

地方常见矿产开采技术

86年6月2日

河南省地质科技咨询服务公司

一九八五年九月

38
7

19.322
440

地方常见矿产开采技术

主 编：赵志刚 杜镇球
责任编辑：符光宏 虞孝林
校 核：赵志刚 杜镇球
图片加工：王喜英

河南省地质科技咨询服务公司

一九八五年九月

047104

前 言

我国幅员辽阔，矿产资源丰富。现已发现各类矿产160种，矿床和矿化点20多万处，其中探明有储量的矿产136种，金属和非金属矿产占94.1%（128种）。在党中央“有水快流”方针的指引下，出现了大、中、小矿，国家、集体、个人一起上，放开手脚干的万马奔腾局面。为振兴矿业，发展经济，以服务乡镇矿山和个体采矿户为主，编者参照国家有关政策规定、法令、技术规范和安全规程，以及国内外先进经验，结合编者在生产实践中的体会，通过编写《地方常见矿产开采技术》，着重介绍露天和地下开采技术，以及矿山开采安全措施等，并举若干实例加以说明。

我们欢迎读者对《地方常见矿产开采技术》提出宝贵意见，以便再版时进一步补充、完善。

编 者

目 录

第一章 地方常见矿产概述及矿山开采分类	(1)
第一节 地方常见矿产概况及评价要求	(1)
一、矿产的一般工业要求	(2)
二、开采技术条件方面的要求	(3)
第二节 矿床开采的基本要求	(6)
第三节 矿床开采方法和分类	(8)
一、矿床开采方法	(8)
二、矿床开采分类	(9)
第二章 露天开采	(11)
第一节 露天开采技术条件	(11)
第二节 露天矿场的构成要素	(14)
第三节 露天矿的开采程序	(18)
一、台阶的开采程序	(19)
二、工作帮及其推进	(23)
三、矿山工程延深	(27)
第四节 露天矿爆破	(30)
第五节 露采主要设备	(35)
第三章 地下开采	(48)
第一节 矿山坑道的开采程序	(48)
第二节 常用的采矿方法	(51)
一、空场采矿法	(51)
二、留矿采矿法	(53)
三、崩落采矿法	(56)

四、充填采矿法.....	(61)
五、房柱采矿法.....	(66)
第三节 平巷(平峒)施工.....	(67)
一、平巷断面形状和规格.....	(67)
二、凿岩与爆破.....	(76)
三、装岩与运输.....	(99)
四、通风与支护.....	(111)
五、坑口和岔道施工.....	(137)
第四节 竖井施工.....	(146)
一、竖井井筒结构及横断面设计.....	(146)
二、竖井表土层施工.....	(162)
三、竖井施工的凿岩与爆破.....	(168)
四、竖井的通风与支护.....	(176)
五、竖井装岩与提升.....	(182)
六、竖井施工辅助工作.....	(193)
第五节 斜井施工.....	(198)
一、斜井井筒断面设计.....	(198)
二、斜井表土层掘进.....	(203)
三、斜井凿岩爆破.....	(205)
四、斜井通风与支护.....	(206)
五、斜井装岩与提升.....	(208)
六、斜井防水与排水.....	(214)
第六节 天井施工.....	(216)
第七节 井巷工程特殊掘进法.....	(223)
一、水平巷道特殊掘进法.....	(223)
二、垂直巷道特殊掘进法.....	(227)

第四章 矿山开采安全技术	(236)
第一节 地下开采安全技术	(236)
一、凿岩与爆破作业的安全技术	(236)
二、通风与防尘的安全技术	(250)
三、支护安全技术	(257)
四、装岩提升与运输的安全技术	(260)
五、矿井防火与防水	(266)
六、采空区处理	(272)
七、预防冒顶的措施及其处理	(279)
第二节 露天开采安全技术	(283)
一、露天爆破安全技术	(283)
二、边坡稳定及安全技术	(287)
三、露天矿环境保护及大气污染的防治	(290)
四、露天矿防水和排水	(292)
第五章 矿山开拓应用实例	(297)
第一节 露天矿的开拓	(297)
一、公路运输开拓	(297)
二、平峒溜道运输开拓	(301)
三、铁路运输开拓	(303)
四、斜坡卷扬开拓	(304)
第二节 地下矿床开拓开采实例	(304)
一、斜井多水平连续式开拓	(304)
二、立井开拓	(307)
三、平峒开拓	(309)
四、国外无底柱分段空场法开采实例	(310)
主要参考资料	(313)

