有色金属采矿

一、地质常识

（一）岩石和矿物

构成地球外壳（岩石圈）的物质叫岩石。岩石是在各种不同的地质作用下，由一种或多种矿物组合而成的矿物集合体。单一矿物组成的岩石如石灰岩，两种以上矿物组成的岩石如花岗岩。

按照生成的原因，岩石可分为三类：

1．岩浆岩 岩浆岩又称火成岩。它是岩浆侵入到地壳中逐渐冷却凝固结晶而成的岩石。在地壳深处，温度和压力都很高，在那里各种物质都熔化成岩浆，岩浆的主要成分是硅酸盐。如果因地壳运动而发生裂缝，岩浆就沿着这些裂缝上升，侵入地壳中或喷出到地面上来，冷却以后就成为岩浆岩。花岗岩就是常见的一种含二氧化硅成分很高的酸性岩浆岩。世界上有许多火山，都是属于岩浆岩。

2．沉积岩 分布在地壳表面的岩石，受到大自然的各种风化破坏作用，就会变成碎屑、细砂和泥土等。部分碎屑和泥土被水溶解，另一部分未被溶解的又逐渐被风和水带到低洼地带堆积起来，再经过成岩作用而形成的岩石，这就是沉积岩。常见的有砾岩，砂岩，页岩，石灰岩等。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

3．变质岩 它是岩浆岩和沉积岩在地下深处受到高温、高压和化学反应的影响，改变了它原来的成分、构造和性质，变成另一种新的岩石，这种新形成的岩石就叫变质岩。常见的变质岩有：由砂岩变成的石英岩；由石灰岩变质而成的大理岩；石灰岩等碳酸盐类岩石受岩浆的接触变质作用形成的矽卡岩等。根据地质资料和推算，在整个地壳中，岩浆岩（包括变质的岩浆岩）占95%，沉积岩（包括变质的沉积岩）占5%。

矿物是岩石和矿石的组成物质。矿物又是自然界各种元素的天然化合物或天然元素。矿物可以有气体（例如天然煤气），液体（例如天然汞）和固体（例如各种金属矿物等）。目前已知的矿物有3500余种，可以利用的只有200余种。

现将有色金属中常见的工业矿物分矿种叙述如下：

铜矿常见的工业矿物有黄铜矿 $CuFeS_2$ 含铜34.57%，斑铜矿 Cu_5FeS_4 含铜63.3%，辉铜矿 Cu_2S 79.83%，铜蓝 CuS 含铜64.44%，黝铜矿 $3Cu_2S \cdot Sb_2S_3$ 含铜52.1%，赤铜矿 Cu_2O 含铜88.8%，孔雀石 $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$ 含铜57.4%，自然铜Cu 含铜～100%。

铅锌矿常见的工业矿物有方铅矿 PbS 含铅86.6%，白铅矿 $PbCO_3$ 含铅77.6%，铅矾 $PbSO_4$ 含铅68.3%，闪锌矿 ZnS 含锌67%，菱锌矿 $ZnCO_3$ 含锌52%，异极矿 $Zn_2SiO_4 \cdot H_2O$ 含锌53.7%，红锌矿 ZnO 含锌80.3%。

铝矿常见的工业矿物有一水型硬铝石 $Al_2O_3 \cdot H_2O$ 含 Al_2O_3 85%，一水型软铝石 $Al_2O_3 \cdot H_2O$ 含 Al_2O_3 85%，三水型铝石 $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$ 含 Al_2O_3 65.4%。

钨矿常见的工业矿物有黑钨矿 $(Mn \cdot Fe)WO_3$ 又叫钨

锰铁矿，含$WO_3$76%，白钨矿$CaWO_3$，含$WO_3$80.6%，钨华$WO_3 \cdot H_2O$含$WO_3$79.3%。

锡矿常见的工业矿物有锡石SnO_2，含锡78.62%，黄锡矿Cu_2FeSnS_4含锡27.5%。

钼矿常见的工业矿物有辉钼矿MoS，含钼57～60%，彩钼铅矿$PbMoO_4$含钼25.1%，钼华MoO含钼66.7%，钼钙矿$CaMoO_4$含钼45%。

铋矿常见的工业矿物有辉铋矿Bi_2S_3含铋81.2%，泡铋矿$Bi_2CO_5 \cdot 2\sim3H_2O$含铋87%，自然铋Bi含铋95～99%，铋华$Bi_2O_3$含铋89.6%。

