

高等学校教学用书

金属矿床地下开采

(修订版)

东北工学院 解世俊 主编

冶金工业出版社

高等学校教学用书
金属矿床地下开采
(修订版)

东北工学院 解世俊 主编

*

冶金工业出版社出版

(北京北河沿大街嵩祝院北巷39号)

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 17 1/4 字数 408 千字

1979年11月第一版 1979年11月第一次印刷

1986年4月第二版 1986年4月第三次印刷

印数12,201~20,800册

统一书号: 15062·4428 定价2.85元

修订版前言

《金属矿床地下开采》第一版由东北工学院解世俊主编，东北工学院解世俊、刘兴国，北京钢铁学院王辉光，中南矿冶学院曾跃、王妙钦，西安冶金建筑学院帖庆熙，江西冶金学院张玉清，昆明工学院王家齐，广东工学院胡子发等参加编写。

根据1982年冶金工业部教材工作会议精神，由主编邀请第一版编者刘兴国、胡子发共同对该书进行修改。在修改前，征求了部分院校任课教师对本教材第一版的意见，编制了修订大纲，又经过东北工学院、鞍山钢铁学院试讲后修改定稿。

本书第二版在体系上、内容上均做了较大的变动，其主要内容是：论述金属矿床地下开采的一般原则，介绍矿床开拓、回采工作主要过程和采矿方法等的基本知识，目的是使学生能够根据矿山地质条件和技术经济条件，正确选择矿床开拓方法和采矿方法。金属矿床地下开采设计的有关问题，如矿山设计技术经济分析、矿山企业生产能力和服务年限、矿山开采进度计划以及矿山总平面布置等，为《矿山设计基础》课程讲授，而矿山井巷断面、地下运输等也并入相应课程中。

在修改本书过程中，得到有关院校、矿山、设计和研究等单位的大力支持和帮助，在此表示衷心地感谢！

由于编者水平所限，修订版中可能还有不妥或错误，诚恳地欢迎读者指正。

编者

1984年9月

绪 论

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一切工业的需要，是实现社会主义工业、农业、国防和科学技术现代化的需要。

我国的采矿工业在历史上有着光辉而巨大的成就；中华人民共和国成立后的三十五年，采矿事业获得了更加迅速的发展。

采矿工作的对象是种类繁多的矿床。这些矿床的形状、大小及埋藏深度变化很大，地形、地质、水文地质和矿石与围岩的物理力学性质各不相同，有用矿物在矿体中分布极不均匀。采矿工作地点随矿床的延伸而不断变动，随开采深度的加大地压和地温也逐渐增加。同时，矿石被采出后资源不能再生，越采越少，越采越深，矿石质量越来越差，开采条件越来越复杂，采矿成本也日益提高。所有这些都是采矿工作区别与其它部门的基本特点，都给采矿工业实现标准化、机械化和自动化带来困难，应用现代技术受到限制。

近二十年来，露天开采的范围虽然有些扩大，其产量比重也有所增加，但是，随着现代工业的迅速发展，对金属矿石的需求量不断增长，开采深度逐渐加大，露天矿山可能陆续转为地下开采，而地下矿山也要向深部矿床伸展。因此，在未来的年代里，地下开采比重可能逐渐增大。目前，西方资本主义国家地下开采的比重约占35%；苏联铁矿石占15%，而有色金属矿石占 $\frac{1}{3}$ ；我国铁矿石占10%，有色金属矿石占 $\frac{2}{3}$ 。

目前各国矿床地下开拓的基本方法，仍以竖井开拓为主。近年来由于广泛采用无轨自行设备，矿床开拓方法也发生了相应的变化。矿床埋藏深度不大的新建中小型矿山，几乎全部采用斜坡道开拓方法，用铲运机、自卸卡车或带式输送机运输矿石；当矿床埋藏较深但不超过500~600m时，新矿山多采用竖井提升矿石，斜坡道运送人员、材料及设备的开拓方法；当矿体埋藏很深或经技术改造的老矿山，主要采用竖井开拓，各生产阶段用辅助斜坡道连通，以便各种无轨自行设备运行。

