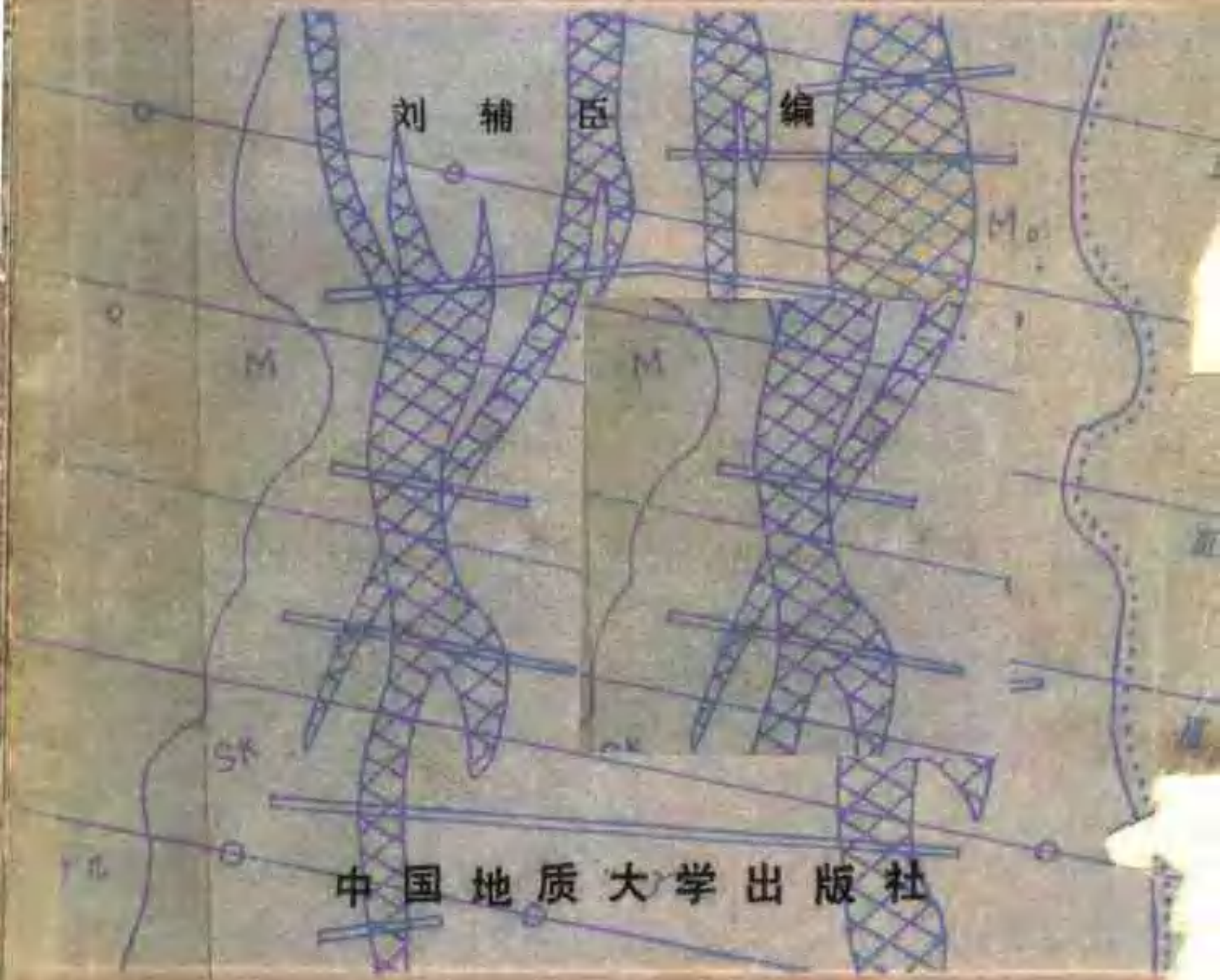
# 地方矿指南

DI FANG BAN KUANG ZHI LAN

刘 辅 臣 编



中国地质大学出版社

# 地方办矿指南

刘辅臣　编

中国地质大学出版社

## 内 容 提 要

本书简单地介绍了与找矿有关的一般地质基础知识，概略地阐述了与地方办矿有关的找矿、探矿、采矿和科学管理等知识，较详细地介绍了55种常见矿产的性质、用途、工业要求和价格。

该书内容广泛、资料丰富、深入浅出，通俗易懂，适合于乡镇矿山企业和个体采矿户使用，也可供县以上行政、生产管理机构、地质院校师生及地质专业人员参考。


# 地方办矿指南

刘辅臣　编

责任编辑　张华瑛

•

中国地质大学出版社出版

石首市第二印刷厂印刷　湖北省新华书店经销

•

开本 787×1092　1/32　印张 9.25　字数 207千字

1988年9月第1版　1988年9月第1次印刷

印数 1—1000册

ISBN 7-5625-0121-1/P·44

定价：3.90元

# 前　言

党中央确定“放开、搞活、管好”开发地下资源的总方针，极大地调动了各地区、各部门尤其是农民采矿的积极性，小矿蓬勃兴起，数百万农民从事采矿业。各地出现了不少采矿“专业村”、“专业户”。群众采矿业的发展，促进了农村经济的繁荣，支援了四化建设。

但是，也出现了一些值得注意的问题。有的乡镇矿山和农民采矿专业户，急欲采矿致富，忽视科学技术，盲目开采。由于不了解矿产赋存的规律，不懂得矿井灾害的预防，不遵守采掘规律和操作规程，加之技术、设备比较落后，致使资源的回收率比较低，利用水平不高，浪费严重。有的劳而无获，有的事故频繁，造成人民生命、财产的损失。

采矿要依靠科学技术。帮助和扶持农民采矿致富，是地质工作者义不容辞的责任。这本小册子的编写，正是为了普及地质矿产知识，疏通矿产信息，为科学办矿献计献策。

科学技术就是生产力。群众一旦掌握了科学技术，就会产生巨大的物质力量，就可以用较小的代价换得较大的经济效益，群众性的采矿业就能健康地、扎扎实实地向前发展。

该书属科普读物，根据使用法定计量单位若干注意事项中规定：“（2）科技书刊中使用的单位和词头，一般宜采用符号；科普书刊中使用的单位和词头，大多采用中文符号。无论采用符号还是中文符号，均应做到全书前后一致。”因此，本书使用单位和词头前后统一采用中文符号。