第一章 地方常见矿产概述

及矿山开采分类

第一节 地方常见矿产概况及评价要求

为了适应社会主义经济建设的需要,我国矿产资源是以金属元素,非金属矿物和有用岩石为基础,参照工业部门分工的主要用途进行分类的。现在世界上列为矿产的约有160种,我国现已探明有储量的共136种,而列为地方常见矿产约有75种。分类列举如下:

1. 能源矿产2种:煤、油页岩;

2. 黑色金属矿产5种:铁、锰、铬、钒、钛;

3. 有色金属及贵金属矿产14种:铜、铅、锌、铝土矿、镍、钴、钨、锡、铋、钼、汞、铍、金、银;

4. 冶金辅助原料矿产10种,熔剂石灰岩,熔剂白云石膏岩、硅岩、菱镁矿、耐火粘土、萤石、铁矾土、铸型用砂、铸型用粘土、高铝矿物原料(蓝晶石、硅线石);

5. 化工原料非金属矿产14种:硫矿石(含伴生硫)、磷、钾长石、富钾岩石、明矾石、蛇纹岩和橄榄岩、化肥用硅石、化工用石灰岩、泥炭、硼、砷、重晶石、毒重石;

6. 建材及其它非金属矿产30种:云母、石棉、石墨、石膏水泥用石灰岩、泥灰岩,水泥混合材料、水泥配料(含粘土、砂岩等),玻璃用砂(含石英砂岩、石英岩),玻璃用白云岩

陶瓷粘土、硅灰石、建筑用大理石、花岗岩、建筑用石材、方解石、铸石用玄武岩和辉绿岩、珍珠岩、沸石、蛭石、硅藻土、膨润土、浮土、凹凸棒石、叶腊石、刚玉、柘榴子石、天然油石、蓝石棉。

地方常见矿产，受一定自然条件的限制，在全国范围的分布是不均匀的；赋存状态复杂多样，绝大部分隐藏在地面以下；具有多组分共生的特点。这就使采掘工业具有明显的特殊性。与其它工业不同，采掘工业具有开采对象（场地）不断改变和消失的特点。为最大限度地开采矿产资源，需要选择技术经济条件合理的开拓方式和采掘技术方法，不断提高采掘技术水平。

一、矿产的一般工业要求：

一般包括两个内容，一是矿石质量，二是开采技术条件矿石质量的要求：

（1）品位——矿石中 useful 组份的单位含量（一般以%、克/吨、克/立方米、克/升等表示），是衡量矿石质量的主要标志。

（2）边界品位——划分矿与非矿界限的最低品位，即圈定矿体的品位界限。

（3）工业品位（最低工业品位或最低平均品位）——工业上可利用的矿段或矿体的最低平均品位，参加计算工业储量的品位要求值。

（4）矿区平均品位——整个矿区工业矿石的总平均品位，用以衡量整个矿区的贫富程度。

（5）矿石品级的划分——主要根据有益、有害组份的含量或某些矿产矿石的物理性能，以及不同用途的要求，把

矿石划分为不同品级和贫、富矿。对于合理开采与利用是很重要的因素。

(6) 有害杂质平均允许含量——矿段或矿体内对产品质量和加工生产有不良影响的成分的最大允许含量，是衡量矿石质量和利用性能的重要标志。对于一些直接用来冶炼或加工利用的富矿及一些非金属矿更是一项重要要求。

(7) 伴生有益组份——与主组份相伴生的、在加工利用或开采过程中可以回收或对产品质量有益的成分。综合评价伴生有益组份，可以提高矿床的价值，有时还可适当降低对主组份的要求。伴生有益组份的折算，可用等价比方法，换算的参考公式如下：

$$\text{等值系数 } K = \frac{\text{主元素金属价格} \times \text{主元素实收率}}{\text{伴生元素金属价格} \times \text{伴生元素实收率}}$$

(8) 矿石或矿物物理性能方面的要求

对于不同矿物提出不同的特殊要求，例如：云母的剥开性、绝缘性；石棉的剥离性、韧度、长度；蛭石、珍珠岩的膨胀率；滑石的洁白度；煤的结焦性等。

部份常见矿产一般工业要求，见表 1—1。

二、开采技术条件方面的要求

(1) 可采厚度——单层矿体的最小可采厚度。小于可采厚度的矿体不能计算工业储量。但是高品位的矿体，其品位与厚度的乘值（即米百分率、米百分比、米百分值或米百分数）大于或等于工业品位与可采厚度的乘值时，仍可计算工业储量。

