

高职高专规划教材

JINSHUKUANG DIXIA KAICAI

金属矿地下开采

陈国山 翁春林 主编



冶金工业出版社

<http://www.cnmp.com.cn>

0321853



高职高专规划教材

金属矿地下开采

陈国山 翁春林 主 编
何晓光 夏建波 副主编

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2008

内 容 提 要

本教材是根据教育部高职高专矿业类教学指导委员会金属矿开采技术教研组、冶金教育学会高职高专矿业类课程组及冶金工业出版社“十一五”冶金行业教材建设规划编写的。

本教材共分 11 章, 主要内容包括: 金属矿床的工业特征, 金属矿地下开采的原则、开拓方法, 主要开拓巷道, 辅助开拓工程, 地面辅助工程, 采矿生产工艺, 空场采矿法, 充填采矿法, 崩落采矿法, 地下开采设计。

本书是作为高职高专金属矿开采技术专业的学生专用教材, 也可以供矿山工程技术人员、管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

金属矿地下开采/陈国山, 翁春林主编. —北京: 冶金工业出版社, 2008. 5

高职高专规划教材

ISBN 978-7-5024-4469-3

I. 金… II. ①陈… ②翁… III. 金属矿开采: 地下开采—高等学校: 技术学校—教材 IV. TD853

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 054811 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 俞跃春 美术编辑 李 心 版式设计 张 青

责任校对 刘 倩 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-4469-3

北京鑫正大印刷有限公司印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

2008 年 5 月第 1 版, 2008 年 5 月第 1 次印刷

787mm × 1092mm 1/16; 19.5 印张; 516 千字; 296 页; 1-3000 册

39.00 元

冶金工业出版社发行部 电话: (010)64044283 传真: (010)64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号(100711) 电话: (010)65289081

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

前 言

随着采矿业的迅速发展,金属矿地下开采的技术水平、开采设备的自动化程度、金属矿地下开采的工艺技术等都有很大的提高,为了适应这种发展趋势,根据教育部高职高专矿业类教学指导委员会金属矿开采技术教研组、冶金教育学会高职高专矿业类课程组及冶金工业出版社“十一五”冶金行业教材建设规划,我们编写了本教材。

本教材根据高职高专办学理念、高职高专人才培养目标,在编写过程中注重了基本理论和基本知识的要求,充实了新工艺、新设备、新技术的内容;力求理论联系实际,侧重于生产实践,注重学生职业技能和动手能力的培养。

参加本教材编写工作的有吉林电子信息职业技术学院陈国山、毕俊召,辽宁科技学院何晓光,昆明冶金高等专科学校翁春林、夏建波。其中陈国山编写第1~5章,陈国山、毕俊召编写第6章,翁春林编写第7章、第8章,何晓光编写第10章,夏建波编写第9章、第11章。全书由陈国山、翁春林担任主编,何晓光、夏建波任副主编。

本教材在编写过程中得到许多同行、矿山工程技术人员的支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中不足之处,欢迎读者批评指正。

编 者
2007年12月

目 录

1 金属矿床的工业特征	1
1.1 概述	1
1.1.1 基本概念	1
1.1.2 矿石的种类	1
1.1.3 矿岩的力学性质	2
1.2 金属矿床的工业特征	4
1.2.1 矿床的赋存要素	4
1.2.2 矿床的工业特征	6
本章小结	6
复习思考题	7
2 金属矿地下开采的原则	8
2.1 金属矿地下开采的基本要求	8
2.2 金属矿地下开采单元的划分	8
2.2.1 矿区的划分	8
2.2.2 矿段的划分	10
2.2.3 分区的划分	11
2.3 金属矿地下开采的顺序	12
2.3.1 矿田内井田间的开采顺序	12
2.3.2 井田内阶段间的开采顺序	13
2.3.3 阶段中矿块间的开采顺序	14
2.3.4 相邻矿体间的开采顺序	15
2.4 金属矿地下开采的步骤	16
2.4.1 开拓	16
2.4.2 采准	16
2.4.3 切割	16
2.4.4 回采	17
2.5 三级矿量	17
2.5.1 开拓矿量	17
2.5.2 采准矿量	17
2.5.3 备采矿量	18
2.5.4 三级矿量保有量计算方法	18
2.6 金属矿地下开采的损失贫化	19

