着采掘工作面的推进须用超前支护方法来维护采空空间。

不稳固的——顶板和两盘允许暴露面积小于50米<sup>2</sup>。随着回采工作面的推进必须立即进行支护。

中等稳固的——允许暴露面积在50~200米<sup>2</sup>之内。

稳固的——允许暴露面积在200~800米<sup>2</sup>之内。

极稳固的——允许暴露面积在800米<sup>2</sup>以上。

### 4. 结块（粘结）性

如矿石中含有粘土及其它粘性物质，采下的矿石受湿受压后，经过一定的时间就能结块，这种使碎散矿石结成整块的性质就称为矿石的结块性。例如某些金伯利岩（含金刚石矿石）、瓷土、粘土、滑石及某些石膏等矿石即具有结块性，这对放矿、装矿、运矿等都有很大的影响。

### 5. 氧化性

氧化性是指采下的硫化矿石如储存过久，易受空气与水的作用而氧化的性质。矿石氧化性会降低选矿回收指标。

### 6. 自燃性

一些含硫量高的硫化矿石和含碳量高的矿石，在一定的条件下具有自燃性。这些矿石

暴露在空气中因吸附氧气而氧化，在氧化过程中使矿石温度升高，致使在井下与木料及其它可燃物质发生作用形成热源，这不仅恶化了井下的作业条件，甚致会导至地下火灾。

#### 7. 含水性

矿石的含水性是矿石吸入和保存水分的性质。含水量大会使矿岩稳定性降低，在粉矿较多的情况下，矿石含水性大会使矿石结块性增强；有的矿石，如磁土、膨润土、金伯利岩、滑石等有遇水膨胀的性质。这对开采、巷道支护等都有很大的影响。

#### 8. 松散（碎胀）性

采掘下来的矿岩由于碎块矿石间存在空隙，其体积比原矿岩体积有增大的性能称为矿石松散性。矿岩破碎后的体积和破碎前原矿岩体积之比称为矿石松散系数。

$$K = \frac{V_0}{V} > 1 \quad (1-2)$$

式中  $K$ ——矿岩松散系数；

$V$ ——原矿岩的体积，米<sup>3</sup>；

$V_0$ ——采掘下来的矿岩体积，米<sup>3</sup>。

矿岩的松散性系数与矿岩的物理力学性质以及破碎程度有关。矿岩致密而坚硬，其松散系数大；而松散软弱的岩石，其松散系数则小。矿岩的松散性对于应用崩落矿石维护采空区，及确定运输与提升容器有着它的实际意义。

### 二、矿床的工业性质

凡矿床具有足以影响开采和加工的属性称之为矿床的工业性质。

#### （一）矿床的埋藏要素（产状）

矿床的埋藏要素是指矿床所处的空间状况；由矿体的倾角、厚度、走向长度及赋存深度等来表示（图1-1）。矿床埋藏要素对于矿床的开采规模、开采顺序、总体布置、采矿方法、回采工艺、设备选择等都有很大的影响。

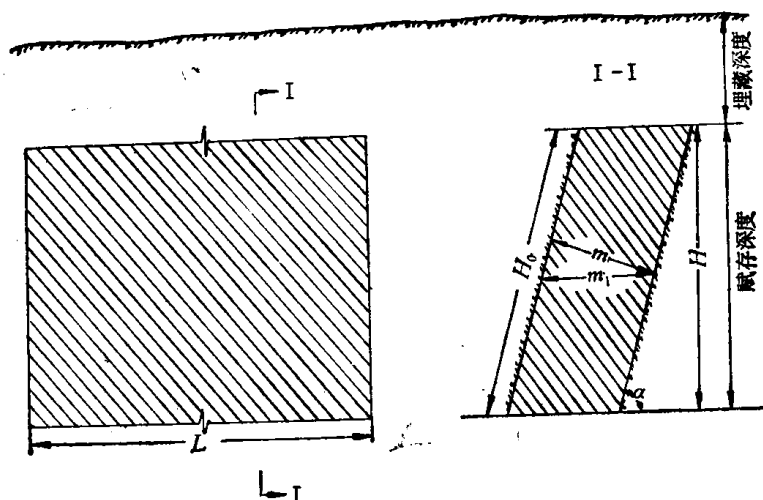


图 1-1 矿床的埋藏要素

$m_1$ —矿体水平厚度； $m$ —矿体垂直厚度； $H$ —垂直深度； $H_0$ —斜长； $\alpha$ —矿体倾角

由于每个矿体埋藏要素都不相同，故一般均根据每个矿体的倾角和厚度划分其类型。

#### 1. 矿体按倾角划分

矿体的倾角对开采有很大的影响，不同的倾角就要选用相应的运搬方法；倾角不同，

对顶板的管理也有不同的要求，也就影响到采矿方法的结构。矿体按其倾角可分为：

水平矿体——矿体倾角小于 $5^{\circ}$ 。采场至运输巷道的运输一般可直接采用矿车或无轨设备。

缓倾斜矿体——矿体倾角 $5^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 。矿石运搬可采用电耙、运输机等设备。