(2) 夹石剔除厚度——计算储量时必须圈出的矿体内夹石的最小厚度。小于这个厚度的夹石，可混入矿体一并计算

表1—1

部分常见矿产一般工业要求

矿 产	边界品位 (%)	工业品位 (%)	开 采 要 求			
			可采厚度(米)		夹石剔除厚度(米)	
			坑 采	露 天	坑 采	露 天
铁 (T Fe)	30~45	40~50	>0.5	>1	0.5	1~2
锰 (Mn)	≥20~25	≥30	0.5~0.7	0.3~0.5	0.2~0.3	0.2~0.3
铬 (Cr ₂ O ₃)	≥25	≥32	0.5~1.0	0.5~1.0	0.3~0.5	0.3~0.5
钛 (TiO ₂)	≥5~6	≥8~10	0.5~1	剥采比<1	0.5~1	
钒 (V ₂ O ₅)	0.3	0.5	0.6		1	
铜 (Cu)	0.2~0.3	0.4~0.5	0.8~1.2	2	1~2	4
铅 (Pb)	0.3~0.5	0.7~1.0	0.8~1.2		2	
锌 (Zn)	0.5~0.8	1~2	0.8~1.2		2	
铝 (Al ₂ O ₃ /铝硅比)	40/≥2.1	40/≥2.6~3	0.8	0.5	0.5~1	剥采比 <10~15
镍 (Ni)	0.2	0.3	0.7~1		2	
钴 (Co)	0.02	0.03~0.06	1		1	剥采比<1
钨 (W ₂ O ₃)	0.08~0.12	0.12~0.2	0.8~1		2~3	剥采比<1
锡 (Sn)	0.1	0.2	>0.8		>2	剥采比<3
钼 (Mo)	>0.02~0.03	>0.04~0.06	1~2		2~4	
铋 (Bi)	0.2	0.4	0.8		0.5	
汞 (Hg)	0.04	0.08~0.1	0.5		2	
锑 (Sb)	0.7	1.5	1		2	

续表1-1

部分常见矿产一般工业要求

矿 产	边界品位 (%)	工业品位 (%)	开 采 要 求		
			可采厚度(米)	坑 采	露天
金(Au)	3克/吨	5克/吨	0.6	2	2
银(Ag)	50克/吨	150克/吨	0.8	2	2
磷(P ₂ O ₅)	8	12~15	0.7~1.5	0.7~1.5	0.7~1.5
硫(S)	≥8	≥12	1	2	2
钾长石(K ₂ O)	钾用肥6	9	2	1	1
蛇纹岩/橄榄岩(MgO)	≥25/≥32	≥32/≥40	2	2	2
砷(As)	3	5	0.7	1	1
重晶石、毒重石(BaSO ₄)	10	30	0.25	1	1
明矾石(含硫明矾石)	20	30	2	1	1
硼(B ₂ O ₃)	1	5	1	≥0.5	≥0.5
云母(含矿率)	1kg/m ³	4kg/m ³	1	1	1
石棉(含棉率)	>0.4	<1	0.5	0.5~1	0.5~1
石墨(含固定碳)	≥2.5	≥3	0.6	0.4	0.4
石膏(CaSO ₄ ·2H ₂ O)	45	>65	1	2	2
滑石(滑石含量)	>30	≥50	1	1	1
石榴子石(矿物)	4kg/m ³	6kg/m ³	0.5	0.5	0.5
刚玉(含矿率/Al ₂ O ₃)		7.7kg/m ³ / >94	0.5	0.5	0.5
兰石棉(I~N级品)	300g/m ³	1500g/m ³	0.4~0.5	1	1
毒石(CaF ₂)	20	30	1	0.5	0.5

储量，但必须保证矿段的平均品位不能因此低于工业品位。

(3) 含矿系数(含矿率)