# 目　　录


前言

一、利国富民的好路子……（ 1 ）

二、找矿的基本知识……（ 4 ）

（一）怎样认识矿物……（ 5 ）

（二）三大类岩石……（ 35 ）

（三）矿床的基本概念……（ 44 ）

（四）地质年代及地层系统……（ 54 ）

（五）控矿因素……（ 57 ）

（六）找矿标志……（ 67 ）

（七）成矿规律……（ 71 ）

三、探矿和采矿……（ 75 ）

（一）怎样阅读地形地质图……（ 75 ）

（二）探矿工程……（ 85 ）

（三）取样……（ 92 ）

（四）矿产储量计算……（105）

（五）采矿常识……（108）

（六）采矿安全……（125）

四、地方常见矿产的用途、工业要求和价格……（131）

（一）矿产分类及一般工业要求……（131）

（二）矿产各论……（133）

煤（133）　油页岩（139）　铁（140）

锰（142） 铬（146） 钒（149）
钛（149） 铜（151） 铅（153）
镍（155） 钴（157） 铝（159）
钨（163） 锡（164） 铋（166）
锌（168） 钼（171） 汞（173）
锑（174） 金（176） 银（178）
萤石（180） 蛇纹石石棉（183）
云母（188） 磷（192） 硫（194）
重晶石（196） 玄武岩（198）蛇纹岩、橄榄岩（199） 天然碱（200） 盐（201）
菱镁矿（202） 高铝矿物原料（红柱石、矽线石、蓝晶石）（204）白云岩（205）
石灰岩（207） 硅石（210） 造型用砂(212)
耐火粘土（214） 石墨（215） 滑石（216）
石膏（217） 叶腊石（219） 蛭石（220）
大理石（222） 花岗岩（224） 膨胀珍珠岩原料（珍珠岩、松脂岩、黑曜岩）（225）
沸石（227） 膨润土、漂白土（229） 硅藻土（231） 陶瓷原料（高岭土、塑性粘土、长石、石英）(233) 水泥辅助原料（火山灰、凝灰岩、浮石）(236) 玻璃原料（238） 海泡石（240）金刚石（242） 宝石、玉石（245）
**五、要科学办矿**……(253)
（一）矿山开发计划的编制……(253)
（二）矿产资源保护……(259)
（三）疏通信息，加强科学管理……(263)

（四）边采边探，用地质规律指导采矿……(266)
参考文献……(273)
**附录Ⅰ** 矿产目录……(274)
**附录Ⅱ** 部分常见矿产一般工业要求……(278)
**附录Ⅲ** 矿床规模划分标准参考资料……(280)
**附录Ⅳ** 有关选矿常用指标及计算公式……(285)
**附录Ⅴ** 产品税税目税率表……(288)
**附录Ⅵ** 人民币对主要外币汇价……(289)

# 一、利国富民的好路子

我国地大物博，矿产资源丰富。地质普查勘探资料表明，已探明有储量的矿产136种，是世界上已知矿种配套比较齐全的少数国家之一。我国的钨、锑、钛、钒、锂、锌、硫铁矿、菱铁矿、稀土等矿产储量位居世界之首；锡、铜、铅、汞、铝、铁等十多种矿产探明储量居世界前列；并发现一批特大型矿床，如大庆油田、甘肃金川镍矿、云南金顶铅锌矿、江西德兴铜矿、山东焦家金矿、四川白玉银矿等。但是，目前我国各种矿产品人均占有量只有1.2吨，少于世界上人均3.5吨的水平，更低于工业发达的国家。在矿业开发上还不能全面满足国民经济建设的需要。

近几年，中央领导同志指出：大矿要大开，小矿要放开；并强调开发地下资源要“国家、集体、个人一起上，大中小一齐搞”。这样做对国家有利，对地方有利，对个人也有利。我国正处在经济振兴的关键时期，高速发展的经济建设对矿物能源与矿物原料的需求量十分巨大，加速开发矿业，是当务之急。要加大矿业开发强度，除抓好国营矿山的建设外，还必须大力兴办和发展乡镇小矿。实践证明，这是振兴中华、利国富民、治穷致富的一条好路子。

大力兴办和发展乡镇小矿符合我国资源特点。我国小矿资源遍布全国，星罗棋布，这些零星分散的矿点现在或将来都不可能按正规矿山的办法开采，只适于集体和群众分散开采。这样做，可以尽快使我国资能优势转化为经济优势。例如，四川省会现县的富铁矿，矿石富、杂质少、埋藏浅、易

开采，但规模小、分散、交通不便，只适于办小矿。全县共开37个小矿，75个开采点，年采矿石50万吨，供给大小60个钢铁厂矿石，截至1983年底累计开采矿石 323 万吨，总产值达7378万元；其中，供应四川16家大小钢铁厂优质富铁矿石316万吨，占凉山州销售量80%，占全省40%，不但对四川的钢铁工业起到调节作用，而且使一些企业扭亏为盈，还救活了一些地方钢铁企业。

大力兴办和发展乡镇小矿也是整个经济发展战略的需要。现在，人们越来越清楚地认识到，能源紧张、原材料紧缺，已成为经济发展的制约因素。要解决这一问题，办法之一是要加快矿产资源的开发。但是由于时间紧迫，国家资金有限，不可能完全通过大规模建设国营矿山的办法来解决。如果国家、集体、个人一齐上，既可加快建设速度，又可以减轻国家投资的压力。除国家控制的少数矿种、国家已投资建设开采的矿山企业以及国营矿山规划开采的主矿体外，对那些国家近期无力投资开采、一个时期不打算开采的矿，都应当放手让各地区、部门、单位和农民开采；也可以划出大矿的尾矿和主矿的边缘矿体，让群众开采。目前，乡镇小矿在我国国民经济建设中已经占有重要地位。例如，1984年全国乡镇、个体矿山生产原煤 1.9 亿吨，如果由能家投资，要超过200亿元，而且地方和农民由此收入38亿元。近年来，乡镇煤矿的增长幅度也大大超过国营煤矿。全国70%的砖瓦和90%的石灰是靠当地煤炭烧制的。此外，乡镇集体群采的小金矿黄金产量占全国总产量的 1/5 以上；硫铁矿占43%；硼矿占40%；磷矿石占34%。由此可见，乡镇小矿已成为我国各类矿山的一个重要组成部分。