倾斜矿体——矿体倾角 $30^{\circ}\sim 55^{\circ}$ 。矿石可借助溜槽、溜板等达到自重运输。

急倾斜矿体——矿体倾角大于 $55^{\circ}$ 。矿石可借自重运输。

## 2. 矿体按厚度划分

矿体的厚度对矿床开采也有很大的影响。不同的厚度会影响到采矿方法选择、回采工艺与设备的确定等方面。开采急倾斜矿体一般以水平厚度表示；开采倾斜、缓倾斜和水平矿体时常用垂直厚度来表示。矿体按厚度可分为以下几种类型：

极薄矿体——矿体厚度在0.8米以下。这类矿床的开采条件较差。开采这类矿体时，为了达到回采工作面最小工作高度和宽度（厚度），回采中有时需要采掘一部分围岩；工作面的采装运设备的选用与安置都要受到矿体厚度的限制。

薄矿体——矿体厚度为0.8~2米。回采时不需要采掘围岩，但掘进采准巷道时多半要采掘围岩。在开采缓倾斜矿体时可作为整层回采，此厚度正好是人工支柱的正常高度。

中厚矿体——矿体厚度2~5米。一般采用浅眼落矿。当开采缓倾斜矿体时可分层（梯段）来回采。

厚矿体——矿体厚度为5~20米。开采倾斜与急倾斜矿体时，矿块一般沿走向布置。

极厚矿体——矿体厚度大于20米。开采倾斜与急倾斜矿体时，矿块需垂直矿体走向布置。

## （二）对矿石的工业要求

根据矿山地质、经济地理和目前的技术水平，合乎国家经济建设形势的需要，可供开采的矿床叫工业矿床；反之为非工业矿床。也就是说对已勘探清楚的某个矿床如其矿石的数量、质量及其它工业要求达到或超过规定则认为是可供开采的矿床。

评价非金属矿产质量的标志除了要考虑到矿石的品位之外，还要考虑到矿石和矿物的品级。

矿石的品位是指矿石中有用成分的单位含量，根据不同的矿石，可用%，克/吨、克拉/立方米等表示。

矿石的品级主要是对矿物的某些特殊物理技术性能或根据晶体完整纯净程度以及有益或有害化学成分的含量提出的工业要求。工业上直接利用矿物的物理技术性能的矿产，如可作为压电石英的纯净水晶单晶可按其晶体大小分级；非单晶的水晶晶体则作为光学玻璃的原料；金刚石除分为装饰、工具、磨料各类之外，还按颗粒大小和晶体完整程度分级，当金刚石具有电学和热学特性的可作为半导体器件；云母需根据其外形尺寸来分级；石棉有良好的可纺性、抗张强度以及隔热、保温、绝缘、防腐性，并根据石棉纤维长度确定其级别。蛭石、膨润土、珍珠岩的膨胀率，高岭土的耐火度，可塑性等等，均按其各自的特性及工业要求来划分各自的等级。

有的非金属矿物利用其有益的化学成分，如钾盐、岩盐、镁盐、磷、硫、石膏等按其成分含量多少划分其等级。有的则根据有害成分来定级，如石英砂根据铁、锰含量多少来划分等级。

由于非金属矿的这些特点，这给非金属矿床开采带来了复杂性与特殊性。如何最大限度地保护矿产的晶体或块度的完整性，保护其性能不受破坏，是对非金属矿床的采矿方法、工艺要求、设备选择、选矿加工技术等方面提出的特殊要求。

## 第二节 非金属矿床地下开采的一般问题

### 一、井田的划分

#### (一) 矿田与井田

矿田(区)：划归一个矿山企业开采的全部矿床或矿床的一部分称为矿田。

井田：划归一个矿井(坑口)开采的全部矿床或矿床的一部分称为井田。

一个矿田可以由一个井田组成，也可以由若干个井田组成(图1-2)。当开发范围很大、储量多的矿床，如一些石膏、钾盐矿床，如果用一个井田开采，则往往会出现巷道工程量、生产地点分散、生产管理不便、基建时间拉得很长、初期投资大等在技术经济上都不合理现象。在这样情况下应在矿区总体规划与设计中，根据技术经济合理性，将矿床划分成几个井田，确定各井田的建设规模、井田范围、井田的开采顺序。当矿床的范围不大，矿体比较集中，可以用一个井田开采；而当矿体规模不大，但矿体比较分散，可以用几个井田开采。如蒙阴金刚石矿，矿区有一条矿脉和两个岩管组成，矿脉与岩管距离相隔很远，故其矿脉以一个井田开采，两个岩管以一个井田开采。