①工程控制的工业矿体与矿段的长度比，连续矿体的含矿系数为1，不连续则小于1。

②工业矿石重量与单位开采重量之比，开采量为1。

③单位体积或重量的开采量内工业矿石的重量(公斤/立方米,公斤/吨)。只有矿体形态复杂、产状变化大、按单矿体计算储量有困难的矿床，才按含矿系数计算储量。

(4) 剥离比(剥采比，剥离率，剥离系数)露天开采的矿体或矿床，开采时需剥离的复盖物量(包括开拓安全角的剥离量)与埋藏的矿石量之比。

(5) 最大勘探深度

①开采技术水平能够达到或将来可以达到的采剥深度

②根据有些矿产的价值而限制的开采深度，也是计算工业储量的限制深度。一般没有统一要求，可依具体情况确定。

第二节 矿床开采的基本要求

矿山的生产能力和服务年限，一般采用泰勒公式(经验公式)进行估算，计算办法为：

$$\text{矿山寿命(年数)} = 6.5 \sqrt{M} \times (1 \pm 0.2)$$

式中：M是以百万吨数量级计的可采储量值； 1 ± 0.2 是波动系数(储量越大系数取值越大，储量亿吨以上时波动系数可取1.5)

矿山建设中(包括中小型矿山)必须创造良好的劳动条件，确保采矿人员的安全。目前乡镇及个体采矿企业发展迅速，大多是因陋就简，土法上马，加上科学管理不力等因素，

致使伤亡事故不断发生,因此中小型矿山必须重视安全工作,切不可只顾抓钱而掉以轻心。人身安全是矿山得以正常生产的前提,也是评价开采方法好坏的基本原则之一。矿床开采有以下几项基本要求:

1. 劳动生产率要高。应不断提高机械化水平,应用新的高效率的采矿方法等。

2. 开采强度要大。所谓开采强度,就是指矿床,阶段,矿块的开采速度,并且不断降低坑道的维修费和生产管理费用。

3. 矿石损失和贫化要小。矿石损失不仅浪费了资源,而且使运输、提升、加工等费用增加,降低产量,缩短矿山服务年限。

4. 矿石成本要低。这是考核矿山开采工作的一项综合性指标。在采矿生产中,降低劳动消耗,提高出矿品位和劳动生产率,减少材料及动力消耗等,都是降低成本的重要途径。

矿山的产量规模,是建设矿山、选择开拓方法的重要问题。因为它直接关系开采坑道和采准坑道断面尺寸的大小、运输方法及设备的能力、地面建筑物和辅助车间的规模等。矿山的规模,通常以年产量或日产量来表示,并按其大小分为大型、中型、小型。黑色金属(如铁矿)年产量达不到30万吨,有色金属(如铜矿石)年产量在20万吨以下,均属小型矿山,其服务年限一般要求在10年以上(乡镇矿山也可稍短)。目前,乡镇小型矿山多数矿量不清,采掘带有一定的盲目性。所以前期的地质评价工作很重要,只有在查明矿产资源和矿体产出形态后,进行矿山建设可行性经济技术论

证。在矿山生产过程中，要合理安排采区。通常，采区数为可能布置采区数的二分之一到三分之一。其余采区，用于基建、采矿准备、品位调配及备用采区等。用上述方法确定的年产量，虽然工作量稍大，但比较符合实际。

第三节 矿床开采方法和分类

一、矿床开采方法

矿床开采一般分三个步骤：一是矿床开拓；二是采矿准备；三是回采矿石。矿床开拓，是用井巷使地表和矿床相联通，然后将采下的矿石及磨石运往地表，将人员和设备、材料运送到井下工作地点，并进行通风排水等。采矿准备，是掘进采矿准备坑道，利用坑道将矿床划分为几个独立的采矿部份。回采矿石，是将矿床内的矿石直接开采出来。

矿山是由一个或多个采矿生产单位和一些地面车间组成的。划归一个矿井开采的矿床或矿床的一部份叫井田。井田可包括一个矿体或几个矿体，也可能是一个矿体的一部份。一个井田又分若干个采矿区。通常当矿床倾角大于10度时要划分阶段来开采，矿床倾角小于10度时则划分盘区来开采。井田沿走向方向的主要运输坑道可划分为几段，这种段叫阶段。阶段是井田的一部分。其上下二方向以阶段平巷为界限，在走向方向以井田边界为界。阶段的高度是按上下两条阶段平巷的垂直距离计算的。影响阶段高度的因素是：矿石和围岩的物理机械性质；矿床的生成要素、厚度、走向长度、倾角；使用的开拓方法、采矿方法；阶段的开拓，采准和回采所需要的时间；以及采矿成本等。一般的阶段高度可以取40~60米，土法开采时阶段高度还可以取小些。