大力兴办和发展乡镇小矿还有利于振兴农村经济，治穷致富。放手让群众办矿，一方面充分利用当地资源优势，发展加工业，减轻交通运输压力，另一方面，则可振兴地方经济，调整农村产业结构，使有矿产资源的山区及老、少、边、穷地区的人民尽快富裕起来。浙江省武义县是全国著名的"萤石之乡"，县委、县政府把矿山开发作为经济翻番的主攻目标，调动农民的积极性，1984年全县采矿收入达430多万元，人均收入达2100元，该县萤石除供给国内10多个省市外，还远销日本、苏联和美国。陕西省宁强县庙坝乡基坝村15户农民联户办起两个石棉采矿场，1984年产值达20.69万元，获利润14.4万元，户均纯收入近万元。少数民族农民也叩开了办矿致富大门。云南省建水县白显乡是个偏僻的彝族山区，但锰矿资源丰富，利用多余劳力和农闲时间开采锰矿，1984年共采8560吨，产值61.94万元；全乡305户，1572人，每户平均增收2032元。彝族农民高兴的说："靠山吃山，开矿致富，这种日子越过越有奔头。"

应当强调的是，只有坚持"积极扶持，合理规划，正确引导，加强管理"，才能把小矿办好。例如云南东川市农民开矿曾一度比较混乱，有的农民直接到国营矿的露天采场哄抢富矿石，使矿山的井下设备和生产秩序遭到一定破坏。《矿产资源法》颁布实施后，东川市各级政府组织农民认真学习，对农民开矿进行整顿，加强了管理，使农民开矿逐步走上正轨。东川矿务局也本着"扬长避短、互利互惠、共同发展"的原则处理好同开矿农民的关系，他们帮助农民找矿，划定矿点和边残块段供农民开采，从安全技术上给予现场指导，还有偿提供开矿的风、电钻机等物资，要求收矿人员秉

公办事，做扶持农民开矿的热心人。1987年1月至5月，东川所属国营矿山收购矿石34089吨，合原矿含铜593吨，企业增了产，农民增了收。贫困的大桥地村38户农民开矿后，全村平均每月纯收入15000多元。矿山领导和乡村干部都说："只要认真贯彻执行《矿产资源法》，'冤家'就会变成'亲家'！"此外，也应看到，小矿办好了，在充分合理地利用资源方面，可以起到大矿起不到的作用。如湖北省当阳县小煤矿开采0.27米—0.4米的极薄煤层，回采率达到90%以上；山东招远县玲珑金矿北巷坑口，群采小矿从大矿丢弃的残矿中，每年开采回收黄金六七千两，利润达到百万元以上。

以上事例说明，大力兴办和发展乡镇小矿是适合国情、顺乎自然、合乎规律的，是利国富民的方针。

## 二、找矿的基本知识

找矿、采矿，不认识矿不行。矿石，也是一种"岩石"，是一种有经济价值的岩石。而岩石，是矿物的集合体，矿物又是由化学元素结合而成的。矿石的自然堆积，其质量和规模达到可供开采利用的标准时，便成了矿体。矿体就是我们开采的对象。

矿产资源是在地壳运动的过程中有规律地形成的。地壳运动在岩石中留下各种各样的构造形迹，如使岩层变皱（褶皱），使岩石裂开（断裂）。这些现象和规律都是可以被认识的。

为了寻找和开发自然界的矿产资源，我们必须具有一些与认矿找矿有关的基本地质知识，包括怎样认识矿物，怎样认识岩石，怎样识别构造，怎样运用地质规律和各种标志进

行找矿等。

### （一）怎样认识矿物

矿物在地球上分布非常广泛，它和人们的生产活动和日常生活关系密切。我们吃的盐，点豆腐用的石膏，中药用的朱砂（辰砂）、芒硝、雄黄等等，都是矿物。我们也经常接触到矿物的某些性质，譬如说岩盐是白色透明的四方颗粒，有咸味；石墨是黑的，常呈鳞片状，有滑感，污手；等等。进一步研究就会发现，岩盐是氯和钠两种元素组成的，石墨却是由单一的碳元素组成的。这些事实告诉我们：矿物是具有比较固定的化学成分和物理性质的自然均质体（单质或化合物）。它是地壳中各种地质作用的产物，是岩石或矿石的基本组成部分。各种矿物都有一定的成分和外表特征，我们可以根据这些特点来认识它们。

1．矿物的形态

在已知的3000余种矿物中，除个别以气态（如碳酸气、硫化氢气等）或液态（如水、自然汞等）出现外，绝大多数均呈固态。固态矿物按其质点（原子、离子、分子）有或无规则的排列，可分为晶质矿物和非晶质矿物。晶质矿物，因为其内部质点作规则的排列，所以在适宜的生长条件下，外表就呈现由一些天然平面（晶面）所包围而成的几何形态，叫做晶体。例如岩盐(NaCl)，由于其内部的$Na^{+}$和$Cl^{-1}$在空间的三个方向上按等距离排列，外表就呈现出立方体的晶形（图2-1）。然而在多数情况下，由于受生长条件的限制，矿物晶形的发育常常是不很完善的，但只要其内部的质点是作规则排列的，仍不失其结晶的实质。非晶质矿物内部质点的排列没有一定的规律，所以外表就不具有固定的几何形