2.6.1 损失与贫化的概念	19
2.6.2 损失与贫化的计算	19
2.6.3 减少矿石损失贫化的意义	20
2.6.4 降低矿石损失贫化的措施	20
本章小结	21
复习思考题	21
3 金属矿地下开采开拓方法	22
3.1 概述	22
3.1.1 开拓的基本概念	22
3.1.2 开拓方法的分类	22
3.2 竖井开拓法	23
3.2.1 下盘竖井开拓法	23
3.2.2 上盘竖井开拓法	24
3.2.3 侧翼竖井开拓法	24
3.2.4 穿过矿体竖井开拓法	24
3.3 斜井开拓法	25
3.3.1 脉内斜井开拓法	25
3.3.2 下盘斜井开拓法	25
3.3.3 侧翼斜井开拓法	26
3.4 平硐开拓法	27
3.4.1 穿脉平硐开拓法	28
3.4.2 沿脉平硐开拓法	28
3.5 斜坡道开拓法	29
3.6 联合开拓法	30
3.6.1 平硐与盲井（盲竖井、盲斜井）联合开拓法	30
3.6.2 竖井与盲井（盲竖井、盲斜井）联合开拓法	32
3.6.3 斜井与盲井（盲竖井、盲斜井）联合开拓法	33
3.6.4 斜坡道联合开拓法	34
本章小结	35
复习思考题	35
4 主要开拓巷道	36
4.1 主要开拓巷道类型的选择	36
4.1.1 各种主要开拓巷道的特点	36
4.1.2 选择主要开拓巷道类型时应考虑的主要因素	37
4.2 主要开拓巷道位置的确定	37
4.2.1 岩石移动对位置确定的影响	37
4.2.2 垂直走向方向位置的确定	43

4.2.3 沿走向方向位置的确定	43
4.2.4 影响位置确定的因素	45
4.2.5 影响具体位置确定的因素	46
4.2.6 具体位置确定的步骤	47
本章小结	47
复习思考题	48
5 辅助开拓工程	49
5.1 副井硐	49
5.2 风井硐	51
5.2.1 概述	51
5.2.2 通风方式	51
5.2.3 中央式和对角式的比较	52
5.2.4 通风方式选择	53
5.3 阶段运输巷道	54
5.3.1 概述	54
5.3.2 阶段运输巷道的布置要求	54
5.3.3 阶段运输巷道的布置形式	55
5.4 溜井	57
5.4.1 溜井的结构形式	57
5.4.2 溜井的结构参数	58
5.4.3 溜井与阶段水平的接口	59
5.4.4 溜井放矿闸门	62
5.4.5 溜井的检查巷道	66
5.4.6 溜井位置的选择	66
5.4.7 溜井的生产能力	67
5.5 井底车场	67
5.5.1 竖井井底车场	67
5.5.2 斜井井底车场	71
5.5.3 井底车场生产能力	73
5.6 硐室	74
5.6.1 水仓水泵房	74
5.6.2 炸药库	75
5.6.3 箕斗破碎装载硐室	76
5.6.4 其他硐室	80
本章小结	83
复习思考题	83
6 地面辅助工程	84
6.1 地面工程设施	84

6.1.1 生产设施	84
6.1.2 生活设施	86
6.2 地面运输管网	86
6.2.1 地面运输系统	86
6.2.2 地面管网系统	88
6.3 地面总图布置	90
6.3.1 总图布置概述	90
6.3.2 地面总图的规划	91
本章小结	95
复习思考题	95
7 采矿生产工艺	96
7.1 采矿方法分类	96
7.1.1 采矿方法分类的目的与要求	96
7.1.2 金属矿床地下开采采矿方法分类	96
7.1.3 国内外地下矿山采矿方法应用情况	97
7.2 采准切割工程	98
7.2.1 采切工程的划分	98
7.2.2 采准工程	99
7.2.3 切割工程	105
7.2.4 采切比与采掘比计算	106
7.3 回采的主要生产工艺	108
7.3.1 落矿	108
7.3.2 矿石运搬	114
7.3.3 矿块的底部结构	115
7.3.4 采场地压管理	128
7.4 回采工艺循环及图表	136
本章小结	137
复习思考题	137
8 空场采矿法	138
8.1 房柱采矿法	138
8.1.1 浅孔落矿、电耙运搬房柱法	139
8.1.2 中深孔房柱法	141
8.1.3 房柱采矿法的评价及适用条件	144
8.1.4 技术经济指标	144
8.2 全面采矿法	145
8.2.1 典型方案	145
8.2.2 实例	146

