



普通高等教育“十三五”规划教材

# 金属矿床地下开采

(第3版)

任凤玉 主编

韩智勇 刘娜 副主编

北京

冶金工业出版社

2018

## 第3版前言

《金属矿床地下开采》第1版由东北大学（原东北工学院）解世俊主编，东北大学刘兴国，北京科技大学（原北京钢铁学院）王辉光，中南大学（原中南矿冶学院）曾跃、王妙钦，西安建筑科技大学（原西安冶金建筑学院）帖庆熙，江西理工大学（原江西冶金学院）张玉清，昆明理工大学（原昆明工学院）王家齐，广东工业大学（原广东工学院）胡子发等参加编写，于1979年由冶金工业出版社出版发行。

1984年，根据冶金工业部教材工作会议要求，由解世俊、刘兴国、胡子发等共同对第1版进行修订，经过东北大学、辽宁科技大学（原鞍山钢铁学院）试讲，于1986年出版了本书第2版。

《金属矿床地下开采》第2版自出版到现在已三十多年，作为金属矿床地下开采的专业课教材和采矿从业人员的参考书，得到了广大读者的认可，三十多年共印17次，总印数达56300册。

如今，为体现金属采矿业三十多年来发展产生的新理论、新方法和新技术，我们对《金属矿床地下开采》第2版做了修订，在内容和结构上均有较大改动，主要体现在以下几个方面：

(1) 增加了新内容。增加了“露天转地下开采”一章，第1章增加“资源储量及矿床工业指标”一节，充填采矿法部分增加了“空场嗣后充填法”一节，崩落法覆岩下放矿部分增加了“随机介质放矿理论”部分内容。

(2) 充实了原有内容。“充填采矿法”一章增加了多个应用实例。

(3) 更新。根据能获得的资料和现场调研，尽可能对工艺技术参数、实例等进行了更新。

(4) 结构调整。“矿石损失与贫化”部分内容归于第3章“矿床开采步骤与矿量管理”，“采场地压管理”一章的“崩落围岩”部分内容归入第15章“崩落法的地压显现规律”一节。

总之，在本次修订中，编者努力使本书在内容和结构上既能体现采矿工程的特点和规律，又体现采矿工艺技术的现状和发展趋势，使之满足当今和今后

一个时期的教学要求。

本次修订工作的参与人员及分工如下：任凤玉（第5、9、10、13~15章，统稿），韩智勇（第11、12、16~18章），刘娜（第1~4章），曹建立（第8章），何荣兴（第6章），丁航行（第7章）。此外，参与资料收集和整理工作的人员有：张东杰、付煜、宋德林、于坤鹏、刘洋等。

修订工作终归是在前2版的基础上进行的，前2版诸位编者在当时的辛劳和智慧，对本书的成稿有着不可磨灭的贡献，在此谨致以最诚挚的敬意！

由于编者的水平有限，书中难免存在不足之处，真诚希望广大读者提出宝贵意见。

编者

2017年11月

于东北大学

## 第2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

# 目 录

绪论	1
----	---

## 第 1 篇 总 论

1 金属矿床的工业特征	3
1.1 矿石及矿岩物理力学性质	3
1.2 矿体埋藏要素与金属矿床分类	5
1.3 金属矿床的特点	7
1.4 资源储量及矿床工业指标	8
2 矿床回采单元划分及开采顺序	11
2.1 开采单元的划分	11
2.2 矿床的开采顺序	14
2.3 矿床开采的要求	17
3 矿床开采步骤与矿量管理	19
3.1 矿床开采步骤	19
3.2 三级储量	21
3.3 矿石损失与贫化	22
4 矿床开采强度与矿井生产能力	28
4.1 矿床开采强度	28
4.2 矿井生产能力	29