态；例如蛋白石（$SiO_2 \cdot nH_2O$）、褐铁矿（$Fe_2O_3 \cdot nH_2O$）即是。

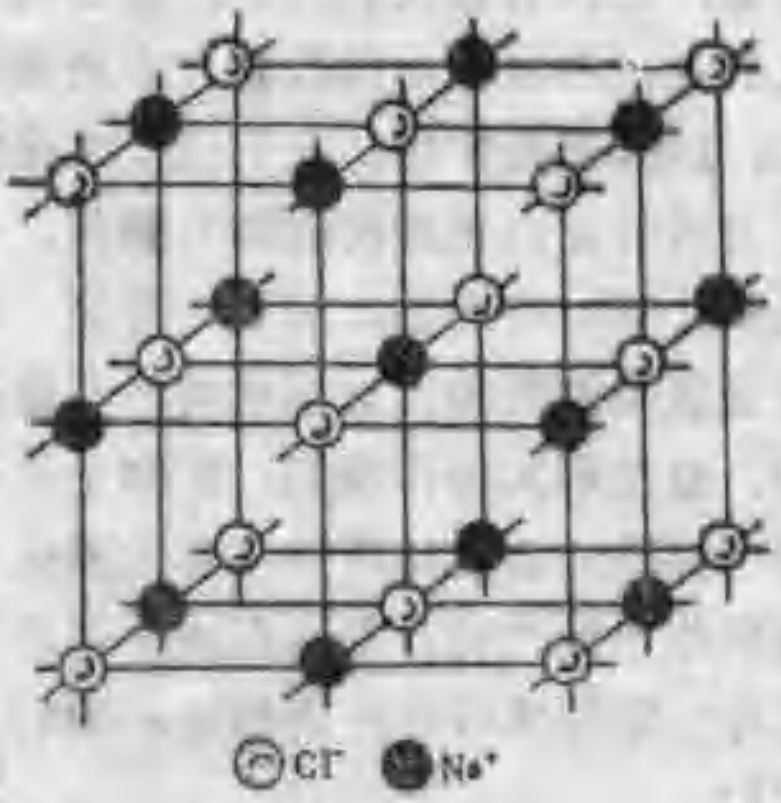



图2-1 岩盐晶体构造

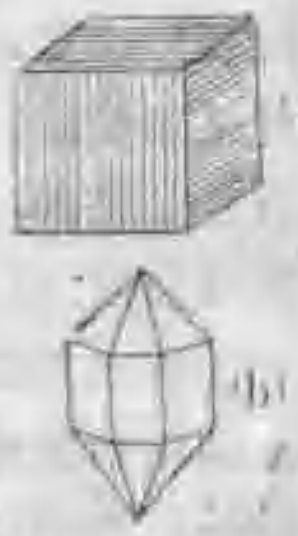



图2-2 单形和聚形
(a)—黄铁矿的单形 (b)—石英的聚形

由单一形状的晶面所组成的晶体，称为单形；如黄铁矿的立方体晶形（图2-2(a)），就是由六个同样的正方形晶面所组成的。由数种单形聚合而成的晶体，称为聚形；如石英的晶体通常是由六方双锥和六方柱这两种单形聚合而成的（图2-2(b)）。

同一种矿物因其形成时物理化学条件的不同，可以出现几种不同的晶形。例如磁铁矿的晶体除有八面体的单形外，还有菱形十二面体的单形以及八面体和菱形十二面体的聚形（图2-3）。而不同的矿物又可以有相似的晶形，如萤石、黄铁矿、岩盐等都可以呈现立方体的晶形，这在鉴定矿物时是必须注意利用其他特征加以区别。

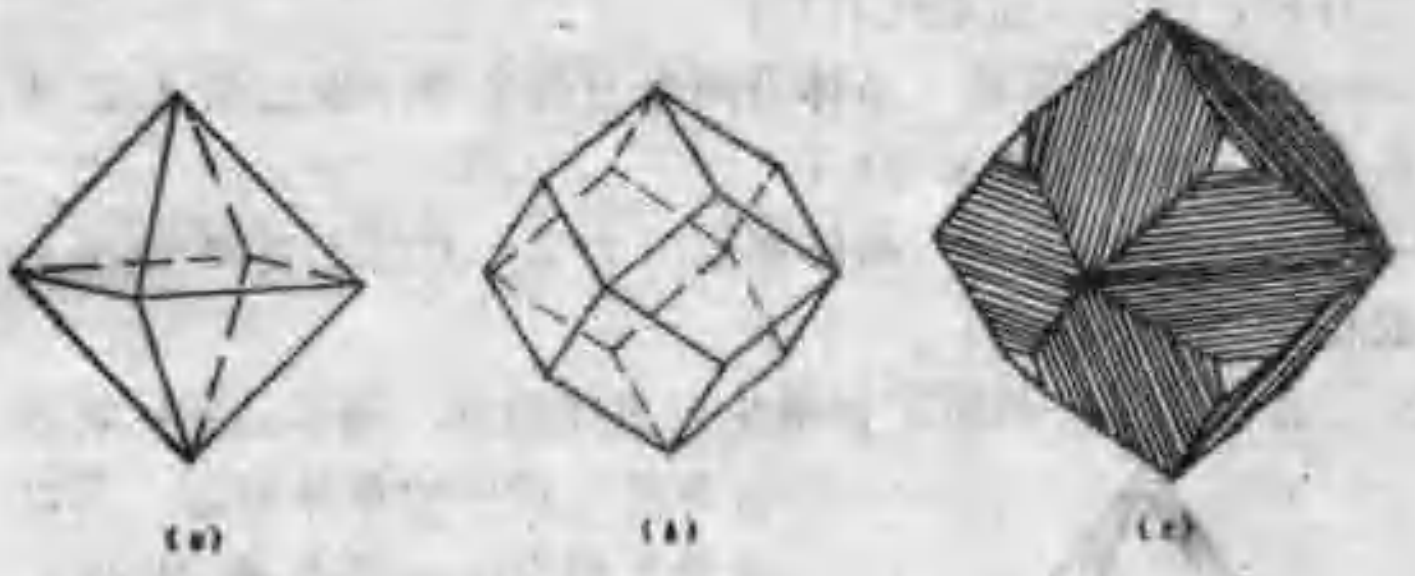


图 2-3 磁铁矿的几种晶形

(a)—八面体 (b)—菱形十二面体 (c)—八面体和菱形十二面体的聚形

同种矿物的两个或两个以上的晶体，一个恰好是另一个的映象，或者一个正好相当于另一个旋转180°的位置，则此两个或两个以上规则的连生体就称之为双晶。例如石膏的燕尾双晶和萤石的贯穿双晶以及斜长石的聚片双晶等(图2-4)。