镍矿常见的工业矿物有镍黄铁矿(Ni，Fe)S含镍18～40%，辉砷镍矿NiAsS含镍35.4%，红砷镍矿NiAs含镍43.9%，针硫镍矿NiS含镍64.7%，暗镍蛇纹石$H_2(NiMg)SiO_4 \cdot H_2O$含氧化镍22.5%。

钴矿常见的工业矿物有砷钴矿$CoAs_3$含钴28.2%，硫钴矿Co_3S_4含钴40～58%，辉砷钴矿$(Co，Ni，Fe)_3S_4$含钴＜20%，钴土矿$CoMn_2O_5 \cdot 4H_2O$含氧化钴32%。

锑矿常见的工业矿物有辉锑矿Sb_2S_3含锑71.4%，锑赭石Sb_2O_4含锑78.9%，锑华Sb_2O_3含锑83.3%。

汞矿常见的工业矿物有辰砂HgS含汞86.2%，此外还有自然汞，含汞100%（理论数）。

（二）矿床、围岩和矿石

矿床是指在空间上具有一定位置、形状和大小的有用矿物堆积体。矿床周围的岩石称为围岩。

从矿床中开采出来的、在质量方面都符合目前经济技术条件要求的、并具有经济价值的有用矿物集合体，就称为

矿石。有色金属矿石通常由好几种矿物组成。例如，铅锌矿石中有方铅矿、闪锌矿、石英、重晶石、方解石、黄铁矿……等多种矿物，其中在目前能利用的有方铅矿和闪锌矿，有时还加上黄铁矿，像石英，方解石等矿物目前就不能利用。

金属矿石中有用金属或其化合物的含量就是矿石的品位。例如，品位2％的铜矿石，是指100吨铜矿石中含有2吨纯铜。品位50％的铝土矿是指100吨铝土矿中含铝的氧化物（Al_2O_3）有50吨。

矿床和矿石的概念并不是一成不变的。随着生产发展和科学技术水平的提高而不断改变。目前尚不能利用的，将来可能成为重要的矿石。例如铝土矿，以前就被认为无用的岩石，而现在却是国防和民用工业中消耗量都很大的一种很重要的有色金属矿物原料。

（三）矿床的成因分类和工业类型

1．矿床的成因分类 根据地质作用不同，矿床可分为三大类：

由于岩浆活动形成的矿床称为内生矿床；

外力作用形成的矿床称为外生矿床；

变质作用形成的矿床称为变质矿床。

（1）内生矿床

内生矿床形成与岩浆活动有密切关系。

有一种内生矿床是由于岩浆在冷却结晶过程中，由于分异作用，使有用物质聚集而形成的称为岩浆矿床。有色金属镍的主要来源之一就是岩浆铜镍硫化矿床。

气化热液矿床是在岩浆中分出的残余气水溶液（含有很

多重金属），由于各种原因，沿着原生岩石的裂隙上升，在适当的条件和有利的环境下，以充填或接触交代的方式，把重金属矿物沉淀下来而形成的矿床。内生矿床的形状大多很不规则，有脉状、透镜状、囊状等(图1—1)。

气化热液矿床成矿前的地质构造往往对矿床的形成起很大的控制作用。因为构造运动使原生岩石（也就是气化热液矿床的围岩）断、裂，造成岩浆的热水溶液上升的有利条件和环境。

气化热液矿床的有用金属矿物多半是硫化物，如辉铜矿、辉钼矿、方铅矿、闪锌矿、辉锑矿、辰砂等等。

我国很多铜矿是属于气化热液矿床中的一种接触交代矿床，即矽卡岩矿床。我国储量丰富的石英脉状钨矿是另一种气化热液矿床，即高温热液矿床。其他像中温热液矿床是铜、铅、锌的主要来源，低温热液矿床是锑和汞的唯一来源。