8.2.3	评价	147
8.2.4	适用条件	147
8.2.5	技术经济指标	147
8.3	分段采矿法	148
8.3.1	典型方案	148
8.3.2	实例	149
8.3.3	评价	150
8.3.4	适用条件	151
8.3.5	技术经济指标	151
8.4	阶段矿房采矿法	151
8.4.1	分段落矿阶段矿房采矿法	151
8.4.2	水平深孔落矿阶段矿房采矿法	158
8.4.3	倾斜深孔落矿爆力运搬阶段矿房采矿法	163
8.4.4	垂直深孔落矿阶段矿房采矿法	164
8.5	留矿采矿法	169
8.5.1	普通留矿法	170
8.5.2	其他留矿采矿法	174
8.5.3	评价	176
8.5.4	适用条件	176
8.5.5	技术经济指标	177
8.6	矿柱回采方法和采空区处理	177
8.6.1	矿柱回采方法	177
8.6.2	采空区处理	180
	本章小结	181
	复习思考题	182
9	充填采矿法	183
9.1	单层充填采矿法	183
9.1.1	采场结构参数	183
9.1.2	采准和切割	183
9.1.3	回采	184
9.1.4	评价	184
9.2	上向水平分层充填采矿法	185
9.2.1	干式充填方案	185
9.2.2	水力充填方案	186
9.2.3	胶结充填方案	188
9.2.4	上向水平分层充填采矿法的评价	189
9.3	上向倾斜分层充填采矿法	190
9.4	下向分层充填采矿法	191

9.4.1	下向分层水力充填采矿法	191
9.4.2	下向分层胶结充填采矿法	194
9.4.3	下向分层充填采矿法的评价	195
9.5	分采充填采矿法	195
9.6	分采充填与留矿联合采矿法	196
9.6.1	方法简述	196
9.6.2	废石格长度及每循环放矿量	198
9.7	矿柱回采	198
9.7.1	胶结充填矿房的间柱回采	199
9.7.2	松散充填矿房间柱回采	200
9.7.3	顶底柱回采	202
9.8	充填工艺系统	202
9.8.1	充填体的作用	202
9.8.2	充填材料	202
9.8.3	充填工艺	204
9.8.4	充填系统	206
	本章小结	210
	复习思考题	210
10	崩落采矿法	212
10.1	单层崩落采矿法	212
10.1.1	单层长壁式崩落采矿法	212
10.1.2	单层短壁式与进路式崩落采矿法	218
10.1.3	单层长壁工作面综合机械化崩落采矿法	218
10.2	分层崩落采矿法	220
10.3	有底柱分段崩落采矿法	221
10.3.1	概述	221
10.3.2	主要方案	222
10.3.3	采准切割工程布置	226
10.3.4	其他方案综述	228
10.3.5	底部结构的维护	229
10.3.6	覆盖岩石下放矿	232
10.3.7	有底柱分段崩落采矿法综述	242
10.4	有底柱阶段崩落采矿法	243
10.4.1	阶段自然崩落采矿法	243
10.4.2	阶段强制崩落采矿法	247
10.5	无底柱分段崩落采矿法	253
10.5.1	典型方案	253
10.5.2	覆岩下端部放矿	259