矿物的晶形虽然众多，但就其在空间的发育状况而言，不外乎有以下三种：



图 2-4 几种双晶形式

(a)—石膏的燕尾双晶 (b)—萤石的贯穿双晶 (c)—斜长石的聚片双晶

(1) 一向延长　晶体沿一个方向发育，成柱状（如角闪石）、针状（如电气石）；

(2) 二向延长　晶体沿两个方向发育，成板状（如重晶石）、片状（如云母）；

(3) 三向延长　晶体在空间的三个方向上发育均等，成粒状（如磁铁矿）。

在自然界，晶质矿物很少以单体出现，而非晶质矿物则根本没有规则的单体形态，所以通常按集合体的形态来识别矿物。自然界中矿物的集合体形态很多，常见的有晶簇状（如石英图 2-5）、粒状（如块状磁铁矿）、鳞片状（如辉钼矿）、放射状（如阳起石）、结核状（如菱铁矿结核、鲕状赤铁矿）、钟乳状（如钟乳状方解石、孔雀石）、树枝状（如自然铜）、土状（如高岭石）等。



图 2-5　石英晶簇

2。矿物的物理性质

每种矿物都以其固有的物理性质与其它矿物相区别，这些物理性质是由矿物的化学成分和晶体结构所决定的。我们可以根据矿物的物理性质及其数量表征——物理常数，来认识和鉴定矿物。下面着重谈一下用肉眼和简单工具就能分辨的若干物理性质。

(1) 颜色　颜色是矿物对可见光波的吸收作用所引起的。根据矿物颜色产生的原因，可将颜色分为自色（矿物本

身固有的颜色）、他色（是矿物混入了某些杂质引起的）、假色（由于矿物内部的裂隙或表面的氧化薄膜对光的折射、散射所引起的）等三种。自色取决于矿物的内部性质，特别是所含色素离子的类别。例如赤铁矿之所以呈砖红色，是因为它含$Fe^{+3}$；孔雀石之所以呈绿色，是因为它含$Cu^{+2}$。自色比较固定，因而具有鉴定意义。

（2）条痕　矿物粉末的颜色称为条痕，通常将矿物在素瓷条痕板（粗磁底可代用）上擦划得之。条痕可清除假色、减弱他色而显示自色，具有重要的鉴定意义。例如赤铁矿有砖红色、钢灰色、铁黑色等多种颜色，然而其条痕却总是樱红色。

（3）光泽　矿物表面反射光线的能力，称为光泽。按反光的强弱，光泽可分为：

①金属光泽　类似于金属磨光面上的反射光，闪耀夺目。如方铅矿、黄铜矿等。

②半金属光泽　类似金属光泽，但较为暗淡。如铬铁矿。

③非金属光泽　可再细分为金刚光泽（如金刚石、闪锌矿）、玻璃光泽（如水晶、萤石）、油脂光泽（如石英断面上的光泽）、丝绢光泽（如石棉）、珍珠光泽（如白云母）、蜡状光泽（如蛇纹石）、土状光泽（如高岭石）。

（4）透明度　矿物透光的程度称为透明度。从本质上来说，透明度取决于矿物对光线的吸收能力。一般以矿物的薄片（0.03毫米）为准进行观察，并可分为如下三级：

①透明　绝大部分光线通过矿物，隔着矿物的薄片可清楚地看到对面的物体。如无色水晶、冰洲石（透明的方解

石）等。

②半透明　光线部分通过矿物，隔着矿物薄片可以模糊地看到对面的物体。如闪锌矿、辰砂等。

③不透明　光线几乎不能透过矿物。如黄铁矿、磁铁矿、石墨等。

（5）硬度　矿物抵抗外来机械作用（刻划、压入、研磨）的能力，称为硬度。通常采用刻划法确定其硬度，并以“矿物硬度计”中所列举的十种矿物作为对比的标准，见表2-1。表中每一种矿物都可以刻动它前面的矿物。

表 2-1　　矿物硬度计

| 硬　度 | 标准矿物名称 | 土法鉴定矿物硬度 |
|---|---|---|
| 1 | 滑　石 | 指甲可以刻动 |
| 2 | 石　膏 | 指甲可以刻动(硬石膏刻不动) |
| 3 | 方解石 | 指甲刻不动，毛笔铜套和大头针可刻动 |
| 4 | 萤　石 | 毛笔铜套刻不动，玻璃碴可以刻动 |
| 5 | 磷灰石 | 铁钉刻不动，小刀、玻璃碴可刻动 |
| 6 | 长　石 | 小刀、玻璃碴很难刻动 |
| 7 | 石　英 | 小刀、玻璃碴都刻不动 |
| 8 | 黄　玉 | 小刀、玻璃碴都刻不动 |
| 9 | 刚　玉 | 小刀、玻璃碴都划不动 |
| 10 | 金刚石 | 小刀、玻璃碴都划不动 |