## 第 2 篇 矿床开拓

5 矿床开拓方法	31
5.1 矿床开拓及开拓巷道	31
5.2 开拓方法分类	31
5.3 平硐开拓法	32

VI	
5.4	斜井开拓法..... 34
5.5	竖井开拓法..... 36
5.6	斜坡道开拓法..... 39
5.7	联合开拓法..... 42
5.8	主要开拓方法评述..... 44
6	主要开拓巷道位置的选择..... 46
6.1	影响主要开拓巷道位置选择的主要因素..... 46
6.2	主要开拓巷道沿矿体走向位置的选择..... 47
6.3	主要开拓巷道垂直矿体走向位置的选择..... 50
6.4	保安矿柱的圈定..... 52
6.5	辅助开拓巷道的布置..... 53
6.6	其他辅助开拓巷道的布置..... 56
7	阶段运输巷道的布置..... 61
7.1	运输阶段和副阶段..... 61
7.2	阶段运输巷道布置的影响因素和基本要求..... 61
7.3	阶段运输巷道的布置形式..... 62
8	井底车场..... 65
8.1	竖井井底车场..... 65
8.2	斜井井底车场..... 68
8.3	地下硐室..... 71
9	矿床开拓方案选择..... 80
9.1	矿床开拓方案选择的基本要求及其影响因素..... 80
9.2	选择矿床开拓方案的步骤..... 81

### 第3篇 回采工作

10	回采落矿..... 85
10.1	爆破法落矿的特点..... 86
10.2	矿石合格块度..... 86
10.3	浅孔落矿..... 88
10.4	中深孔落矿..... 89
10.5	深孔落矿..... 94
10.6	深孔挤压落矿..... 96
10.7	药室落矿..... 98

<b>11 矿石运搬</b> .....	100
11.1 矿石二次破碎.....	100
11.2 重力运搬.....	101
11.3 电耙运搬矿石.....	102
11.4 自行设备运搬矿石.....	107
11.5 振动出矿机的应用.....	109
11.6 爆力运搬矿石.....	111
11.7 水力运搬矿石.....	113
11.8 向矿车装矿.....	114
<b>12 采场地压管理</b> .....	119
12.1 采场暴露面和矿柱.....	119
12.2 支护.....	125
12.3 充填.....	139
12.4 崩落围岩.....	146
 <b>第 4 篇 采矿方法</b>  	
<b>13 采矿方法分类</b> .....	147
13.1 采矿方法分类的目的及要求.....	147
13.2 采矿方法分类的依据及其分类.....	147
<b>14 空场采矿法</b> .....	150
14.1 全面采矿法.....	150
14.2 房柱采矿法.....	152
14.3 留矿采矿法.....	155
14.4 分段矿房法.....	165
14.5 阶段矿房法.....	167
14.6 矿柱回采和采空区处理.....	183
14.7 小结.....	188
<b>15 崩落采矿法</b> .....	189
15.1 单层崩落法.....	189
15.2 分层崩落法.....	197
15.3 有底柱分段崩落法.....	202
15.4 无底柱分段崩落法.....	216
15.5 阶段崩落法.....	233

15.6	覆岩下放矿的基本规律	241
15.7	崩落法的地压显现规律	256
15.8	小结	262
<b>16</b>	<b>充填采矿法</b>	<b>263</b>
16.1	概述	263
16.2	单层充填采矿法	264
16.3	上向分层充填采矿法	265
16.4	下向分层充填采矿法	275
16.5	进路充填采矿法	287
16.6	分采充填采矿法	293
16.7	空场嗣后充填法	300
16.8	方框支架充填采矿法	314
16.9	矿柱回采	315
16.10	小结	318
<b>17</b>	<b>采矿方法选择</b>	<b>320</b>
17.1	采矿方法选择要求	320
17.2	影响采矿方法选择的主要因素	321
17.3	采矿方法选择	323
<b>18</b>	<b>露天转地下开采 (露天地下联合开采)</b>	<b>326</b>
18.1	概述	326
18.2	露天转地下开拓系统	327
18.3	露天转地下过渡期采矿方法及过渡期限	329
18.4	露天矿无剥离开采与残留矿体开采	336
18.5	露天转地下过渡期协同开采技术	339



## 绪 论

我国作为发展中国家，经济社会正处于工业化全面发展时期，而采矿工业是现代工业的基础，大力发展采矿工业是更好地发展冶金工业和其他相关工业的需要，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采矿业更是得到了迅速的发展。

采矿工作的对象是种类繁多的矿床，是从地壳中将可利用矿物开采出来并运输到矿物加工地点或使用地点的行为、过程，矿山是采矿作业的场所。这些被开采矿床的形状、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。采矿工作地点没有像工厂生产那样的固定场所，必须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，矿石被采出后相对于人类文明的短暂历史而言不能再生，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，采矿成本日益提高，对生态环境的破坏也越来越严重。所有这些都是采矿工业区别于其他工业部门的基本特点，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。