在采矿方法方面，世界各国都根据各自矿产资源赋存条件和工艺技术与采掘设备发展情况，在长期的生产实践中，形成各自的采矿方法及其回采工艺特点。例如，美国是以房柱法和阶段自然崩落法为主，这是该国大型铜、铝和钼矿床的地质条件决定的；加拿大魁北克北部、安大略及曼尼托巴等地区矿岩均为稳固的急倾斜厚矿体，适用分段凿岩的阶段矿房法，而在条件复杂的开采深度很大的急倾斜矿体中，则广泛使用充填采矿法；瑞典铁矿主要使用无底柱分段崩落法，而其多数的有色金属矿山却应用机械化充填采矿法；法国洛林铁矿区属水平中厚矿体，其储量占该国总储量的94%，这种条件最适用房柱采矿法。由于我国金属矿床种类繁多，选用的采矿方法也千差万别。开采急倾斜薄矿脉，广泛采用留矿采矿法；开采顶板稳固的缓倾斜矿体，应用全面法和房柱法；开采倾斜与急倾斜中厚以上的矿体，应用分段崩落法。为了提高矿石回采率，防止围岩和地表移动，近年来开采某些有色金属和贵金属矿床，有增加水力充填法和胶结充填法的趋势。

目前，凿岩爆破方法仍是地下开采的主要落矿手段。随着凿岩设备的完善，近年来在美国、加拿大等国把露天凿岩爆破技术引用到地下开采，用大直径阶段深孔代替了中深孔分

段凿岩，取得了良好效果。同时，在地下开采中普遍使用微差爆破、挤压爆破和光面爆破等新技术，显著地改善了爆破质量。

采场运搬方法主要发展无轨自行装、运、卸设备（如铲运机、装运机、电铲、自卸卡车等），这是世界各国地下开采的重要发展趋势。此外，在苏联一些矿山大力推广应用振动出矿装置。它具有强制出矿的特点，可提高出矿效率，改善放矿条件，有利于覆岩下放矿的控制，并为地下连续作业创造条件。我国地下金属矿山，采场运搬设备主要是电耙，近年来也用些装运机、铲运机运搬矿石。因此，在发展无轨自行设备的同时，应根据我国的特点，改进和完善电耙出矿设备。

在围岩和地表无需保护的条件下，与两步骤回采的空场法相比较，单步骤回采的崩落法在地压管理和矿石回采指标方面，都要优越得多。因此，近年来在一些国家（如苏联），空场法的使用比重有些下降。经过20多年的研究和生产实践，我国对采空区处理及其观测方面积累了宝贵的经验。同时，在矿房回采时期的顶板岩层加固技术方面，也获得了大量应用。

进入70年代以来，国外地下金属矿山的生产规模不断扩大，采矿工人的劳动生产率显著提高，其根本原因就是科学技术有突飞猛进的发展，回采工艺和采掘设备发生新的变革，连续回采作业有较大的进展。

地下采矿方法的结构和工艺趋于简化，是近二、三十年来，也是今后发展的总方向。1974年第八届国际采矿会议上，对2000年地下采矿技术的预测普遍认为：充填法、分段崩落法和分段凿岩阶段矿房法，是各种采矿方法中最有发展前途的采矿方法，而缓倾斜矿体的开采，则以房柱法最有前途。70年代初期出现的垂直深孔球状药包落矿阶段矿房法和美国很早就广泛应用的阶段自然崩落法，越来越引起采矿界的重视。

目前，美国、日本、西德、英国和法国等资本家组成跨国公司，对海底锰结核矿床进行开采，以扩大矿床的开采范围。溶浸采矿是另一种连续作业并可实现自动化的运控采矿法，它能合理地回采埋藏很深、品位较贫、储量不大的矿体。据估计，世界上每年有10%以上的铜金属产自溶浸采矿法。1978年美国用原地浸出法回收纯铜 12.65×10^4 t，用池浸和堆浸回收铜 8.85×10^4 t。