必须指出，矿物硬度计只是相对等级，并不是硬度的绝对数值。譬如，不能认为金刚石比滑石硬十倍。另外，有少数矿物在晶体的不同方向上，硬度不一样，如蓝晶石。

（6）解理　矿物被敲打后，常沿着一定的方向裂开，这种特性称为解理。如方铅矿打碎后成四方体的小块，叫立方体解理；方解石打碎后成菱形小块，叫菱面体解理（图

2-6）。根据解理面的完善程度，可将解理分为：①极完全解理，如云母；②完全解理，如方解石；③中等解理，如角闪石；④不完全解理，如磷灰石。

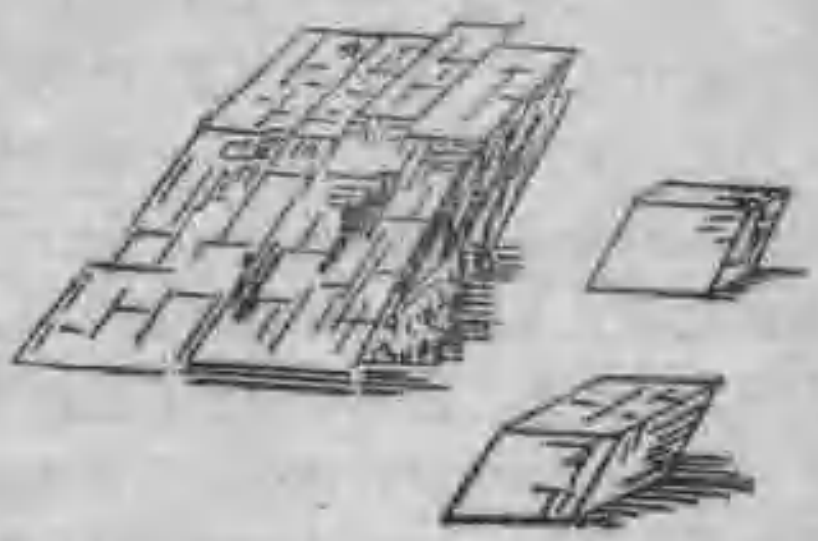


图 2-6 方解石的菱面体解理

(7) 断口 矿物受打击后，沿任意方向发生不规则的断裂，其凹凸不平的断裂面称为断口。断口和解理是互为消长的，解理越完善，则断口越难出现。断口可分为：①贝壳状断口，如石英；②参差状断口，如黄铁矿；③锯齿状断口，如自然铜。

(8) 相对密度 矿物质量与同体积纯水（在4°C时）的质量之比称为相对密度。自然界矿物的相对密度，最大的可达23（如锇铱族矿物），最小的可低于1（如地蜡、冰），绝大多数为2.5—4。相对密度是鉴定矿物的重要物理常数，通常可分为三级：①小的（<2.5），叫轻矿物，如石盐；②中等的（2.5—4）；③大的（>4），叫重矿物，如黑钨矿。

此外，还有一些物理性质是某些矿物所特有的，如脆性、延展性、弹性、挠性、磁性、导电性、发光性、放射性等。

## 表 2-2　　常见矿物肉眼鉴定特征表[1]

| 矿物类型 | 矿物名称及化学成分 | 主要鉴定特征 | 成因与产状 | 用途 |
|---|---|---|---|---|
| 自然元素 | 自然铜 Cu | 多呈不规则的树枝状集合体。颜色和条痕均为铜红色。金属光泽。锯齿状断口。相对密度8.5—8.9。硬度2.5—3。具延展性。导电性能良好 | 形成于各种地质过程中的还原条件下。多产于含铜硫化物矿床氧化带内与赤铜矿、孔雀石共生 | 为铜矿石的有用矿物之一 |
| | 自然金 Au | 通常为分散颗粒状或不规则树枝状集合体。颜色和条痕为金黄色。相对密度15.6—18.3。纯金相对密度为19.3。具延展性。不易氧化。热和电的良导体 | 主要形成于热液矿床，也常出现于砂矿中。与石英、黄铁矿、毒砂、闪锌矿等伴生 | 为金矿石的重要有用矿物 |
| | 石墨 C | 多为鳞片状或块状集合体。颜色铁黑至钢灰色，条痕亮黑色。相对密度2.09—2.23。硬度1。具滑感，易污手。薄片有挠性，导电性良好。与辉铅矿的区别是：辉铅矿用针扎后，留有小圆孔；石墨用针一扎即破，将硫酸铜溶液润湿锌粒放在石墨上，可析出金属铜的斑点，辉铅矿无此反应 | 主要为煤层或含沥青质的沉积岩或碳质沉积岩受区域变质而成 | 制铅笔、电极、石墨坩埚、润滑剂；原子能工业上用作减速剂 |
| | 金刚石 C | 多呈八面体或菱形十二面体晶形。无色透明或带蓝、黄、褐、黑等色。标准的金刚光泽。相对密度3.47—3.56。硬度10。性脆。具强色散性。紫外光照射后，发淡青蓝色磷光 | 在高温下形成，产于超基性岩中，与橄榄石、辉石共生。因硬度高，也常存在于砂矿床中 | 现代工业技术上，用作研磨材料和切削工具材料。透明者可作装饰品 |

表2-2（续1）

| 矿物类型 | 矿物名称及化学成分 | 主要鉴定特征 | 成因与产状 | 用途 |
|---|---|---|---|---|
| 硫化物 | *辉铜矿 $Cu_2S$ | 一般为致密细粒状块体或烟灰状。颜色铅灰，条痕暗灰色。相对密度5.5—5.8。硬度2—3。略具延展性。具有导电性。溶于硝酸，溶液呈绿色。矿物小块加$HNO_3$后燃时，颜色呈鲜绿色，加HCl燃时，颜色呈天蓝色(即铜的颜色反应) | 主要形成于含铜硫化物矿床的次生富集带，亦可形成于内生过程中。常与斑铜矿、黄铁矿、赤铜矿等伴生 | 为组成铜矿石的重要有用矿物 |
| | *方铅矿 PbS | 晶体呈立方体、八面体，通常为粒状或块状集合体。颜色铅灰，条痕灰黑色。强金属光泽。完全的立方体解理。相对密度7.4—7.6。硬度2—3。性脆 | 形成于中低温热液矿床。与闪锌矿、黄铁矿、黄铜矿等共生 | 为组成铅矿石的重要有用矿物 |
| | *闪锌矿 ZnS | 通常为粒状或致密块状的集合体。颜色由浅褐、棕褐至黑色。条痕由白—褐色。树脂—金刚光泽。相对密度3.9—4。硬度3—4 | 形成于中低温热液矿床。与方铅矿、黄铁矿、黄铜矿等共生 | 为组成锌矿石的重要有用矿物 |
| | *辰砂 HgS | 晶体呈细小的厚板状或菱面体形，多为粒状、致密块状、被膜状集合体。颜色鲜红，条痕红色。相对密度8.09。硬度2—2.5 | 形成于低温热液矿床。常与辉锑矿、黄铁矿等共生 | 为组成汞矿石的重要有用矿物 |
| | *磁黄铁矿 $Fe_{1-x}S$ ($x=0.1-0.2$) | 通常为致密块状集合体。暗铜黄色，表面常具暗褐锖色，条痕灰黑色。金属光泽。相对密度4.58—4.70。硬度4。具强磁性 | 形成于各种类型的内生矿床中。与镍黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿等共生 | 可制造硫黄 |