随着现代工业的发展，金属矿石的需求量不断增长，开采深度逐渐加大，一些露天矿山陆续转为地下开采，而地下矿山也要向深部矿床拓展。因此，从长远来看，地下开采比重将会逐渐增大。

为了适应不同的矿体赋存条件、矿石和围岩性质及开采环境，地下矿开拓和开采方法随着开采技术的进步不断演变，逐步形成了以竖井、斜井、平硐和斜坡道开拓为基本方式的近十种矿床开拓方法。近年来由于广泛采用无轨自行设备，矿床埋藏深度不大的中小型矿山，常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，根据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，形成了空场法、充填法和崩落法三大类共二十余种典型采矿方法，其中应用比较广泛的采矿方法有十几种。地下采矿方法演进的主要特点是：木材消耗量大、工效低的采矿方法使用比重（如支柱充填和分层崩落等）逐渐下降，如今在现代化矿山已基本消失；采用大孔径深孔落矿的高效采矿方法逐渐推广，1970 年代出现的大直径深孔法、VCR 法（垂直深孔球状药包落矿阶段矿房法）和分段空场法，可以说是采矿方法的一大进展；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等方面都要优越得多，因此空场法的比重有所下降；随着采深的增加和对生态环境保护的重视，充填法应用比重有增长趋势，充填法和空场法联合

工艺——深孔落矿嗣后充填扩大了充填法的使用范围；地下采矿方法结构和工艺逐渐简化，结构参数增大。

目前，凿岩爆破方法仍是地下开采的主要落矿手段。为了增加爆破量，提高开采强度，降低开采成本，1970年代初，用于露天穿孔的潜孔钻机被引入地下矿山，使大孔径深孔落矿得以实现。同一时期，开始了地下矿山牙轮钻机的研制，1980年代初投入使用。液压凿岩机是凿岩技术的一个重要发展，1971年投入使用后迅速推广应用于巷道掘进和回采凿岩，其与风动凿岩机相比具有凿岩效率高、动力消耗低、噪声低、油雾和水雾小以及不需要压风设备和风管系统的优点。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。

采场矿石搬运、装运设备的装备水平在很大程度上决定着整个地下矿山的生产能力和效率。地下开采中使用的主要搬运、装运设备有电耙绞车、装岩机、铲运机和自卸卡车等。1923年，第一台电力驱动电耙绞车出现，之后的发展主要是功率越来越大和可靠性不断提高，后来又出现了遥控电耙绞车。无轨自行设备从1950年代早期开始试验到1960年代中期装运卸设备（铲运机）成型，并成为“无轨”采矿新概念的基本要素，因其具有高度灵活性、机动性和适应性，在地下矿山迅速应用推广，是世界各国地下开采采场运搬的重要发展趋势。此外，在前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了条件。我国地下金属矿山使用的采场运搬设备主要是电耙和铲运机，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。

计算机辅助设计（CAD）、计算机优化设计和管理信息系统在矿山得到广泛应用，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。利用计算机监控采矿作业，还可进一步实现采矿作业自动化，对地下采矿的主要单体设备和某些系统，如凿岩台车、铲运机、锚杆机等，进行远程操作，为信息化与工业化融合发展奠定良好基础。

## 总 论

## 1 金属矿床的工业特征

## 1.1 矿石及矿岩物理力学性质

## 1.1.1 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，就称为矿石。以矿石为主体的自然聚集体称为矿体。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、有条件的，是随着国民经济的发展需要、矿床开采和矿石加工技术水平的提高而变化的。一般来说，划分矿石与废石的界限，取决于国家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，现今锡矿石的最低工业品位降为 0.2%~0.3%，铜矿石降为 0.3%~0.5%，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。

## 1.1.2 金属矿石的种类

作为提取金属成分的矿石，称为金属矿石。金属矿石根据其所含金属种类的不同，分为贵金属矿石（金、银、铂等）、有色金属矿石（铜、铅、锌、铝、镍、锑、钨、锡、钼等）、黑色金属矿石（铁、锰、铬等）、稀有金属矿石（钽、铌等）和放射性矿石（铀、钍等）。

金属矿石根据所含金属矿物的性质、矿物组成和化学成分，又可分为：

（1）自然金属矿石。指金属以单一元素存在于矿床中的矿石，如金、银、铂等。

(2) 氧化矿石。指矿石中矿物的化学成分为氧化物、碳酸盐及硫酸盐的矿石,如赤铁矿  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、红锌矿  $\text{ZnO}$ 、软锰矿  $\text{MnO}_2$ 、赤铜矿  $\text{Cu}_2\text{O}$ 、白铅矿  $\text{PbCO}_3$  等。