总之，十种常用有色金属有

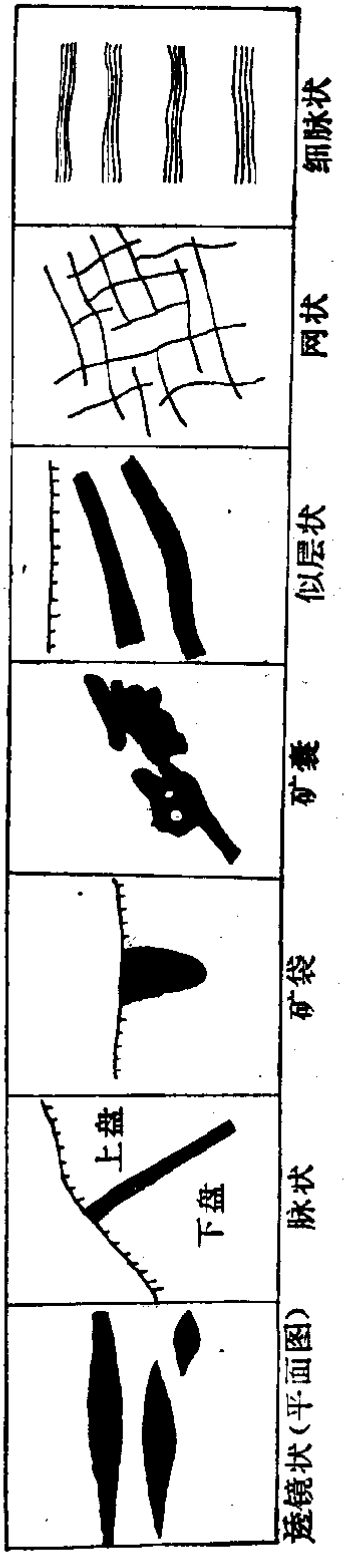


图 1—1 有色金属矿体形态示意图

需要全本请访问 www.ertongbook.com

不少是从内生矿床中得来的。

（2）外生矿床

外生矿床本身就是一种沉积岩。只是它的有用矿物的数量和质量都符合工业上要求。例如含有大量铝的花岗岩、正长岩、玄武岩等火成岩，因长期风化作用将氧化铝分解出来，被风、水等自然作用搬运到湖里沉积下来，便成为铝土矿。还有一些含有矿物成分的风化岩石碎屑，在原生矿床附近山坡或河湾处堆积形成的矿床，也是一种外生矿床。我国大量的砂锡矿就是这样形成的。

（3）变质矿床

它是由于变质作用使矿物原料富集而成的矿床。

2．矿床的工业类型 存在于大自然的各种矿床类型很多，但为现实生活所能利用的矿床则并不多，这主要是受到目前技术经济条件限制的原因。因此，在目前能为我们利用开采的矿床就叫做工业矿床，否则叫非工业矿床。

现以铜、铅、锌、镍、钨、锡、钼、锑、汞等几种主要金属矿床为例来加以说明。

（1）铜矿的工业类型

铜矿的重要工业类型有斑岩铜矿、含铜砂岩、含铜黄铁矿、矽卡岩型铜矿、铜镍型铜矿等。

① 斑岩铜矿 在世界铜矿中这种类型占最重要的地位，它占世界铜的产量的70%。世界铜矿储量中有一半是斑岩铜矿。矿床规模大，但品位一般比较低。主要矿物为黄铜矿、斑铜矿。如果有二次富集带出现，主要矿物中则有辉铜矿，且在二次富集带中一般品位比较高。

② 含铜砂岩 这类铜矿仅次于斑岩铜矿，是目前世界

上第二个主要铜矿开采的对象，它占世界铜矿储量的35%，矿床规模大，品位富。含铜主要矿物有辉铜矿、斑铜矿、黄铜矿。

③ 含铜黄铁矿　这种类型在世界产量和储量中也占较重要的位置。矿床规模有大型和中小型，品位一般较富。这类矿床的特点是除含铜矿物外，还有大量的黄铁矿存在，因此往往这种类型矿床既是一个铜矿，又是一个化工原料的黄铁矿。

④ 矽卡岩型铜矿　这种铜矿在世界产量和储量中并不占什么重要地位，但我国却是例外。它在我国铜矿产量和储量中占有比较重要的地位，是我国铜的主要生产来源之一。世界这类矿床多为中小型，在我国却有不少大型矿床。品位较富，含铜矿物主要为黄铜矿、斑铜矿，脉石为一些矽卡岩类矿物。