表2-2（续2）

| 矿物类型 | 矿物名称及化学成分 | 主要鉴定特征 | 成因与产状 | 用途 |
|---|---|---|---|---|
| 硫化物 | *镍黄铁矿 $(Fe,Ni)_9S_8$ | 通常呈不规则的颗粒状或包裹体。古铜黄色，条痕绿黑色。金属光泽。相对密度为4.5—5。硬度3—4。性脆。不具磁性。导电性强 | 形成于铜镍硫化物的岩浆矿床中。与磁黄铁矿、黄铜矿、磁铁矿等密切共生 | 为组成镍矿石的重要有用矿物 |
| | * 辉锑矿 $Sb_2S_3$ | 晶体呈柱状、针状，晶面上有纵纹。集合体为致密粒状、放射状。颜色和条痕均为铅灰色。金属光泽。相对密度4.6。硬度2—2.5。具轴面解理，解理面上有横纹。性脆 | 形成于低温热液矿床中，常与辰砂、雄黄、雌黄等共生 | 为组成锑矿石的重要有用矿物 |
| | 辉铋矿 $Bi_2S_3$ | 晶体为长柱状、针状，晶面上大多具有纵纹，集合体为致密粒状、放射状。微带铅灰的锡白色，条痕铅灰色。金属光泽。相对密度6.4—6.8。硬度为2—2.5 | 主要形成于高、中温热液矿床及接触交代矿床中。常与黑钨矿、锡石、毒砂等共生 | 为组成铋矿石的重要有用矿物 |
| | * 辉钼矿 $MoS_2$ | 晶体呈六方板状，底面上有条纹，通常为鳞片状集合体。颜色铅灰，条痕微带灰黑色。金属光泽。相对密度4.7—5。硬度1。一组解理极为完全。薄片具挠性，可以搓成团，且有滑感，不导电 | 形成于与酸性侵入体有关的接触交代矿床或高、中温热液矿床中。常与黑(白)钨矿、辉铋矿、石英等共生 | 为组成钼矿石的重要有用矿物 |
| | * 铜蓝 $CuS(CuS\cdot CuS_2)$ | 通常以粉末状或被膜状的集合体出现。颜色为靛青蓝色。条痕灰黑色。金属光泽。硬度1.5—2。相对密度4.59—4.67。一组解理完全。性脆 | 形成于含铜硫化物矿床次生富集带。常和黄铜矿、辉铜矿等伴生 | 为组成铜矿石的有用矿物 |

表2-2（续3）

| 矿物类型 | 矿物名称及化学成分 | 主要鉴定特征 | 成因与产状 | 用途 |
|---|---|---|---|---|
| 硫化物 | 雌黄 $As_2S_3$ | 晶体呈短柱状，集合体多呈片状、梳状、放射状 肾状、葡状等。颜色为柠檬黄，条痕鲜黄色。相对密度3.4—3.5。硬度1—2。金刚光泽。一组解理极为完全。薄片具有挠性 | 主要形成于低温热液矿床中。常与雄黄、辉锑矿等共生 | 为组成砷矿石的重要有用矿物 |
| | 雄黄 AsS | 晶体呈柱状，柱面有纵纹，但晶体少见，常呈致密粒状或块状集合体。桔红色，条痕浅桔红色。晶面金刚光泽，断口树脂光泽。相对密度3.4—3.6。硬度为1.5—2。二组完全解理。燃之，有强烈蒜臭，并发出蓝色火苗 | 形成于低温热液矿床中，与雌黄、辉锑矿等共生。也有见于火山喷发物及温泉中的 | 组成砷矿石的有用矿物；还可用于颜料及玻璃工业 |
| | 黄铁矿 $FeS_2$ | 晶体呈立方体或五角十二面体，相邻晶面常有互相垂直的晶面条纹，集合体呈致密块状、浸染状、结核状等。浅黄铜色，表面常有蓝紫、褐黄等色，条痕绿黑色。相对密度4.9—5.2。硬度 6—6.5。金属光泽，性脆。一般无解理，参差状或贝壳状断口 | 分布极广，可形成于各种成因的矿床中，具开采价值者，多为热液型。能与氧化物，硫化物，自然元素等各种矿物共生 | 主要用于制造硫酸或提制硫磺 |
| | 辉砷钴矿 CoAsS | 晶体常见八面体、立方体、五角十二面体，集合体呈不规则的粒状或致密块状。微带玫瑰的锡白色，条痕灰黑色。相对密度6—6.5。硬度5—6。中等解理，性脆，风化后呈玫瑰红色的钴华 | 主要形成于接触交代或脉状矿床中。常与毒砂、黄铁矿等共生 | 组成钴矿石的重要矿物 |