(3) 硫化矿石。指矿石中矿物的化学成分为硫化物,如方铅矿  $\text{PbS}$ 、黄铜矿  $\text{CuFeS}_2$  等。

(4) 混合矿石。指矿石中含有前三种矿物中两种以上的矿石混合物。

### 1.1.3 矿石与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、自燃性、含水性及碎胀性等。

#### 1.1.3.1 坚固性

矿岩的坚固性是指一种岩石抵抗外力的性能,用它来表示矿岩在各种不同方法破碎时的难易程度。矿岩坚固性与矿岩的强度是两个不同的概念。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。

矿岩坚固性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。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  $R$ ——矿岩的单轴抗压强度, 98.1kPa。

#### 1.1.3.2 稳固性

矿岩的稳固性是指矿石和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,它不仅与矿岩本身的成分、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。矿石的稳固性可根据矿石或岩石的稳固程度,分为以下五种级别:

(1) 极不稳固的。在巷道掘进或开辟采场时,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  $50\text{m}^2$  以内。

(3) 中等稳固的。允许不支护的暴露面积为  $50\sim 200\text{m}^2$ 。

(4) 稳固的。允许不支护的暴露面积为  $200\sim 800\text{m}^2$ 。

(5) 极稳固的。不需支护的暴露面积在  $800\text{m}^2$  以上。

#### 1.1.3.3 结块性

矿石的结块性是指采下的矿石在遇水和受压后,经过一定的时间结成整块的性质,一般可使矿石结块的因素有:

(1) 矿石中含有黏土质物质,受湿及受压后黏结在一起。

(2) 高硫矿石遇水后, 矿石表面氧化, 形成硫酸盐薄膜, 受压联结在一起。

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。

#### 1.1.3.4 氧化性

矿石的氧化性是指硫化矿石在水和空气的作用下, 发生氧化反应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会发生氧化。矿石的氧化性会降低选矿的回收指标。

#### 1.1.3.5 自燃性

含硫量在 18%~20%以上的高硫矿石在一定条件下具有自燃性。硫化矿石与空气接触发生氧化反应并产生热量, 当其热量不能向周围介质散发时, 局部热量就不断聚集, 温度升高到着火点时就会引起矿石自燃。矿石自燃不仅会造成资源的浪费, 而且恶化工作面的环境。所以对于具有自燃性的矿石, 选取采矿方法有特殊的要求。

#### 1.1.3.6 含水性

含水性是指矿石或岩石吸收和保持水分的性质。含水性随矿岩的孔隙度和节理而变化。含水性会影响放矿、运输和提升等工作。

#### 1.1.3.7 碎胀(松散)性

矿岩在破碎后由于碎块之间存在空隙, 其体积比原矿岩体积增大, 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颗粒组成和块度的形状。一般坚硬矿岩的碎胀系数为 1.2~1.5。

## 1.2 矿体埋藏要素与金属矿床分类

### 1.2.1 矿体埋藏要素

矿体的埋藏要素是指矿床中各个矿体的走向长度、厚度、倾角、延深及埋藏深度。

#### 1.2.1.1 矿体走向及走向长度

矿体层面与水平面的交线称为走向线, 走向线两端所指的方向即矿体的走向, 用方位角表示。走向长度是指矿体在走向方向上的长度, 分为投影长度和矿体在某中段水平的长度。

#### 1.2.1.2 矿体埋深及延深

矿体埋藏深度是指从地表至矿体上部边界的垂直距离, 而延伸深度是指矿体的上部边界到下部边界之间的垂直距离或倾斜距离。

按矿体的埋藏深度可分为浅部矿体和深部矿体。深部矿体埋藏的深度一般大于 800m。当开采深度超过 800m, 井筒掘进、提升、通风、地温等方面将带来一系列的问题, 地压控制方面可能会遇到各种复杂的地压现象(如岩爆、冲击地压等)。目前, 我国地下开采矿山的采深多属浅部开采范围, 世界上最深的矿井南非姆波尼格金矿, 其开采深度已达 4350m。

## 1.2.2 金属矿床分类

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。

### 1.2.2.1 按矿体的形状分类

(1) 层状矿体。这类矿床多是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) 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。这类矿体大小不一，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。