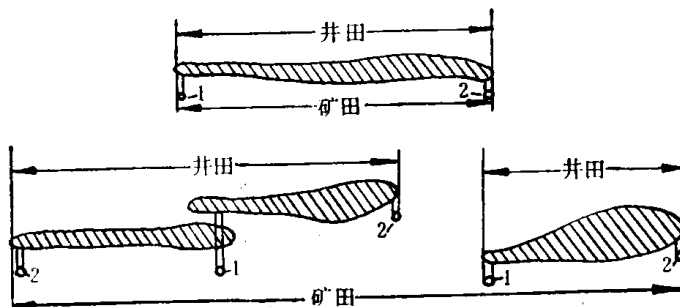
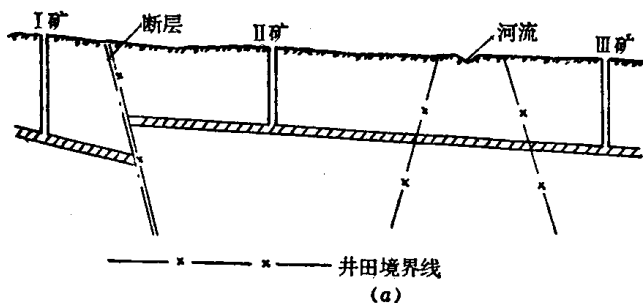
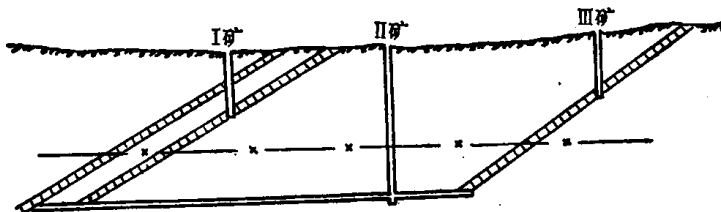


图 1-2 矿田与井田

1—主井； 2—副井



(a)



(b)

图 1-3 井田划分

井田划分要考虑的主要问题如下：

#### 1. 矿床的自然条件

井田划分应充分考虑矿床的自然赋存条件。大的地质构造，矿体倾角变化很大处，地面有河流、湖泊、水库、铁路等均可作为划分井田的境界。这样可以减少矿柱损失，避免井巷穿过这些地区而造成开采工作的困难。图1-3A表示井田的划分以断层与河流为界。对矿体破坏程度不大的地质构造，地表的小河流，就不一定做为井田的边界。

## 2. 矿井的规模

井型大小与投资额有关, 井型越大, 所需要的投资也越多。为保证井田有足够的储量和矿井服务年限, 井田尺寸应相应加大。如果井田划分得过密, 井田走向长度过短, 就不能保证井田有足够的储量及合理的服务年限, 为了达到规定的生产能力, 往往要形成多阶段同时生产, 这给矿井延深、提升、通风带来了极大的不便。反之, 井田过大会给通风、运输工作等造成困难。一般情况下, 为达到足够的储量, 便于生产管理, 矿体走向在1000~1500米, 深度为500~600米的范围内用一个井田开采是较为合适的。对大型矿山井田尺寸可以取到3000~6000米。当开采极厚矿床时井田尺寸可以适当地减少。

总之, 井田的划分, 要照顾到井田间在基本建设、生产、地面运输、地面构筑物等安排。例如开采缓倾斜矿体时不宜在浅部和深部同时建井, 深部建井要为浅部井田的发展留有余地, 各井田的划分最好在同一水平或同一走向位置上, 这对矿井的建设、井巷布置、生产管理等都有利。

井田一般沿走向来划分。对于面积很大的水平及缓倾斜矿床, 如一些石膏砂、钾盐矿要同时考虑沿走向和沿倾向来划分, 如图1-3B所示。

### (二) 阶段与盘区

#### 1. 阶段

在开采缓倾斜、倾斜、急倾斜矿体时, 需要将井田划分为阶段, 以便合理地、有计划地开采矿体。阶段是沿矿体倾斜方向, 按一定标高, 将井田划分为若干条带, 沿走向方向以井田边界为界和沿倾斜方向以上下两个主要运输平巷为界, 如图1-4所示。