电子计算机（特别是微型机）在矿山中应用，是实现矿山科学管理的主要手段。利用计算机发展模拟技术，可优选采矿方法、工艺、设备以及控制出矿品位、确定配矿方案等，还可以依据市场价格、矿山寿命和边界品位，得出不同的利润指标。例如，澳大利亚艾萨山矿建立的采矿方法数学模型，可以确定各种设计参数的每吨矿石成本，并分析设计参数与成本之间的密切关系，从而选出最优方案。利用计算机监控采矿作业，进一步实现自动化；利用计算机进行计划管理等。可以预料，在今后不长的时间里，计算机在矿山各方面的推广应用，必将出现更加广阔的前景。

目 录

修订版前言

| | |
|-----------------------------------|-----------|
| 绪论 | Ⅶ |
| 第一篇 金属矿床地下开采总论 | 1 |
| 第一章 金属矿床的工业特征 | 1 |
| 第一节 矿石与废石和金属矿石的种类 | 1 |
| 第二节 矿石和围岩的物理力学性质 | 2 |
| 第三节 金属矿床的分类 | 3 |
| 第四节 金属矿床的特性 | 4 |
| 第二章 矿床回采单元的划分及其开采顺序 | 6 |
| 第一节 矿田和井田 | 6 |
| 第二节 阶段和矿块 | 7 |
| 第三节 盘区和采区 | 8 |
| 第四节 矿床的开采顺序 | 9 |
| 第三章 矿床开采步骤和三级储量 | 12 |
| 第一节 矿床开采步骤 | 12 |
| 第二节 矿床开采步骤间的关系 | 13 |
| 第三节 三级储量 | 13 |
| 第四章 矿石损失和贫化 | 16 |
| 第一节 矿石损失和贫化的概念 | 16 |
| 第二节 矿石损失与贫化的原因 | 16 |
| 第三节 矿石损失与贫化计算 | 17 |
| 第四节 矿石损失与贫化的统计 | 20 |
| 第五节 降低矿石损失与贫化的措施 | 21 |
| 第五章 矿床开采强度、矿井生产能力及对矿床开采的要求 | 22 |
| 第一节 矿床开采强度 | 22 |
| 第二节 矿井生产能力 | 23 |
| 第三节 对矿床开采的要求 | 24 |
| 第二篇 矿床开拓 | 26 |
| 第六章 矿床开拓方法 | 26 |
| 第一节 矿床开拓及开拓巷道 | 26 |
| 第二节 开拓方法分类 | 26 |
| 第三节 平硐开拓法 | 27 |
| 第四节 斜井开拓法 | 29 |
| 第五节 竖井开拓法 | 30 |
| 第六节 斜坡道开拓法 | 32 |
| 第七节 联合开拓法 | 35 |
| 第八节 主要开拓巷道评述 | 36 |