⑤ 铜镍型铜矿　这种类型不单是一个铜矿，而且更重要的是一个镍矿。矿床规模由大型到中小型都有。含铜矿物主要为黄铜矿。除镍铜等外，尚有钴铂族元素及金银等伴生。

其他一些金属矿床的工业类型在此不详细介绍，只简单的提一下。

（2）铅锌矿的工业类型

这类矿床有超低温型、裂隙充填交代型、矽卡岩型，沿层间滑动充填交代的似层状矿床和含铅锌的脉状矿床。

（3）镍矿的工业类型

该类有铜镍硫化物型、矽酸镍型、红土矿型。从世界储量来看，后两种类型占整个世界镍的储量的四分之三，但从

目前开采情况来看却与此相反。铜镍硫化物型占整个世界开采量的三分之二。

（4）钨矿的工业类型

该类有黑钨石英大脉型（又叫黑钨石英独立脉型），黑钨石英细脉带和网脉带，矽卡岩型白钨及钨的砂矿床。

（5）锡矿的工业类型

该类有锡石硫化物型，含锡石英脉，矽卡岩型锡砂，砂锡矿等。

（6）钼矿的工业类型

该类有细脉浸染型，矽卡岩型等。

（7）锑矿的工业类型

该类有沿层面交代的似层状矿床和沿裂隙或节理、断层交代的脉状矿床。

（8）汞矿的工业类型

该类有沿一定层位和构造交代的面型矿床和沿裂隙断层交代的脉状矿床。

（四）矿床的评价和勘探

自然界中的矿床并不是任何一个矿床都具有开采价值。这就涉及对矿床的评价问题。

一个矿床要从地质因素（如矿石组分含量的高低、矿体形状大小等）、采矿技术条件因素（矿体是否规整、倾角、矿石和围岩的稳固性、含水性、自然性等）、工艺条件因素（矿石的可选性，有害成分对冶炼影响等）和经济因素（矿床的储量和品位，外部水、电、交通运输条件等）几方面进行评价，并且要全面地、辩证地进行分析。要特别注意防止单纯从地质因素进行评价来确定一个矿床的取舍而忽略

了外部建设条件。

任何一个矿床都必须查明以上四方面的条件和因素，为此，就必须做详细的地质勘探工作。在发动广大群众报矿、找矿和专门地质队伍普查找矿相结合的基础上，当发现有矿时，就要用槽探、浅井、钻探和坑探等技术手段将地下的金属矿床加以揭露、圈定和控制，并进行系统的化学分析和研究，以确定矿床形状大小、储量、品位,有用矿物组成成份、矿石结构，围岩的性质……等，在获得大量资料的基础上，进行综合分析，得到正确的矿床评价，才能最后确定一个矿床是否可以进行开采。要强调指出，一个矿床的地质勘探工作没有做好，对于以后的采矿会带来极大的被动和困难。往往由于矿床的储量、品位、厚度、倾角、水文情况等地质客观条件和主观预料的出入很大，结果使一个矿山的建设和生产造成长期被动局面。

（五）工业指标和储量级别的划分

1．工业指标 工业指标一般包括以下内容：

边界品位：是矿体与围岩的分界品位，是圈定矿体的单个样品有益组分含量的最低要求。一般有色金属矿床的边界品位应高于尾矿品位的一倍。

最低工业品位：是划分矿石工业品级及平衡表内、表外储量的质量标准，是指单个工程所揭露的有益组分平均含量的最低要求，也有指矿块平均的。有色金属一般最低工业品位为边界品位的一倍。

最低可采厚度：指有开采价值的矿体的最小厚度，一般应不小于0.8米，即一个人能进得去。但有些矿石品位高而厚度薄的矿床也可以采用米百分比。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

夹石剔除厚度：即矿体内允许圈入夹石的最大厚度。

除上述四项基本指标内容外，有时可根据矿床不同的情况或开采及加工技术条件对矿床的特殊要求，还可以单独补充一些指标内容。如上面已说过的米百分比，此外，如有害杂质含量的要求，多金属矿床有时需要伴生组分含量的指标，氧化矿与原生矿要制定划分两带的界限指标等。