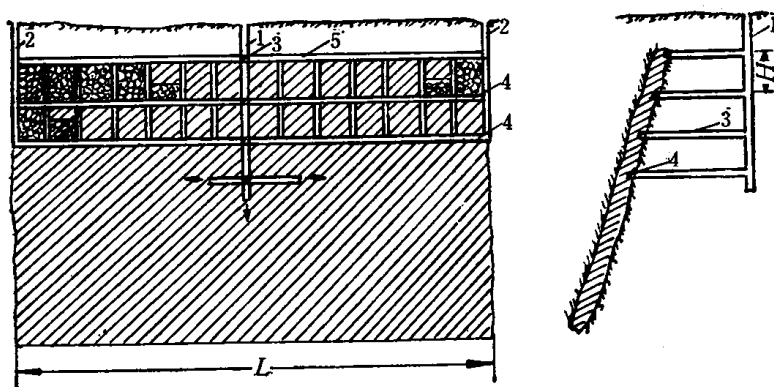


图 1-4 急倾斜矿体阶段布置

1—主井; 2—副井; 3—石门; 4—阶段运输平巷, 5—阶段通风平巷

每一个阶段应有独立的运输与通风系统。沿阶段上部布置阶段通风平巷, 阶段下部布置阶段运输平巷。随着开采由上部阶段转向下部阶段上阶段运输平巷即作为下阶段的通风平巷。

在阶段内一般以天井再划分为矿块(采区)来回采。矿块底部通常是水平的, 它与阶段保持一致, 矿块的高度即为阶段的高度。有时根据放矿、装矿、运矿的方式与设备的需要, 特别是采用各种大型无轨设备时, 为了简化矿块底部结构, 可将矿块底部布置成倾斜面, 这时的矿块高度与阶段高度就不一致, 见图1-5。

急倾斜矿体划分阶段开采时通常以垂直高度来表示阶段高度, 缓倾斜矿体以斜高表示。

$$H_v = H_c \sin \alpha \quad (1-3)$$

式中  $H_v$ ——阶段垂直高度（上下两个主要阶段运输平巷的垂直高度）；

$H_c$ ——阶段斜高；

$\alpha$ ——矿体倾角。

在实际生产中，阶段高度的变化范围很大，它可以由20~30到80~100米不等。

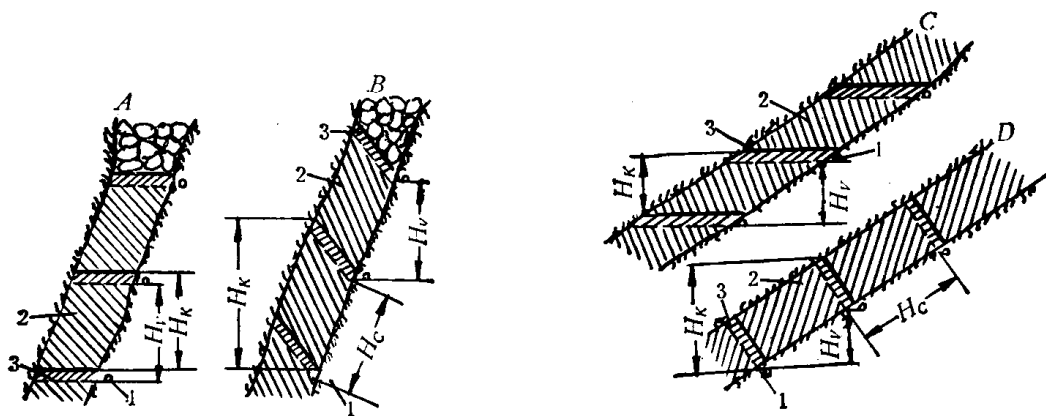


图 1-5 阶段与矿块布置

A—急倾斜矿体水平阶段； B—急倾斜矿体倾斜阶段； C—倾斜矿体水平阶段； D—倾斜矿体倾斜阶段；  
 $H_k$ —矿块高度；  $H_v$ —阶段高度；  $H_c$ —阶段斜长；  
 1—阶段运输平巷； 2—矿房； 3—底柱

阶段高度受下列因素所影响：

①矿体尺寸、倾角以及其连续性。如当井田尺寸较大，矿体倾角较小时阶段高度应较小；又如开采急倾斜薄矿脉且倾角变化较大时，为减少放矿的困难阶段高度不宜过大。

②矿石和围岩的物理力学性质。矿石与围岩不够稳定而又不用崩落法开采矿体时，阶段高度不宜过大；矿石有粘结性、氧化性时阶段高度也不宜太大。

③所采用的采矿方法及对探矿工作的要求。

④矿井基本建设投资与生产费用。增大阶段高度，矿井的运输费、提升费、排水费、通风费要相应增大；反之，增大阶段高度，却减少了整个井田的阶段数目，这对井底车场、石门、运输平巷等其它巷道的掘进费及机电设备的安装拆卸费等则会减少。综合这两方面，如果从阶段内采出一吨矿石所摊到的与阶段高度有关的基建费和经营费为最小时，此阶段高度为经济合理的阶段高度。