| | | |
|-------------|-----------------------------|------------|
| 第七章 | 主要开拓巷道类型和位置的选择 | 38 |
| 第一节 | 主要开拓巷道类型的选择 | 38 |
| 第二节 | 选择主要开拓巷道位置应考虑的因素 | 38 |
| 第三节 | 主要开拓巷道沿矿体走向位置的选择 | 39 |
| 第四节 | 主要开拓巷道垂直矿体走向位置的选择 | 42 |
| 第五节 | 保安矿柱的圈定 | 45 |
| 第六节 | 副井和通风井位置的选定 | 46 |
| 第七节 | 其它辅助开拓巷道的布置 | 49 |
| 第八章 | 井底车场及硐室 | 54 |
| 第一节 | 竖井井底车场 | 54 |
| 第二节 | 斜井井底车场 | 57 |
| 第三节 | 地下硐室 | 60 |
| 第九章 | 阶段运输巷道的布置 | 67 |
| 第一节 | 运输阶段和副阶段 | 67 |
| 第二节 | 阶段运输巷道布置的影响因素和基本要求 | 67 |
| 第三节 | 阶段运输巷道的布置形式 | 68 |
| 第十章 | 矿床开拓方法选择 | 71 |
| 第一节 | 矿床开拓方法选择的基本要求及其影响因素 | 71 |
| 第二节 | 选择矿床开拓方案的方法和步骤 | 71 |
| 第三篇 | 回采工作主要过程 | 76 |
| 第十一章 | 落矿 | 77 |
| 第一节 | 概述 | 77 |
| 第二节 | 爆破法落矿的特点 | 78 |
| 第三节 | 矿石合格块度 | 78 |
| 第四节 | 浅孔落矿 | 80 |
| 第五节 | 中深孔落矿 | 81 |
| 第六节 | 深孔落矿 | 86 |
| 第七节 | 深孔挤压落矿 | 88 |
| 第八节 | 药室落矿 | 90 |
| 第十二章 | 矿石运搬 | 92 |
| 第一节 | 概述 | 92 |
| 第二节 | 矿石二次破碎 | 92 |
| 第三节 | 重力运搬 | 93 |
| 第四节 | 电耙运搬矿石 | 94 |
| 第五节 | 自行设备运搬矿石 | 99 |
| 第六节 | 振动出矿机的应用 | 102 |
| 第七节 | 爆力运搬矿石 | 103 |
| 第八节 | 水力运搬矿石 | 105 |
| 第九节 | 向矿车装矿 | 106 |
| 第十三章 | 采场地压管理 | 110 |
| 第一节 | 概述 | 110 |
| 第二节 | 采场暴露面和矿柱 | 110 |

| | | |
|-------------|---------------------|------------|
| 第三节 | 支护 | 116 |
| 第四节 | 充填 | 122 |
| 第五节 | 崩落围岩 | 129 |
| 第四篇 | 采矿方法 | 131 |
| 第十四章 | 采矿方法分类 | 131 |
| 第一节 | 采矿方法分类的目的与要求 | 131 |
| 第二节 | 采矿方法分类的依据及其分类 | 131 |
| 第三节 | 采矿方法应用现状 | 132 |
| 第十五章 | 空场采矿法 | 135 |
| 第一节 | 概述 | 135 |
| 第二节 | 全面采矿法 | 135 |
| 第三节 | 房柱采矿法 | 137 |
| 第四节 | 留矿采矿法 | 140 |
| 第五节 | 分段矿房法 | 150 |
| 第六节 | 阶段矿房法 | 151 |
| 第七节 | 矿柱回采和采空区处理 | 166 |
| 第八节 | 小结 | 169 |
| 第十六章 | 崩落采矿法 | 170 |
| 第一节 | 概述 | 170 |
| 第二节 | 单层崩落法 | 170 |
| 第三节 | 分层崩落法 | 178 |
| 第四节 | 有底柱分段崩落法 | 183 |
| 第五节 | 无底柱分段崩落法 | 198 |
| 第六节 | 阶段崩落法 | 216 |
| 第七节 | 覆岩下放矿 | 223 |
| 第八节 | 小结 | 242 |
| 第十七章 | 充填采矿法 | 243 |
| 第一节 | 概述 | 243 |
| 第二节 | 单层充填采矿法 | 243 |
| 第三节 | 上向水平分层充填采矿法 | 244 |
| 第四节 | 上向倾斜分层充填采矿法 | 248 |
| 第五节 | 下向分层充填采矿法 | 249 |
| 第六节 | 分采充填采矿法 | 253 |
| 第七节 | 方框支架充填采矿法 | 255 |
| 第八节 | 矿柱回采 | 255 |
| 第九节 | 小结 | 259 |
| 第十八章 | 采矿方法选择 | 260 |
| 第一节 | 择选采矿方法的基本要求 | 260 |
| 第二节 | 影响采矿方法选择的主要因素 | 260 |
| 第三节 | 采矿方法选择 | 262 |