2．储量级别的划分

（1）矿产储量分类

根据我国目前技术经济条件，将矿产分为两大类：

① 能利用的储量，即平衡表内储量，是符合目前工业生产技术经济条件的储量。

② 目前尚难利用的储量，即平衡表外储量，是指有益组分含量低或矿体厚度薄，开采技术条件及水文地质条件复杂，矿石难选，对这种矿产加工技术方法暂时还没有解决。即不符合目前工业生产技术经济条件的储量。

（2）矿产储量的分级及级别划分的标准

根据矿床的勘探程度和工业用途，将储量级别划分为：

开采储量—A级 ｝又合称工业储量

设计储量—B级、C级（即原来的C_1级） ｝又合称工业储量

远景储量—D级（即原来的C_2级）。

预测储量或叫推测储量—是过去曾经有人叫过的C_3级储量。

关于矿产储量分级的代表符号，目前还不统一，本书采用建国以来为大家所习惯的A、B、C表示。

一般划分储量级别是根据以下几个标准

① 矿体内有用组分，有害组分的含量分布变化规律查

明的情况；

② 矿体形态产状变化规律查明的情况；

③ 对开采技术条件（包括水文地质条件）查明的情况；

④ 对矿石技术加工条件（如矿石可选性怎样、已经作过什么样的加工试验等）查明的情况。

二、地下开采

（一）概述

十种常用有色金属矿石中，除铜矿和铝土矿以外，其余无论在国内外，都以地下开采为主。从矿产资源和产地分布情况来看，铜矿集中在美国、智利、赞比亚、加拿大、苏联和秘鲁等国；铅锌矿最多的是美国、加拿大、澳大利亚和苏联；镍矿集中在加拿大；钼矿集中在美国；铝土矿主要生产国家是几内亚、牙买加、澳大利亚和苏联；钨、锑、汞资源较少，分布在玻利维亚、南朝鲜、苏联、南非①、美国和西班牙等国；锡矿主要产于马来西亚、印尼和玻利维亚等国。

有色金属矿山年采选矿石量在100万吨以下的为中小型矿山。我国有色矿山大部分属于中小型。国外比较偏向于发展大型矿山，特别是铜、铅、锌、铝、镍、钼和锡矿。钨、锑、汞矿一般都以中小型规模开采。目前世界上最大的有色金属露天矿是智利的丘基卡马塔露天铜矿，每天采选处理量达17万吨矿石。最大的有色金属地下矿也在智利，即埃尔·

① 南非（阿扎尼亚）（在白人种族主义者统治下）

特尼恩特铜矿，日采选量达62800吨。

有色金属矿，特别是地下矿山的生产和建设，从客观上来看是比较复杂和困难的。它有自己的一些特点和规律：

1．有色金属矿床埋藏要素和形态比煤矿和铁矿都不规则，不容易勘探清楚，需要比较多的地质勘探工作量，给开采带来较多的困难。所以，加强有色矿山的地质工作具有很重要意义。

2．有色金属矿石的品位都很低，除铝土矿外，一般只有百分之几和千分之几。炼一吨铜要开采几十吨到一百多吨铜矿石。所以有色矿山的矿石采掘量和运输量都很大，并且采出的矿石都要经过选矿。通常，有色矿山都是采选联合企业。

3．有色金属矿床经常是多金属共生矿。需要重视综合开采、综合利用。一个有色矿山采出的矿石，可以同时回收几种到十几种金属和非金属原料。

4．有色金属矿山生产中常常遇到以下一些问题：由于矿石和围岩里往往含比较高的二氧化硅成分，所以容易产生硅尘危害，例如我国一些钨矿和锑矿；少数有色金属矿床与放射性元素共生，例如铅锌矿常与铀共生；开采含硫高的有色金属矿床还要特别注意矿石自燃的可能。综上所述，在有色矿山要加强通风和安全防护工作，关心职工的生活福利。