随着采矿技术不断发展，矿山机械化程度不断地提高，各种大量崩矿的高效率采矿方法得到应用，因此，阶段高度有增大的趋势。例如向山硫铁矿采用的采矿方法由分层崩落法演变成无底柱分段崩落法，凿岩由浅眼改成中深孔，工作面的矿石装运由人工装矿到装岩机装矿再到自行矿车装矿，采矿效率不断地提高，阶段高度也就从21米增到28米直到45米。

## 2. 盘区

当开采水平或微倾斜矿体时，井田不划分阶段回采，而是在矿体平面上划分成长方形（正方形）的矿段回采，这样的矿段称盘区。井田划分成盘区回采时是以盘区上（下）山来划分盘区，其大小一般以运输平巷或矿体下部边界为界，左右以盘区上（下）山为界。每一盘区都有独立的通风系统。在盘区内再由盘区（生产）平巷划分采区来回采，见图1-6。

在非金属矿山中，类似水平或微倾斜的石膏、钾盐、岩盐、矿床多半采用盘区布置方式。盘区尺寸一般为 $200\sim 400\times 200\sim 400\text{米}^2$ 。盘区的尺寸大小与矿体倾角、矿体厚度、矿石与围岩的稳固性、所采用采掘设备等因素有关。

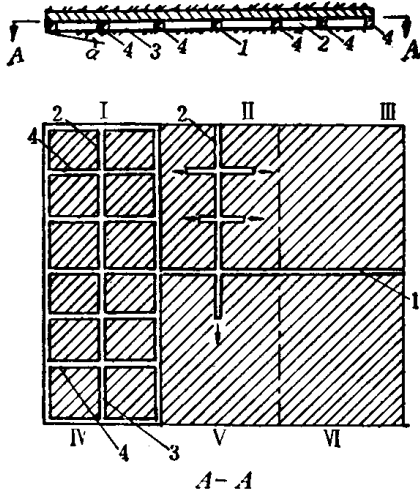


图 1-6 井田划分成盘区

1—运输平巷；2—盘区上山；3—盘区下山；4—盘区平巷；  
I～VI—盘区编号； $\alpha$ —矿体倾角

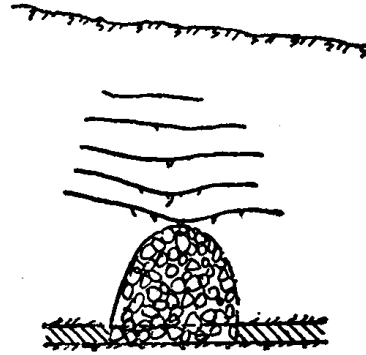


图 1-7 围岩崩落现象

## 二、开采顺序

矿体、阶段、盘区及矿块的开采都必须按一定顺序进行，以适应岩体破坏及应力变化情况，保证采掘正常进行。在采掘巷道或采矿工作面形成之前，岩体间的应力处于平衡状态，岩体中岩体颗粒之间也处于平衡状态。由于采矿，便出现采空空间，就必然破坏原岩体的自然平衡状态，引起采场周围岩体应力重新分布，从而导致围岩发生形变，使顶板岩层逐渐弯曲下沉，进而使顶板围岩塌落下来，直至采空区被塌落下的岩石充满填实之后才使周围岩层停止崩落（图1-7）。

### （一）采空区岩层移动规律

#### 1. 移动（错动）区与移动（错动）角

当开采埋藏不深、面积较大，且具有一定的厚度矿体时，开采后所引起的崩落、移动范围会涉及到地表。

由于井下采矿所引起采空区上部地表出现下沉移动范围称移动区。移动区的特点是地表虽然下沉、移动、变形，但未发生断裂现象。

移动区的边界与引起移动的最低一个水平的采空区底板边界联线与水平面的夹角称为移动角。当开采急倾斜矿体时，采矿后会引起矿体的上盘、下盘及端部围岩崩落及移动，与此对应的就有上盘移动角 $\beta$ ，下盘移动角 $\gamma$ 和走向端部移动角 $\delta$ ，图1-8。

#### 2. 崩落（陷落）区与崩落（陷落）角

在地表出现裂缝的范围为崩落区。其特点是地表出现裂缝。崩落区的边界与引起崩落的最低一个水平的采空区底板边界联线与水平面的夹角称为崩落角。根据它的位置分别有上盘崩落角 $\beta_1$ ，下盘崩落角 $\gamma_1$ 及走向崩落角 $\delta_1$ 。

从图1-8中可以看出，崩落角与移动角会影响到地表移动区的大小，而崩落角与移动角的大小与岩石的物理力学性质、岩层的层理与节理、矿体的厚度与倾角、矿岩的地质构造及所选用的采矿方法等因素有关。