第一篇 金属矿床地下开采总论

第一章 金属矿床的工业特征

第一节 矿石与废石和金属矿石的种类

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（即根据当时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%；经过采矿和选矿工艺的不断改进，机械化程度的提高，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。

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、镉、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 、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。

矿石中有用成分的含量，称为品位，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。

第二节 矿石和围岩的物理力学性质

矿石和围岩的物理力学性质中，对矿床开采影响较大的有：坚固性、稳固性、结块性、氧化性和自燃性、含水性及碎胀性等。

一、坚固性

矿岩的坚固性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，即在锹、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 ——矿岩的极限抗压强度，98.1 kPa。

二、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50m²以内。

3. 中等稳固的 是指不支护的暴露面积为50~200m²。

4. 稳固的 允许不支护的暴露面积为200~800m²。

5. 极稳固的 不需支护的暴露面积在800m²以上。

三、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，均可造成很大的困难，甚至影响某些采矿方法的顺利使用。

四、氧化性和自燃性

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，在地下或地面贮存时间过长，就要氧化。氧化后的矿石，会降低选矿的实收率。

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。

五、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。

六、碎胀性

矿岩在破碎后，碎块之间较大的空隙，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1.2~1.5。

第三节 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。

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，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，矿物质充填于地壳的裂隙中生成的矿床。其特点是矿床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。它们的特点是：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。

二、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、输送机等机械设备。在倾斜矿床中，可借助溜槽、溜板或爆力抛掷等方法，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。

三、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，m；
 b ——矿体的水平厚度，m；
 α ——矿体的倾角，度。

1. 极薄矿体 厚度在0.8m以下。
2. 薄矿体 厚度在0.8~4m之间。
3. 中厚矿体 厚度为4~10—15m。
4. 厚矿体 厚度为10—15~40m。
5. 极厚矿体 厚度大于40m。

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，其厚度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，可沿矿体走向布置矿块。开采厚矿体时，垂直走向布置矿块。开采极厚矿体时，矿块垂直走向布置，往往需留走向矿柱 (图1-2)。