(3) 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、稀有金属及贵重金属矿床多属此类。

在开采块状矿床和脉状矿床时，要加强探矿工作，以充分回收矿产资源。

### 1.2.2.2 按矿体倾角分类

(1) 水平和微倾斜矿床。倾角小于  $5^\circ$ 。

(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  $55^\circ$ 。

矿体倾角是指矿体中心面与水平面的夹角（图 1-1）。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 etc 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，随着无轨设备和其他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。

### 1.2.2.3 按矿体的厚度分类

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。前者叫垂直厚度或真厚度，后者叫水平厚度，见图 1-1。开采急倾斜矿体时，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。垂直厚度与水平厚度之间关系为：

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

式中  $a$ ——矿体的垂直厚度，m；

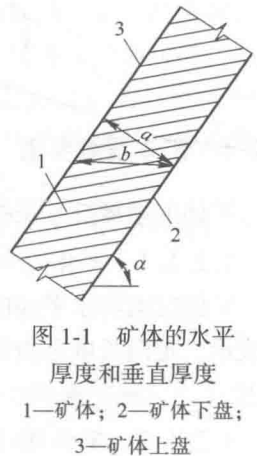


图 1-1 矿体的水平厚度和垂直厚度  
1—矿体；2—矿体下盘；  
3—矿体上盘

$b$ ——矿体的水平厚度, m;

$\alpha$ ——矿体的倾角, ( $^{\circ}$ )。

(1) 极薄矿体。厚度在 0.8m 以下。开采极薄矿体时, 不论其倾角多大, 掘进巷道和采矿都需开掘部分围岩, 以保证人员及设备所需的正常工作空间。

(2) 薄矿体。厚度在 0.8~4m。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; 在倾斜和急倾斜条件下, 回采时不需要采掘围岩。

(3) 中厚矿体。厚度在 4~(10—15)m。回采中厚矿体时, 可沿矿体走向布置矿块。

(4) 厚矿体。厚度在 (10—15)~40m。开采厚矿体时, 垂直走向布置矿块。

(5) 极厚矿体。厚度大于 40m。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)。

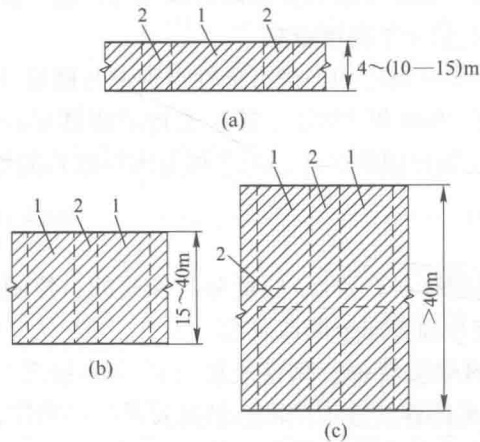


图 1-2 矿块的布置方式

(a) 矿块走向布置; (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

### 1.3 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因素有以下几个方面。

(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。

(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、不同品级进行分类, 品位中和, 剔除夹石以及确定矿体边界等。

(3) 矿石和围岩坚固性大。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。

(4) 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。

(5) 矿岩含水性。某些金属矿床大量含水,对开采有很大的影响。矿床含水大,不仅需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,大量的含水性会降低矿岩的稳固性等)。

## 1.4 资源储量及矿床工业指标

矿产资源领域有两个非常重要的概念,即资源与储量。矿产资源/储量分类是定量评价矿产资源的基本准则,它既是矿产资源/储量估算、资源预测和国家资源统计、交易与管理的统一标准,又是国家制定经济和资源政策及建设计划、设计、生产的依据,因此各国都对矿产资源/储量分类给予了高度重视。

虽然各国都是基于地质可靠性和经济可能性对资源与储量进行定义和区分,但具体分类标准各不相同。我国于1999年12月1日起实行的固体矿产资源/储量分类国家标准(GB/T 177766—1999)是我国固体矿产第一个可与国际接轨的统一分类。