10.5.3 无底柱分段崩落法的主要方案	270
10.5.4 无底柱分段崩落法综述	278
本章小结	279
复习思考题	280
11 地下开采设计	281
11.1 采矿方法选择	281
11.1.1 采矿方法分类	281
11.1.2 采矿方法选择的基本要求	282
11.1.3 采矿方法选择的主要影响因素	282
11.1.4 采矿方法选择的方法	282
11.2 采矿方法选择实例	284
11.2.1 陡崖金矿采矿方法选择	284
11.2.2 大洞铅锌矿采矿方法选择	285
11.3 矿床开拓方案选择	287
11.3.1 开拓方法分类	287
11.3.2 开拓方案选择方法	288
11.4 开拓方案选择实例	291
11.4.1 竖井开拓运输方案	291
11.4.2 胶带输送机斜井开拓运输方案	291
11.4.3 技术比较	291
11.4.4 经济比较	292
11.4.5 开拓运输方案比较结果	294
11.4.6 结论	294
本章小结	295
复习思考题	295
参考文献	296

1 金属矿床的工业特征

1.1 概述

1.1.1 基本概念

凡是地壳中的矿物自然聚合体，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其他矿物产品者，称作矿石。以矿石为主体的自然聚集体称作矿体。矿床是矿体的总称，一个矿床可由一个或多个矿体组成。矿体周围的岩石称作围岩，据其与矿体的相对位置的不同，有上盘围岩、下盘围岩与侧翼围岩之分。缓倾斜及水平矿体的上盘围岩也称为顶板，下盘围岩称为底板。矿体的围岩及矿体中的岩石（夹石），不含有用成分或含量过少，从经济角度出发无开采价值的称为废石。

矿石中有用成分的含量称为品位，常用百分数表示。黄金、金刚石、宝石等贵重矿石，分别用 $1t$ （或 $1m^3$ ）矿石中含多少克或克拉有用成分来表示，如某矿的金矿品位为 $5g/t$ 。矿床内的矿石品位分布很少是均匀的。对各种不同种类的矿床，许多国家都有统一规定的边界品位。边界品位是划分矿石与废石（围岩或夹石）的有用组分最低含量标准。矿山计算矿石储量分为表内储量与表外储量。表内外储量划分的标准是按最低可采平均品位，又名最低工业品位，也称工业品位。按工业品位圈定的矿体称工业矿体。显然工业品位高于或等于边界品位。

矿石和废石、工业矿床与非工业矿床划分的概念是相对的。它是随着国家资源情况，国民经济对矿石的需求、经济地理条件、矿石开采及加工技术水平的提高以及生产成本升降和市场价格的变化等而变化。例如我国锡矿石的边界品位高于一些国家规定的 5 倍以上；由于硫化铜矿石选矿技术提高等原因，铜矿石边界品位已由 0.6% 降到 0.3% ；有的交通条件好的缺磷肥地区，所开采的磷矿石品位甚至低于边疆交通不便的富磷地区的废石品位。

1.1.2 矿石的种类

矿床按其存在形态的不同，可分为固相、气相（如二氧化碳气矿、硫化氢气矿）及液相（如盐湖中的各种盐类矿物、液体天然碱）等三种。

矿石按其属性来分，可分为金属矿石及非金属矿石两大类。其中金属矿石又可根据其所含金属种类的不同，分为贵金属（金、银、铂等）矿石、有色金属（铜、铅、锌、铝、镁、镓、铟、锡、铋等）矿石、黑色金属（铁、锰、铬等）矿石、稀有金属（钽、铌等）矿石和放射性（铀、钍等）矿石。据其所含金属成分的数目，矿石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的性质，矿物组成及化学成分，可分为：

(1) 自然金属矿石。这是指金属以单一元素存在于矿床中的矿石，如金、银、铂、铜等。

(2) 氧化矿石。这是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 Fe_2O_3 、红锌矿 ZnO 、软锰矿 MnO_2 、赤铜矿 Cu_2O 、白铅矿 $PbCO_3$ 等。一些铜矿及铅锌矿床，在靠近地表的氧化带内，常有氧化矿石存在。