5．有色矿山大多地处偏僻山区，交通不便，开发一个矿山之前，要先修公路、铁路、输电线路、发电站等，因此所需的建设投资比较多。

6．有色矿山的建设周期比较长。勘探一个比较大的有色金属矿床至少需要2～3年时间。建设一个现代化的大型有

色地下矿山，一般需要4～5年，甚至更长。但一般建设一个工厂就不需要这样长的时间。

认识有色金属矿山以上这样一些特点和客观规律，就比较容易掌握矿山生产建设的主动权。

遵照伟大领袖毛主席关于“开发矿业”的教导，发展冶金工业必须优先发展矿山，要从矿山搞起，工作重点要放到矿山方面来，大打矿山之仗。不搞矿山就叫做只搞“无米之炊”。过去由于刘少奇一类政治骗子竭力推行反革命修正主义路线，推行“抓中间、带两头”、“先建厂、后建矿”等反动方针，违背发展冶金工业的客观规律，破坏了我国冶金工业的高速度发展。因此，要从两条路线斗争的高度，充分认识矿山生产和建设的重要性。

（二）矿床开拓

为了将矿石从地下采出来，首先必须从地面开掘通往矿床的地下通道，垂直的叫竖井，水平的称为巷或硐，倾斜的叫斜井（斜巷），通称井巷。井巷都是用来运输矿石、材料、设备以及通风和行人的。这些基本井巷的建设工作称为矿床的开拓。

根据矿石运输到地表的方式不同，矿床开拓方式可分为：平硐、竖井和斜井三种。

有些矿床埋藏在山岭地区，并且在地平线以上，就可以用平硐开拓(图1—2)。我国有许多有色金属矿山采用平硐开拓。由于平硐容易掘进，建设简单，出矿快，投资比较少，所以只要具有上述条件，应尽量使用平硐开拓。

但是还有很多有色金属矿体埋藏在地平线以下深处，所以更多的情况是采用斜井和竖井开拓。

若矿体距离地表较近，倾角又比较缓，例如20多度以下，就可以使用斜井开拓（图1—3）。对于埋藏较深的矿床一般都使用竖井开拓（图1—4）。一般来讲，斜井开拓的基建时间短些，投产快，比较适用于中小型矿山。