### 1.4.1 分类依据

根据地质可靠程度将固体矿产资源/储量分为探明的、控制的、推断的和预测的,分别对应勘探、详查、普查和预查四个勘探阶段。

(1) 探明的。矿床的地质特征、赋存规律(矿体的形态、产状、规模、矿石质量、品位及开采技术条件)、矿体连续性依照勘探精度要求已经确定,可信度高。

(2) 控制的。矿床的地质特征、赋存规律(矿体的形态、产状、规模、矿石质量、品位及开采技术条件)、矿体连续性依照详查精度要求已基本确定,可信度较高。

(3) 推断的。对普查区按照普查的精度,大致查明了矿产的地质特征以及矿体(点)的展布特征、品位、质量,也包括那些由地质可靠程度较高的基础储量或资源量外推部分,矿体(点)的连续性是推断的,可信度低。

(4) 预测的。对具有矿化潜力较大地区经过预查得出的结果,可信度最低。

根据可行性评价分为概略研究、预可行性研究和可行性研究三个阶段。根据经济意义将固体矿产资源/储量分为经济的(数量和质量是根据符合市场价格的生产指标计算的)、边际经济的(接近盈亏边界)、次边际经济的(当前是不经济的,但随技术进步、矿产品价格提高、生产成本降低,可变为经济的)、内蕴经济的(无法区分是经济的、边际经济的还是次边际经济的)、经济意义未定的(仅指预查后预测的资源量,属于潜在矿产资源)。

### 1.4.2 分类及编码

依据矿产勘探阶段和可行性评价及其结果、地质可靠程度和经济意义,并参考美国等西方国家及联合国分类标准,中国将矿产资源分为三大类(储量、基础储量、资源量)及16种类型。



(1) 储量。指基础储量中的经济可采部分,用扣除了设计、采矿损失的实际开采数量表述。

(2) 基础储量。查明矿产资源的一部分,是经详查、勘探所控制的、查明的并通过可行性研究、预可行性研究认为属于经济的、边际经济的部分,用未扣除设计、采矿损失的数量表达。

(3) 资源量。指查明矿产资源的一部分和潜在矿产资源,包括经可行性研究或预可行性研究证实为次边际经济的矿产资源,经过勘察而未进行可行性研究或预可行性研究的、内蕴经济的矿产资源以及经过预查后预测的矿产资源。

资源/储量 16 种类型、编码及其含义列入表 1-1。

表 1-1 中国固体矿产资源分类与编码表

类别	类型	编码	含义
储量	可采储量	111	探明的、经可行性研究的、经济的基础储量的可采部分
	预可采储量	121	探明的、经预可行性研究的、经济的基础储量的可采部分
	预可采储量	122	控制的、经预可行性研究的、经济的基础储量的可采部分
基础储量	探明的(可研)经济基础储量	111b	探明的、经可行性研究的、经济的基础储量
	探明的(预可研)经济基础储量	121b	探明的、经预可行性研究的、经济的基础储量
	控制的经济基础储量	122b	控制的、经预可行性研究的、经济的基础储量
	探明的(可研)边际经济基础储量	2M11	探明的、经可行性研究的、边际经济的基础储量
	探明的(预可研)边际经济基础储量	2M21	探明的、经预可行性研究的、边际经济的基础储量
	控制的边际经济基础储量	2M22	控制的、经预可行性研究的、边际经济的基础储量
资源量	探明的(可研)次边际经济资源量	2S11	探明的、经可行性研究的、次边际经济的资源量
	探明的(预可研)次边际经济资源量	2S21	探明的、经预可行性研究的、次边际经济的资源量
	控制的次边际经济资源量	2S22	控制的、经预可行性研究的、次边际经济的资源量
	探明的内蕴经济资源量	331	探明的、经概略(可行性)研究的、内蕴经济的资源量
	控制的内蕴经济资源量	332	控制的、经概略(可行性)研究的、内蕴经济的资源量
	推断的内蕴经济资源量	333	推断的、经概略(可行性)研究的、内蕴经济的资源量
	预测资源量	334	潜在矿产资源

注:表中编码,第1位表示经济意义,即1—经济的,2M—边际经济的,2S—次边际经济的,3—内蕴经济的;第2位表示可行性评价阶段,即1—可行性研究,2—预可行性研究,3—概略研究;第3位表示地质可靠程度,即1—探明的,2—控制的,3—推断的,4—预测的。其他符号: ? —经济意义未定的, b—未扣除设计、采矿损失的可采储量。

### 1.4.3 矿床工业指标

用以衡量某种地质体是否可以作为矿床、矿体或矿石的指标,或用以划分矿石类型及品级的指标,均称为矿床工业指标。常用的矿床工业指标包括:

(1) 矿石品位。金属和大部分非金属矿石品级,一般用矿石品位来表征。品位是指