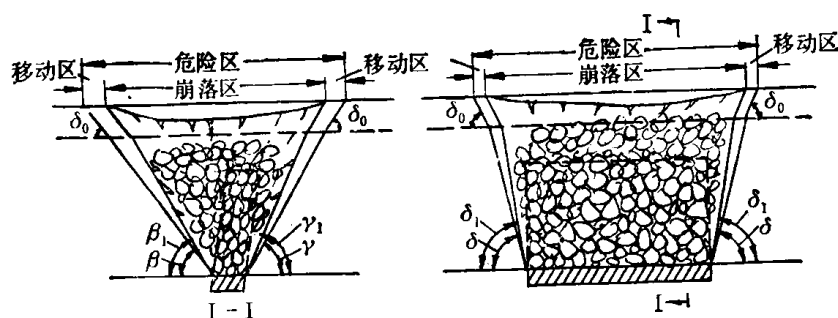


图 1-8 移动区与崩落区

$\beta$ —上盘移动角； $\gamma$ —下盘移动角； $\delta$ —走向端部移动角； $\beta_1$ —上盘崩落角； $\gamma_1$ —下盘崩落角； $\delta_1$ —走向端部崩落角； $\delta_0$ —表土移动角

移动区与崩落区的圈定是根据若干地质横剖面 and 纵剖面图，从最低一个开采水平按所确定的各岩层的移动角与崩落角逐层往上画至地表，然后与地表各交点联结起来，便就是圈定的地表移动区和崩落区。

移动区和崩落区的总和称危险区。所有的井筒、建筑物、构筑物不得布置在危险区之内。在地表各类建筑物离危险区的距离在各采矿设计手册中都有具体规定。

## (二) 矿体群开采顺序

井田内埋藏的矿体数，有时可由几个至数十个。这时须根据矿体赋存条件、岩层稳固程度、采矿后岩层移动规律来确定矿体群开采顺序。

若有几条矿脉、矿层相距很近时，开采其中一条矿脉所产生的移动、崩落区定将影响邻近矿体。为保证先开采矿体不影响后采的矿体，要充分研究各个矿体的开采顺序。

### 1. 急倾斜矿体群开采顺序

①当矿体的倾角小于或等于围岩的移动角时，通常由上盘向下盘开采，即先采位于上盘的矿体 I，这时开采矿体 I 后而产生的危险区不会影响到矿体 II；反之，则矿体 I 会受到开采矿体 II 所产生的危险区的影响，见图 1-9。

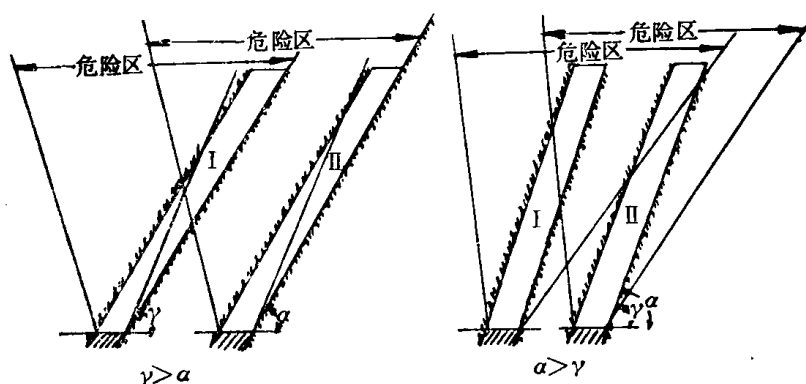


图 1-9 相邻矿床开采顺序

②当矿体倾角大于围岩的移动角、两矿体间距较大时，可先采上盘矿体后采下盘矿体。若两矿体相距不远时，不论先采那一条矿体，都会受采空区围岩移动的影响(图 1-9)。在围岩不很稳固的情况下，可采用充填法、留矿法等采矿法和其它技术措施，尽量使采空区围岩不产生变形和破坏，或在矿体数目不多时，采用大致相同开采时间，同时下降，以

减少相邻矿体开采时所受到的影响。

### 2. 缓倾斜、水平矿体群开采顺序

在开采水平或微倾斜矿体时，一般采用下行式回采顺序。若同时回采，上矿体的回采超前距离应在下矿体回采所形成的危险区范围以外，即下矿体开采后不会破坏上矿体，见图1-10。

超前距离可由下式求得：

$$L \geq \frac{h}{\tan \delta} + (20 \sim 25) \quad (1-4)$$

式中  $L$ ——上、下矿体的超前距离，米；  
 $h$ ——上、下矿体的间距，米；  
 $\delta$ ——岩层走向移动角；  
 20~25——安全距离。

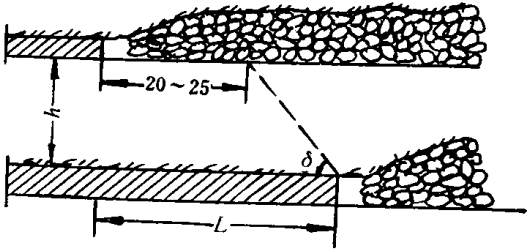


图 1-10 矿体同时开采超前距离

除采用下行开采顺序外，在某些情况下也可以采用上行开采顺序。如上部矿体含水量大时，或者下部矿体品位较高，市场供应短缺时，可以采用上行开采顺序，即先开采下部矿体后采上部矿体的顺序，借以疏干上部矿体或满足市场需求。