根据回采工作面的布置和井筒的关系有以下几种顺序：

1. 双翼开采，即回采工作自提升井筒两侧同时进行。
2. 单翼开采，即自提升井筒一侧顺序进行。
3. 边界开采，即提升井筒位于井田边界，回采仅向一个方向进行。

根据阶段各部份沿走向开采的先后，有前进式开采（自提升井筒向井田边界推进）及后退式开采（自井田边界向提升井筒推进）。

根据沿倾斜上下的关系，有以下几种开采顺序：

1. 上向开采—由阶段的下部开始，向上部开采。
2. 下向开采—由阶段的上部开始，向下部开采。

在开采相邻很近的矿体时，特别是平行矿脉，应注意开采顺序，先采上盘矿体，后采下盘矿体。在矿体中甚至在同一阶段内往往存在着厚度不等，贫富不均，大小不一，以及开采条件难易不同等现象，因此，在开采时不但要注意出矿品位的均衡性，而且要坚持贫富、厚薄、大小、难易兼采的原则，不能单纯追求眼前利益而滥采乱挖，采富弃贫，破坏矿体的正常开采。

二、矿床开采分类

矿床的开采一般分为两大类，一是露天开采，二是地下开采。地下开采主要有平巷（平峒）、斜井竖井（立井）、及联合开采等几种。见图（1—1）

1. 平巷（平峒）开采：是比较经济简便的方法，一般来说，凡是埋藏在山岭上的矿体，应采用平巷法开采。根据矿床生成条件和地形条件，平巷可以顺矿床走向开，也可垂直矿床走向开。开采之前，要选好平巷口，使其位于矿床底

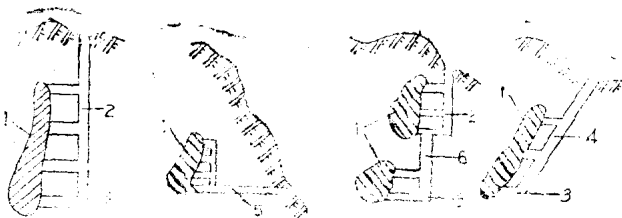


图1—1 矿床开拓示意图

部。但必须高于当地最高洪水位，以免被淹。矿体的侧端沿山坡露出时，宜采用顺矿体走向的开采，主要优点是能在最短时间内开始采矿，开拓的同时可采出部份矿石，且运矿、排碴、排水较为便利，并能对矿床作补充探矿，从而减少开拓费用。若矿体的平面顺山坡生成时，应采用垂直矿体走向的开采。

2. 斜井开采：此法多用于小型煤矿的开采，地表可见煤层露头，倾角不太大而且比较稳定时最适宜；而金属矿床，一般很少采用。

3. 竖井（立井）开采：最常见的是，竖井开在矿体下盘或穿过矿体。下盘竖井是金属矿床应用最广泛的开采方法，一般适用于急倾斜矿床。此法的优点是，能在井筒保护方面造成可靠的条件，且不要留矿柱。缺点是当开采深度增加及矿体倾角减少时，石门的长度会增长。穿过矿体的竖井适用于矿石价值不高的缓倾斜矿床，其优点是，开掘的石门较短，采掘、运输及维修等费用少些。缺点是必须留矿柱。

4. 联合开采：上述各种方法相互配合运用的联合性开拓。

第二章 露天开采

露天开采也称露天采矿,是矿床开采的主要开采方法之一。露天开采可分为机械开采和水力开采。水力开采是借助于水枪射击高压高速的水流冲采矿岩,并用水力冲运,这种开采方法多用于松软或风化类型的矿床。机械开采是用一定的采掘运输设备,按一定的生产工艺过程,从地面将矿体四周的岩体及其覆盖的岩层剥离掉,把矿石采出来并通过露天沟道或地下井巷运到地表,其采掘过程所形成的空峒直接敞露于地表,此法适用于开采非金属矿、金属矿、煤矿和化工原料等矿床,是目前最广泛使用的一种开采方法。另外,根据矿体的埋藏条件和矿区地形条件,露天开采还可分为山坡露天开采和凹陷露天开采两大类。有不少矿床,在进行山坡露天开采之后需相继转入凹陷露天开采。

第一节 露天开采技术条件

地方常见的75种矿产,在国内分布范围广,大多裸露在地表;矿床(体)埋藏较浅,或矿体(层)埋深较深,但厚度大,剥采比系数小,露天开采效率高,经济效益好。

多年来,工业部门通过生产实践总结了一套比较成熟的经验,据此颁布了露天开采矿山技术经济参考指标。以水泥用石灰岩为例:露天开采标高不低于矿区附近地面标高,剥