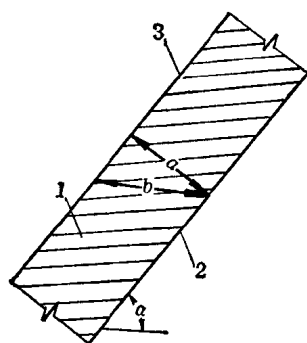


图 1-1 矿体的水平厚度和垂直厚度

1—矿体；2—矿体下盘；3—矿体上盘

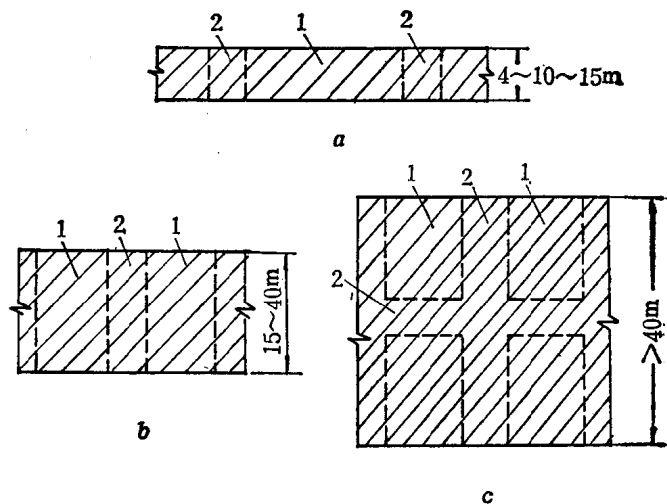


图 1-2 矿块的布置方式

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

第四节 金属矿床的特性

金属矿床的地质条件较为复杂，对矿床开采有较大影响的因素有以下几个方面。

一、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。

二、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。

三、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。这些都给采矿和探矿工作，带来很大的困难。

四、矿石和围岩的坚固性大

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，这给实现综合机械化开采，造成一定的困难。

五、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堵塞漏斗，大量的含水会降低矿岩的稳固性等）。

第二章 矿床回采单元的划分及其开采顺序

第一节 矿田和井田

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2-1）。矿田有时等于井田，有时包括数个井田。

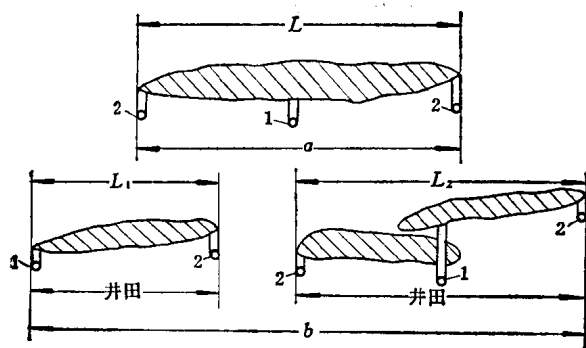


图 2-1 矿田和井田

a—矿田等于井田；b—矿田包括两个井田；

1—主井；2—排风井；L、L₁、L₂—井田长度

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2-2）。在水平和微倾斜矿床中，则用长度 L 和宽度 B 来表示（图2-3）。

当矿床的范围不大，矿床又比较集中，为了生产管理方便，可用一个井田开采。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。

在生产实践中，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。当矿床范围很大，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。

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：

一、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。

二、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，此时井田尺寸需要加大，相应增加投资。

三、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，并从方便生产管理出发，如果矿体走向长度为500~800m至1000~1500m，深度为500~600m，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，可采用较小的井田尺寸。

四、矿区地表地形条件

河流、湖泊、有无铁路干线穿过矿体等。

五、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，在生产时间的经营费达到最低。

第二节 阶段和矿块

一、阶段和阶段高度

1: 阶段及影响阶段高度的因素 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，掘进一条或几条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，沿倾斜以两个主要运输巷道为限（图2-2）。

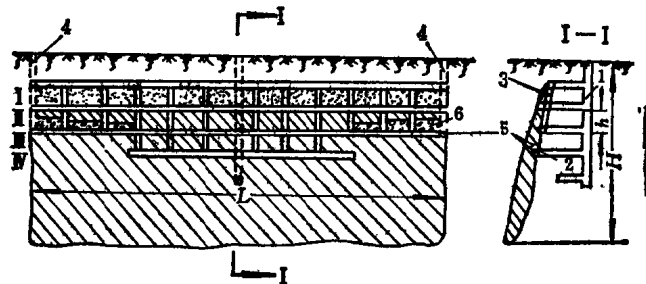


图 2-2 阶段和矿块的划分

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—排风井；5—阶段运输巷道；6—矿块

上下两个相邻阶段运输巷道底板之间的垂直距离，叫阶段高度（图2-2中 h ）。上下两个相邻阶段运输巷道沿矿体的倾斜距离，叫阶段斜长。开采倾斜和急倾斜矿体时，一般均采用阶段高度；只有开采缓倾斜矿体时，才采用阶段斜长这一概念。

影响阶段高度的因素很多，这些因素是：

- (1) 矿体的倾角、厚度、沿走向的长度；
- (2) 矿岩的物理力学性质；
- (3) 采用的开拓方法和采矿方法；
- (4) 阶段开拓、采准、切割和回采时间；
- (5) 阶段矿柱的回采条件；
- (6) 每吨矿石所摊的基建开拓和采准费用；
- (7) 每吨矿石所摊的提升、排水及回采费用；