(3) 硫化矿石。这是指矿石中矿物的化学成分为硫化矿物的矿石，如黄铜矿 CuFeS_2 、方铅矿 PbS 、辉钼矿 MoS_2 等。

(4) 混合矿石。这是指矿石中含有上述三种矿物中两种或三种的矿石混合物。开采这类矿床时，要考虑分采分运的可能性。

我国化工系统开采多种盐类矿床，这些盐类矿物具有共同的特点，就是溶于水，只是各种矿物的溶解度不相同。按化学组成，盐类矿物可分为：氯化物盐类矿物（如岩盐，钾石盐）、硫酸盐盐类矿物（如石膏、芒硝）、碳酸盐盐类矿物（如天然碱）、硝酸盐盐类矿物（如智利硝石）、硼酸盐盐类矿物（如硼矿）等。

矿石中 useful 成分含量的多少是衡量矿石质量的一个重要指标。根据矿石中含有 useful 成分的多少，矿石有富矿、中矿和贫矿之分。如磁铁矿品位超过 55% 时为平炉富矿，品位在 50% ~ 55% 时为高炉富矿，品位为 30% ~ 50% 时为贫矿。贫铁矿必须进行选矿。品位超过 1% 的铜矿即为富矿。硫铁矿和磷矿常以品位合格不经选矿加工作为商品矿出售。含五氧化二磷 $w(\text{P}_2\text{O}_5) = 30\%$ 的磷矿石和含硫 $w(\text{S}) = 35\%$ 的硫铁矿作为标准矿；凡采出的磷矿和磁铁矿，均以其实际品位折合成标准矿计算产量。

矿石按其有用成分的价值可分为高价矿、中价矿及低价矿。低价矿，如我国的磷矿石，一般都不用成本较高的充填采矿法开采。我国的金矿及高品位的有色金属矿、贵重金属矿和稀有金属矿，则可用充填采矿法开采。开采高价矿及富矿时，更应尽量减少开采损失和贫化。

对于某些矿物，主要是非金属矿物，决定其使用价值的不仅是有用成分的含量，还要考虑其某些特殊物理技术性能。如晶体结构及晶体完整、纯净程度以及有害成分含量等，并以此定等划分品级，以适应不同的工业用途。

矿石中某些有害成分以及开采时围岩中有害成分的混入，如果通过选矿不能除去，或者不经选矿而直接用原矿（如高炉富铁矿）加工时，都会降低矿石的使用价值。铁矿石含硫、磷超过一定标准时，将严重影响钢铁质量。磷矿石中的氧化镁超过标准时（包括围岩的混入），会影响磷矿石的使用价值，增加加工成本。

1.1.3 矿岩的力学性质

矿岩的硬度、坚固性、稳固性、结块性、氧化性、自燃性、含水性、碎胀性是矿岩和围岩的主要物理力学特性，它们对矿床的开采方法有较大的影响。

1.1.3.1 硬度

硬度是抵抗工具侵入的性能。它取决于组成矿岩成分的颗粒硬度、形成、大小、晶体结构及胶结物的情况等。

1.1.3.2 坚固性

坚固性是指矿岩抵抗外力的性能。这里所指的外力是一种综合性的外力，它包括工具的冲击、机械破碎以及炸药爆炸等作用力。它与矿岩强度的概念有所不同。强度是指矿岩抵抗压缩、拉伸、弯曲和剪切等单向作用力的性能。

坚固性的大小，常用坚固性系数 f 来表示。它反映矿岩的极限抗压强度、凿岩速度、炸药消耗量等值的综合值。目前，在我国坚固性系数常用矿岩的极限抗压强度来表示。

$$f = \frac{R}{10}$$

式中 R ——矿岩的极限抗压强度，MPa。

测试矿岩极限抗压强度的试件不含弱面，而岩体一般都含有弱面。考虑弱面的存在，可引

入构造系数，相应降低矿岩强度，根据岩体中弱面平均间距不同，构造系数见表 1-1。

表 1-1 构造系数

岩体中弱面的平均间距/m	构造系数	岩体中弱面的平均间距/m	构造系数
>1.5	0.9	0.5~0.1	0.4
1.5~1	0.8	<0.1	0.2
1~0.5	0.6		