由于采用上行开采顺序，下部矿体的回采必然影响和破坏上部矿体的回采。所以，采用上行开采顺序时需要具备一定的条件：除了上下矿体具有一定距离外，下部矿体应尽量采用充填法回采，使顶板岩层下沉、变形、破坏达到最低限度，对上部矿体不产生严重破坏，如图1-11。当然处于上部矿体采空区一侧的巷道也要能够废弃。

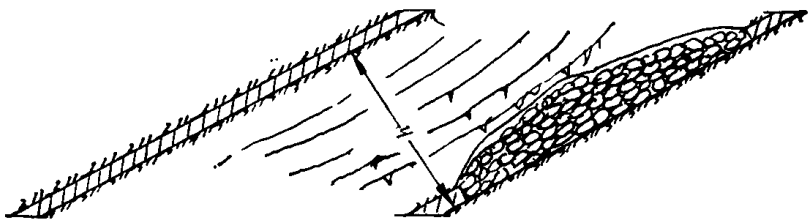


图 1-11 矿体上行开采顺序

### (三) 井田中阶段开采顺序

倾斜、急倾斜矿体划分成阶段开采时，各阶段的回采通常是下行式开采顺序，即矿体上部一或两个阶段进行开采，矿体下部各阶段依次进行开拓与采准，见图1-12。

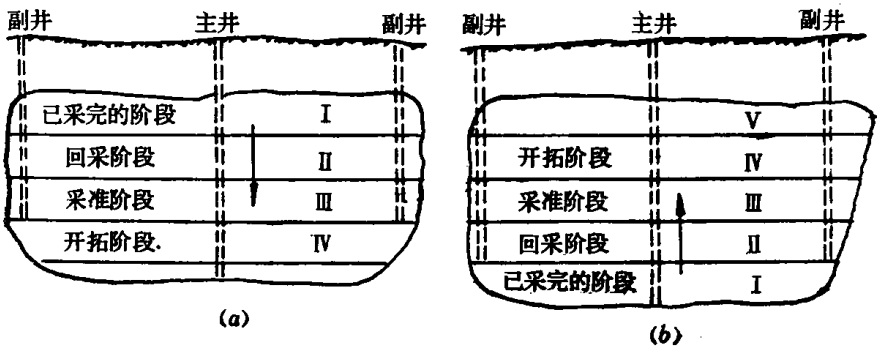


图 1-12 井田中阶段开采顺序  
 (a) 下行式回采；(b) 上行式回采

下行开采有以下的优点：

节省初期投资，开拓时间短，在第一个阶段开拓完毕后就可以开始采矿；

可以减少勘探工程量，开始时可以对下部矿体的勘探精度降低要求；

采矿方法选择比较灵活，能适应下行开采顺序的采矿方法比较多。

上行式开采顺序在生产实践中很少使用，特别在开采倾斜与急倾斜矿体更是如此。这种开采顺序只有在特殊情况下才使用。如矿床上贫下富，而市场又对该类矿产很急需时，或地表无法布置废石场时可先采矿体下部，再将上部开采出的废石填入下部采空区内，或将下阶段作为蓄水池等极特殊情况下才采用上行式开采顺序。

#### （四）阶段中矿块回采顺序

井田划分好阶段后，通常沿走向用天井按阶段全高把阶段划分成矿块，井田内容矿块（采区）的回采顺序有前进式回采与后退式回采两种。同样，井田划分成盘区时的情况下，在盘区内布置采区，各采区回采也有这两种回采顺序。

##### 1. 前进式回采

矿块的回采顺序是从主要开拓巷道向井田边界方向推进（图1-13a）。前进式回采可减少初期工程，提早出矿；但采准巷道，特别采用脉内采准，采准巷道是维护在已采矿块下部，巷道维护条件差，维护费用增加，采准储量有时得不到保证。在矿石与围岩较稳固，采用对角式通风系统的情况下采用前进式回采是较为合理的。

##### 2. 后退式回采

在阶段内主要运输巷道已掘进完毕，阶段内各矿块的回采工作是从井田边界向主要开拓巷道方向推进。它的优缺点与前进式正相反。矿床埋藏条件复杂，矿石和围岩不稳固的情况下使用后退式回采较为合理。因为用后退式回采可以得到补充勘探，能正确地计划阶段的回采工作；另外，用后退式回采能降低巷道的维护费，改善巷道内的运输工作。其缺点是采准时间较长，有时对生产接续不利（图1-13b）。