(8) 地质勘探和生产探矿的要求、矿床勘探类型和矿体形态变化。

一般来说,增大阶段高度可减小阶段数目,使开拓、采准、切割工程量及其总费用得以相应减小,而且在一个阶段中获得的储量较多,因而一吨采出矿石所摊的开拓、采准和切割费用随之减小。

许多采矿法常留阶段矿柱,回采这些矿柱的损失和贫化很大。增大阶段高度,可使回采阶段矿柱所造成的损失和贫化相对减小。

但是,增加阶段高度会使采矿准备和回采工作中产生许多技术上的困难。如掘进很长的天井较为困难;在矿石和围岩不够稳固时,回采工作不安全,而且会使天井的掘进费用、材料和设备运送到采场的费用及运矿费用(自重溜放除外)等增加。

2. 阶段高度的确定 阶段的合理高度应符合下列条件:

- (1) 阶段高度的基建费和经营费摊到一吨备采储量的数额应最小;
- (2) 保证能及时准备阶段;
- (3) 保证工作安全。

然而,按经济计算方法求算阶段高度,其变化范围很大,很难得出确切的数值。

在设计实践中,一般均按当前的实际技术水平选定阶段高度。

我国许多金属矿山在地质勘探过程中兼用坑探,即按勘探用巷道已将矿床上部划分几个阶段,掘进几个阶段的探矿巷道。因此,在设计阶段高度时,应对原有勘探巷道及其阶段高度进行综合分析;如原定勘探高度大体合理,就可利用原有阶段探矿巷道;或在原有勘探阶段高度的基础上加以适当调整。

按我国矿山实际,当开采缓倾斜矿床时,阶段高度一般小于20~25m。开采倾斜至急倾斜矿床时,阶段高度常采用40、50、60m。随着生产技术的不断提高,阶段高度也可相应加大。如近年来我国有些矿山采用大量落矿的采矿方法,巷道掘进往往跟不上回采工作的需要;为减少掘进工程量,增大阶段回采矿量,曾将阶段高度增至100~120m。但在回采过程中,曾出现落矿、放矿和地压管理等方面困难,此时只得在阶段中加掘副阶段。所以,在确定阶段高度时,应对影响阶段高度的诸多因素进行深入的调查研究,并在技术和经济上进行综合分析,以求得合理的阶段高度。

二、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阶段运输巷道,将阶段再划分为独立的回采单元,称为矿块(图2-2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。关于矿块的结构和参数,将在采矿方法各章中分别论述。

第三节 盘区和采区

一、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2-3)。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。

二、采区

在盘区中沿走向每隔一定距离，掘进采区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2-3中6）。采区的结构和参数，将在有关采矿方法中论述。

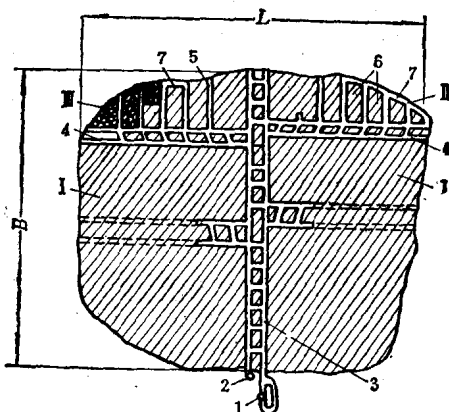


图 2-3 盘区和采区的划分

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

第四节 矿床的开采顺序

一、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，仅在某些特殊条件下采用。如在井田中有几条矿脉，其中有的矿脉相距较远，不受采空后岩层移动的影响，则其中一条矿脉采用上行式开采，矿块采空后可用其它矿脉下行式开掘上部阶段巷道所出废石充填采空区，这样废石可不必运出地表。

二、阶段中矿块的开采顺序

按回采工作对主要开拓巷道（主井、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 当阶段运输巷道掘进一定距离后，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2-4中I）。这种开采顺序的优点是矿井基建时间短，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2-4中II）。后退式开采的优缺点，与前进式开采基本相反。