1.1.3.3 稳固性

矿岩的采掘空间允许暴露面积的大小和允许暴露时间长短的性能，称为矿岩的稳固性。稳固性与坚固性是两个不同的概念。稳固性与矿岩的成分、结构、构造、节理、风化程度、水文条件、以及采掘空间的形状有关。坚固性好的矿岩，在节理发育、构造破坏地带，其稳固性就差。

矿岩稳固性对选择采矿方法和采场地压管理方法以及井巷的维护，有非常大的影响。矿岩按稳固程度通常可分为以下五种：

- (1) 极不稳固的。掘进巷道或开辟采场时，顶板和两帮无支护情况下，不允许有任何暴露面积，一般要超前支护，否则就会冒落或片帮的矿岩。这种矿岩很少（如流砂等）。
- (2) 不稳固的。只允许有很小的暴露面，并需及时坚固支护。
- (3) 中等稳固的。允许较大的暴露面积，并允许暴露相当长时间，再进行支护。
- (4) 稳固的。允许暴露面积很大，只有局部地方需要支护。
- (5) 极稳固的。允许非常大的暴露面积，无支护条件下长时间不会发生冒落。这种矿岩较前两种较为少见。

1.1.3.4 结块性

矿石从矿体中采下后，在遇水或受压后重新结成整体的性能，称作结块性。一般含黏土或高岭土质的矿石，以及含硫较高的矿石容易发生结块，给放矿、装车及运输造成困难。

1.1.3.5 氧化性和自燃性

硫化矿石在水和空气的作用下变为氧化矿石的性能，称作氧化性。矿石氧化时，放出热量，使井下温度升高，劳动条件恶化。矿石氧化后还会降低选矿回收率。

有些硫化矿与空气接触发生氧化并产生热量；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，会引起矿石自燃。一般认为，硫化矿石含硫在 18%~20% 以上时，就有可能自燃，但并非所有含硫在 18%~20% 以上的硫化矿矿石都会自燃，磁化矿石的自燃，还取决于它的许多物理化学性质。

1.1.3.6 含水性

矿石吸收和保持水分的性能，称为含水性。它对放矿、运输、箕斗提升及矿仓储存有很大影响。

1.1.3.7 碎胀性

矿岩从原矿体上被崩落破碎后，因碎块之间具有空隙，体积比原岩体积增大，这种性能称为碎胀性。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，与破碎后的矿岩块度大小及矿石形状有关。坚硬的矿石碎胀系数为 1.2~1.6。

1.2 金属矿床的工业特征

1.2.1 矿床的赋存要素

1.2.1.1 走向及走向长度

对于脉状矿体，矿体层面与水平面所成交线的方向，称为矿体的走向。走向长度是指矿体在走向方向上的长度，分为投影长度（即总长度）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，如图 1-1 所示。矿体的延深深度是指矿体的上部边界至矿体的下部边界的垂直距离或倾斜距离（称为垂高或斜长），按矿体的埋藏深度可分为浅部矿体和深部矿体。深部矿体埋藏深度一般大于 800m。矿床埋藏深度和开采深度对采矿方法选择有很大影响。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，其开采深度已达 4000m。

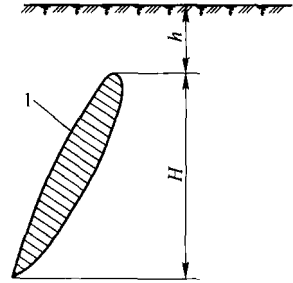


图 1-1 矿体的延深深度和埋藏深度
1—矿体；h—埋藏深度；
H—延深深度（垂直高度）

1.2.1.3 矿体形状

金属矿床的形状、厚度及倾角对于矿床开拓与采矿方法的选择有很大影响。因此，金属矿床多以形状、厚度与倾角为依据来分类。常见矿体形状如图 1-2 所示。

(1) 层状矿体。这类矿床大多是沉积和沉积变质矿床，如赤铁矿、石膏矿、锰矿、磷矿、煤系硫铁矿等，如图 1-2 (a) 所示。这类矿体产状一般变化不大，矿物成分组成比较稳定，埋藏分布范围较大。