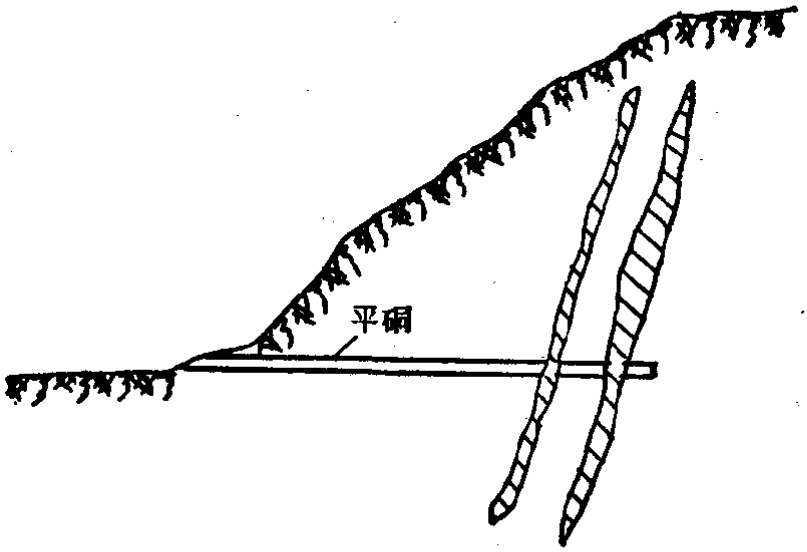


图 1—2　平硐开拓

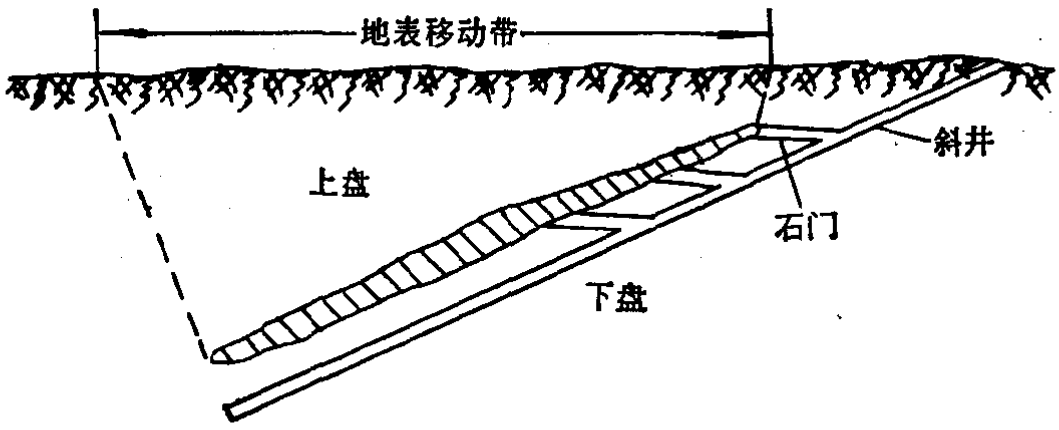


图 1—3　下盘斜井开拓

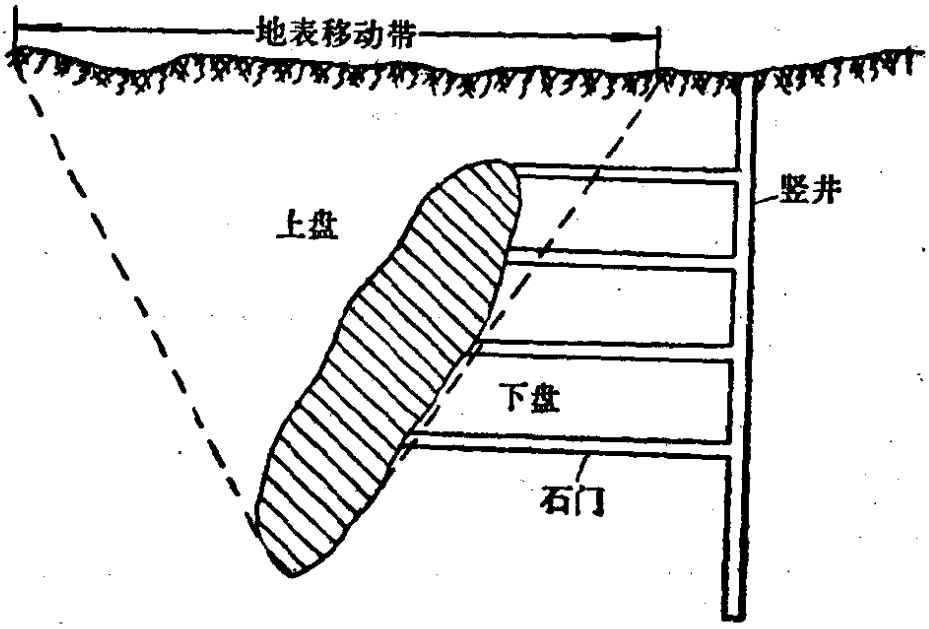


图 1—4　下盘竖井开拓

有些矿床上部可以用平硐开拓，当矿体延深很大，转入下部开采时，则用竖井或斜井开拓。也就是说，要用几种开拓巷道型式联合起来开拓一个矿床。这种情况是很常见的。

当矿体中的矿石被采出来以后，矿体周围上下盘岩层都会向采空区方向发生移动。移动变形最剧烈的当然是矿体的上盘岩层（顶板）。由于井筒和平硐在矿体整个开采年限内都要用来提升矿石，因此必须布置在岩层移动区以外的安全区内。通常情况下，只要矿区地形条件允许，井筒一般都打在矿体下盘或侧翼，而不布置在矿体的上盘，并且尽量靠近矿体，以缩短石门的距离。石门是指从井筒通到矿体的这段水平巷道。

提升和运输矿石的井筒和平硐，称为主井和主平硐。一个矿山除了主井或主平硐以外，常常还需要提升人员、材料、设备和废石，以及保证通风安全所必需的一些井筒或平硐，

这就是副井和副平硐。专门用于通风的井筒，称通风井。有色矿山的通风井一般布置在矿体的两翼，成对角式布置。新鲜空气从提升人员的井筒进入地下，从通风井排出。

一个矿山的开拓巷道除了主井、副井和通风井以外，还有石门、溜矿井、地下各种专用硐室（如变电所、水泵房、破碎硐室、机车库等）等。没有这些开拓巷道，就不能形成完整的开拓系统。