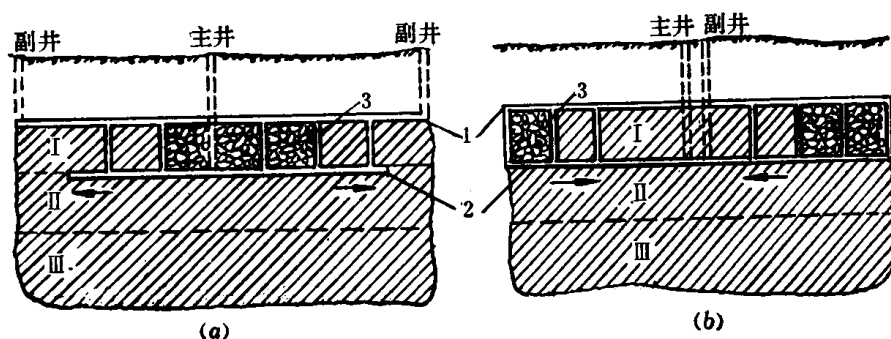


图 1-13 阶段内矿块的回采顺序

1—阶段通风平巷；2—阶段运输平巷；3—天井

I、II、III—已划分的阶段

##### 3. 混合式回采

混合式回采是指阶段内靠近矿体中央的矿块以前进式回采，而靠近边界的矿块以后退式回采的回采顺序（图1-14）。这种回采顺序具有上述两种回采顺序的优点，但生产管理工作比较复杂。混合式回采顺序多使用于开采围岩不够稳固的水平或缓倾斜的某些矿床，如石膏矿、钾盐矿、煤矿。

总而言之，阶段内的回采顺序是与矿床的赋存条件、矿石与围岩的物理力学性质、矿山开拓方式、运输大巷布置形式、通风方式、市场对产品需要程度等因素都有密切关系。前进式或后退式的回采顺序都有它的优缺点，我们应该根据各矿山具体条件，抓住主要的

影响因素，才能确定合理的回采顺序。

### 三、矿床开采步骤

#### (一) 矿床开采步骤

矿床地下开采时，地表至矿体之间的联系必须掘进各种类型的巷道，以此做为从矿体中采出大量矿石之前的准备工作，而后才能着手进行回采。可以认为，矿床

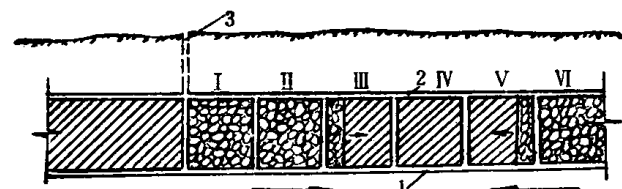


图 1-14 混合式回采

1—阶段运输平巷；2—阶段通风平巷；3—井筒

地下开采的整个过程是由三个生产步骤组成：开拓、采准切割和回采。

#### 1. 开拓

开拓是矿床开采的第一步。矿床开拓是指自地表向矿体掘进一系列的巷道与硐室，形成行人、运输、通风、排水、供电、供风、供水、充填等系统，使矿床与地面建立起运输、通风、排水、压气等方面的通路。为此目的所掘进的巷道称为开拓巷道。

#### 2. 采准切割

采准是在已经完成开拓工程的基础上，进一步掘进一系列巷道将矿体划分成矿块（采区），以建立起矿块内的联络、通风及运输通路。为矿床采准所掘进的巷道称为采准巷道。

切割是在已经完成采准工程与划分好矿块的基础上，在矿块内扩大自由面、开辟工作面，它为下一步的回采工作造成良好的爆破与放矿条件。

#### 3. 回采

在已经完成采准、切割的矿块中，在工作面进行大量采出矿石的生产过程称为回采工作。

为了使矿山持续均衡地生产，开拓、采准切割与回采必须在时间上按一定顺序进行，在空间上按一定方式改变与转换。

#### (二) 基建采掘比与采准工作量

开拓、采准与切割都要掘进相当数量的巷道。这些巷道工程量的大小对矿山基建投资、进度计划、工程安排、生产成本等都有相当的影响，同时也反映了矿床赋存条件的优劣和矿山设计、所选用的采矿方法等的合理程度。

#### 1. 基建采掘比

基建采掘比为每万吨矿石年产量所分摊到的开拓工程巷道米数。

$$P = \frac{L_k}{A}, \text{米/万吨} \quad (1-5)$$

式中  $P$ ——基建采掘比，米/万吨；

$L_k$ ——开拓巷道总长度，米；

$A$ ——矿山设计年产量，万吨。

#### 2. 采准工作量

采准工作量与矿床赋存条件及所选用的采矿方法有关。因此，不但要衡量采准工作量的数量，而且还要衡量它的数量与矿块储量的比值。在生产实践中都是用采准巷道比（采