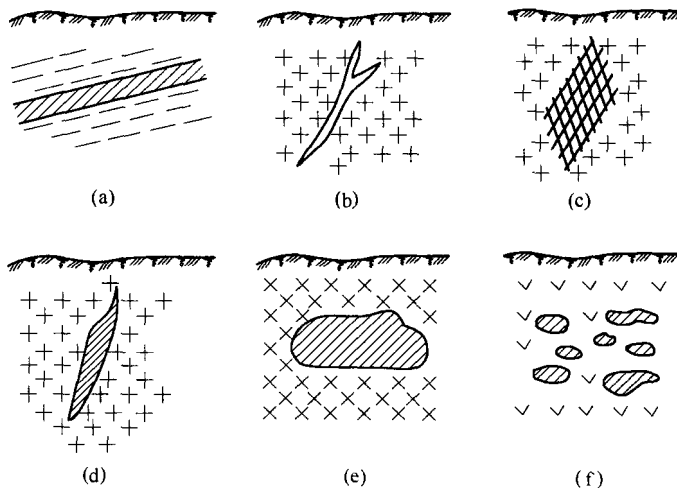


图 1-2 矿体形状

- (a) 层状矿床；(b) 脉状矿床；(c) 网脉状矿床；(d) 透镜状矿床；
(e) 块状矿床；(f) 巢状矿床

(2) 脉状矿体。这类矿床大多是在热液和气化作用下，矿物质充填在岩体的裂隙中而形成的矿体，如图 1-2 (b)、(c) 所示。根据有用矿物充填裂隙的情况不同，有呈脉状、网状分布。矿脉埋藏要素不稳定，常有分支复合等现象，矿脉与围岩接触处常有蚀变现象。此类矿体多见于有色金属、稀有金属矿体。

(3) 块状矿体。如图 1-2 (d)、(e)、(f) 所示。这类矿体主要是热液充填，接触交代，分离和气化作用形成的。其特点是矿体形状不规则，大小不一，大到有上百米的巨块或不规则的透镜体，小到仅几米的小矿巢；矿体与围岩的接触界线不明显。此类矿体常见于某些有色金属矿（铜、铅、锌等）、大型铁矿及硫铁矿等。

开采脉状和块状矿体时，由于矿体形态变化较大，巷道的设计与施工应注意探采结合，以便更好地回收矿产资源。

1.2.1.4 矿体倾角

矿体倾角是指矿体中心面与水平面的夹角，矿体按倾角分类，主要是便于选择采矿方法，确定和选择采场运搬方式和运搬设备。矿体的倾角常有变化，所以一般所说的倾角常指平均倾角。

(1) 水平和近水平（微倾斜）矿体。一般是指倾角为 $0^\circ \sim 5^\circ$ 的矿体，这类矿体开采时，可将有轨设备直接驶入采场装运。如果采用无轨设备沿倾向运行，其倾角可到 10° 左右。

(2) 缓倾斜矿体。一般是指倾角为 $5^\circ \sim 30^\circ$ 的矿体。这类矿体采场运搬通常用电耙，个别情况下也有采用自行设备或胶带运输机的。

(3) 倾斜矿体。通常是指倾角为 $30^\circ \sim 55^\circ$ 的矿体。这类矿体常用溜槽或爆力运搬，有时还用底盘漏斗解决采场运搬。

(4) 急倾斜矿体。一般是指倾角大于 55° 的矿体。这类矿体开采时，矿石可沿底盘自溜，利用重力运搬。薄矿脉用留矿法开采时，倾角一般应大于 60° 。

1.2.1.5 矿体厚度

矿体厚度对于采矿方法选择、采准巷道布置以及凿岩工具和爆破方式的选用都有很大的影响。矿体厚度是指矿体上、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 1-3）。开采倾斜、缓倾斜和近水平矿体时矿体厚度常指垂直厚度，而开采急倾斜矿体时常指水平厚度。