竖井的提升装备，根据用途、产量规模等因素决定。中小型矿山采用罐笼提升较多。罐笼除了可以放入一辆或几辆矿车提升矿石以外，还可以提升人员、材料和设备。产量比较大的竖井，一般都采用箕斗提升。箕斗这种容器只能提升矿石或废石。

斜井的提升运输设备，它与斜井倾角、提升量大小有关。国内最常见的是用钢丝绳牵引矿车在铁轨上运输矿石，称为串车运输，它适用于斜井倾角小于25度。在17度以下的斜井还可以使用带式运输机连续运输矿石，生产能力很大，但目前国内金属矿山尚未使用。国外有不少年产数百万吨矿石的金属矿山，使用斜井皮带运输机开拓方式。比较陡的斜井还可使用箕斗提升。

平硐通常使用轨道矿车运输，机车牵引(蓄电池电机车，架线电机车和柴油内燃机车等）。在国外，平硐运输也有用皮带运输机的，也有用汽车运输的。一般来讲，平硐的运输能力比较大。

随着采矿机械设备的发展，柴油驱动的轮胎式和履带式采掘设备的应用逐渐增多。为了便于这些自行式设备进出地下，美国、加拿大和瑞典的一些金属矿山，最近几年使用一

种斜坡道开拓方式，有折返式和螺旋式两种（图1—5和图1—6）。一般这种斜坡道（斜巷）作为副井使用，即作为人员和材料、设备的出入口，但也有用来运输矿石的。这是一种新的开拓方式。

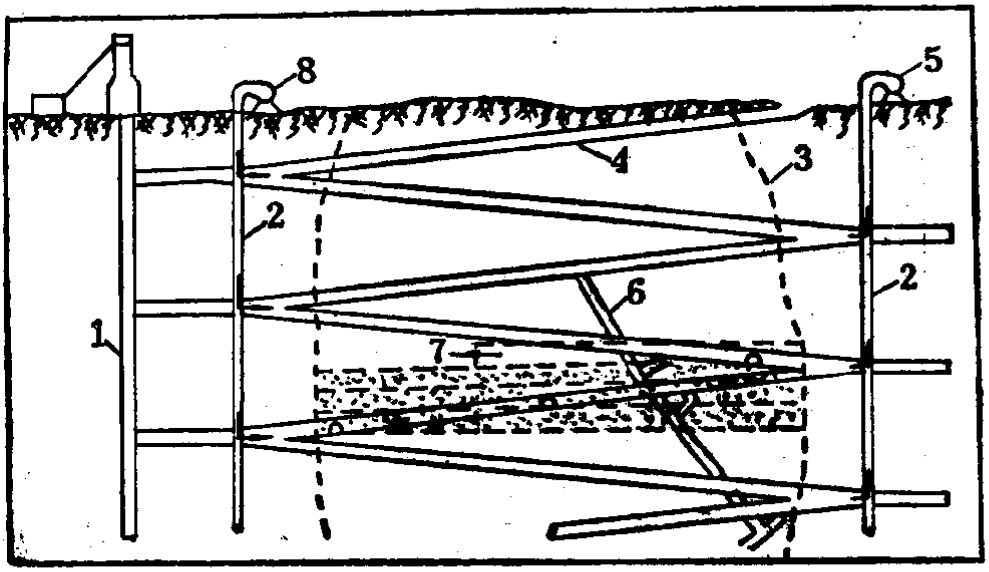


图 1—5　折返斜坡道开拓

1—箕斗主井；2—通风井；3—矿体轮廓；4—折返斜坡道；5—扇风机（抽出）；6—溜矿井；7—水平分层充填采矿法工作面推进方向；8—扇风机（压入）

在某些大型矿山，矿石在进入箕斗或皮带运输机之前，先经过设置在井下破碎硐室内的破碎机(一段或两段)破碎，将矿石块度大大减小。这就是井下破碎。采用井下破碎具有使提升能力增加，采矿场二次破碎量减少等优点，同时也存在要开掘比较大的破碎硐室和井下粉尘大等缺点。

一个矿山采用何种开拓方式，关系到矿山建设快慢，投资大小和矿山生产期间能否持续地稳产和高产的全局性大问题。因此，必须慎重对待。矿床的开拓方式要遵照毛主席的

需要全本请访问 www.ertongbook.com