由于矿体厚度常有变化，因此常用平均厚度表示。矿体按厚度分类如下：

(1) 极薄矿体，厚度在 0.8m 以下。开采这类矿体时，不论其倾角多大，掘进巷道和回采都要开掘围岩，以保证人员及设备所需的正常工作空间。

(2) 薄矿体，厚度为 0.8 ~ 4m。回采可以不开采围岩，但厚度在 2m 以下，掘进水平巷道需开掘围岩。手工开采缓倾斜薄矿体时，4m 是单层回采的最大厚（高）度。开采薄矿体一般采用浅孔落矿。

(3) 中厚矿体，厚度为 5 ~ 15m。开采这类矿体掘进巷道和回采可以不开采围岩。对于急倾斜中厚矿体可以沿走向全厚一次开采。

(4) 厚矿体，厚度为 15 ~ 40m。开采这类急倾斜矿体时，多将矿块的长轴方向垂直于走向方向布置，即所谓垂直走向布置。开采这类矿体多用中深孔或深孔落矿。

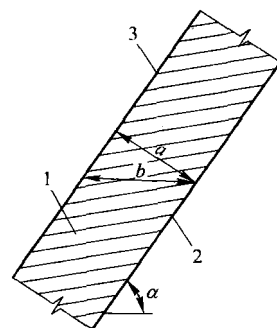


图 1-3 矿体的水平厚度和垂直厚度

1—矿体；2—矿体下盘；
3—矿体上盘；
a—垂直厚度；b—水平厚度；
 α —矿体倾角

(5) 极厚矿体, 厚度大于 40m。开采这类矿体时, 矿块除垂直走向布置外, 有时在厚度方向还要留走向矿柱。

1.2.2 矿床的工业特征

由于成矿条件等原因, 矿床地质条件一般比较复杂, 往往给矿床开采带来不少困难, 在开采过程中对这些情况应给予足够的重视。

1.2.2.1 赋存条件不确定

由于成矿的原因, 矿体形态常有变化。一个矿体, 甚至两个相邻矿体, 其厚度和倾角在走向和倾斜方向都会有较大的变化。脉状矿体常有分支复合、尖灭等现象。沉积矿床常有无矿带和薄矿带出现。这些地质变化大多又无规律可循, 使探矿工作和开采工作复杂化。除了加强地质工作外, 还要求采矿方法具有一定的灵活性, 以适应地质条件的变化, 并注意探采结合。

1.2.2.2 品位变化大

矿石的品位沿走向和倾斜方向上常有变化, 有时变化幅度较大。例如铅锌矿床, 可能在某些地区铅比较富集, 另一些地区则锌比较富集。矿体中有时还出现夹石, 这就要求在采矿过程中按不同条件(品位、品种、倾角、厚度)划分矿块, 按不同矿石品种或品级进行分采, 剔除夹石, 并考虑配矿问题。

1.2.2.3 地质构造复杂

在矿床中常有断层、褶皱、岩脉切入以及断层破碎带等地质构造, 给采矿工作造成很大困难。例如, 用长壁崩落法开采时, 当出现断距大于矿体厚度的断层切断工作面, 工作面就无法继续回采, 必须另开切割上山, 采场设备也要搬迁, 这样既降低工效, 又影响产量。有的矿山开采时, 碰到大量地下水, 有的是地下热水(温泉), 使开采非常困难。

1.2.2.4 矿石和围岩坚固

除少数国家对坚固性较小的铁矿和磷灰岩矿采用连续采矿机直接破碎矿石外, 绝大多数非煤矿岩都具有坚固性大的特点, 因此凿岩爆破工作繁重, 难于实现采矿工作的机械化和连续开采。

1.2.2.5 矿岩含水

矿岩的含水决定排水设备的能力, 含水的矿岩在回采工作和溜矿工作中容易结块。地下暗河及地下溶洞水等地下水给开采带来极大的安全隐患。

地下采矿工作的特点是工作地点“流动”。一个矿块采完后, 人员、设备又要移到另一个矿块去, 而每个矿块又都要经过生产探矿、设计、采准、切割和回采等工序, 这也体现了采矿工作的复杂性。

本章小结

学习金属矿地下开采, 首先应了解、掌握地下开采有关的概念。本章主要介绍了矿石、废石、矿床、矿体、品位等概念, 介绍了矿石的种类及矿岩的性质、矿体赋存条件。