表2-2（续4）

| 矿物类型 | 矿物名称及化学成分 | 主要鉴定特征 | 成因与产状 | 用途 |
|---|---|---|---|---|
| 硫化物 | * 毒砂 FeAsS | 晶体呈短柱状或柱状，晶面具纵纹，集合体为粒状或致密块状。锡白色，条痕灰黑。金属光泽。相对密度5.9—6.2。硬度5.5—6。性脆，锤击之发蒜臭味 | 主要形成于热液型和接触交代型矿床中。在钨、锡矿脉中，常与黑钨矿、锡石等伴生 | 为提炼砷或各种砷化合物的重要原料 |
| | * 黄铜矿 $CuFeS_2$ | 晶体少见，通常为致密块状及粒状块体。铜黄色，条痕绿黑色。相对密度4.1—4.3。硬度3—4。金属光泽。性脆。能导电 | 可形成于各种条件下，主要为中温热液型及火山成因矿床，常与各种硫化物矿物共生 | 组成铜矿石的重要有用矿物 |
| | * 斑铜矿 $Cu_5FeS_4$ | 晶体少见，通常为致密块状或粒状。新鲜面古铜红色，表面常被覆蓝、紫相状锖色，条痕灰黑色。半金属光泽。相对密度4.9—5.0。硬度3。性脆，具导电性 | 主要形成于热液矿床中，与黄铜矿、方铅矿共生。也见于次生硫化物富集带中 | 组成铜矿石的重要有用矿物 |
| 卤化物 | * 萤石 $CaF_2$ | 晶体为立方体、八面体，集合体常呈粒状或块状。无色透明者少见，常呈绿、黄、浅、蓝、紫等各种颜色。加热时可失去颜色。玻璃光泽。相对密度3.18。硬度4。性脆，八面体的四组完全解理，紫外线照射下发萤光 | 大部分形成于热液矿床，与石英、方解石等共生。也有沉积形成的 | 可作冶金工业熔剂；也用于化学工业，尖端技术；无色透明者可作光学仪器材料 |

表2-2（续5）

| 矿物类型 | 矿物名称及化学成分 | 主要鉴定特征 | 成因与产状 | 用途 |
|---|---|---|---|---|
| 卤化物 | 石盐 $NaCl$ | 晶体呈立方体，通常呈粒状、致密块状集合体。无色透明或白色。玻璃光泽。相对密度2.1—2.2。硬度2。性脆，具完全解理。易溶于水，有咸味 | 形成于化学沉积矿床中。与钾盐、光卤石等共生 | 用于食料、防腐剂、化工原料、提取金属钠等 |
| 氧化物 | *刚玉 $Al_2O_3$ | 晶体呈桶状或短柱状，柱面或双锥面上有条纹，集合体呈致密粒状或块状。铜灰或黄灰色。玻璃光泽。相对密度3.95—4.1。硬度9。性脆，无解理 | 可形成于接触交代、区域变质、岩浆等成因类型的矿床或岩石中 | 可作研磨材料、精密仪器轴承、宝石等用 |
| | *赤铁矿 $Fe_2O_3$ | 晶体呈片状或板状，通常呈致密块状、鱼子状、肾状等集合体。常呈钢灰或红色，条痕樱红色。相对密度5—5.3。硬度为5.5—6。半金属至土状光泽。性脆，无解理，火烧后具有弱磁性。结晶呈片状并具金属光泽的赤铁矿，称为镜铁矿；红色粉末状的赤铁矿，称为铁赭石 | 形成于各种不同成因类型的矿床和岩石中，在氧化条件下形成。分布十分广泛 | 组成铁矿石的重要有用矿物 |
| | 金红石 $TiO_2$ | 晶体呈柱状或针状，集合体呈致密块状。颜色由白色至褐红或黑色，条痕浅黄褐色。金刚光泽。相对密度4.2—4.3。硬度6。性脆，具完全柱状解理 | 可形成于各种地质作用中。因其化学稳定性大，故常发现于砂矿床中 | 组成钛矿石的重要有用矿物 |

表2-2（续6）

| 矿物类型 | 矿物名称及化学成分 | 主要鉴定特征 | 成因与产状 | 用途 |
|---|---|---|---|---|
| 氧化物 | *锡石 $SnO_2$ | 晶体呈四方双锥状或双锥柱状，有时呈针状，具膝状双晶，集合体呈粒状、结核状或钟乳状。棕褐至黑色，条痕白至浅褐色。相对密度6.8—7.0。硬度6—7。晶面金刚光泽，断口油脂光泽。解理不完全，常为贝壳状断口 | 主要形成于伟晶岩、高温热液、接触交代等矿床中。以热液成因的锡石石英脉矿床工业价值最大 | 组成锡矿石的重要有用矿物 |
| | *软锰矿 $MnO_2$ | 晶体少见，通常呈块状、粒状、粉末状、烟灰状等集合体。颜色、条痕均为黑色。相对密度5。硬度2—8(硬度低时晶污手)。半金属光泽、性脆 | 形成于氧化条件下。主要生成于外生矿床中，常与硬锰矿、水锰矿等共生 | 组成锰矿石的重要有用矿物 |
| | *石英 $SiO_2$ | 晶体常为六方柱、六方双锥等所成之聚形，集合体多呈粒状、块状或晶簇状。常为白色，含杂质时可呈紫、玫瑰、黄、烟黑等各种颜色。相对密度2.65。硬度7。晶面玻璃光泽，断口油脂光泽。无解理，贝壳状断口。隐晶质的石英称石髓；呈结核状者称燧石；具不同颜色的同心层或平行带状者称玛瑙 | 形成于内生、外生及变质成因的各种岩石或矿床中。分布极为广泛。但大的晶体常形成于伟晶岩或热液充填矿床的晶洞中 | 一般石英可作玻璃、陶瓷、磨料等；优质晶体可作光学仪器、压电石英；色美者可作宝石 |

表2-2（续7）

| 矿物类型 | 矿物名称及化学成分 | 主要鉴定特征 | 成因与产状 | 用途 |
|---|---|---|---|---|
| 氧化物 | 沥青铀矿 $kUO_2 \cdot lUO_3 \cdot mPbO$ | 晶体未见，集合体呈胶状、肾状、致密块状。黑色，不透明。相对密度10。硬度3—5。沥青光泽，强放射性。$UO_2$、$UO_3$、PbO的比例不固定(化学式的k、l、m为比例数) | 形成于伟晶期或热液期的金属矿脉中，也可产于碳酸盐中。常与萤石、方铅矿等伴生 | 组成铀矿石的重要有用矿物 |
| | * 钛铁矿 $FeTiO_3$ | 晶体呈厚板状或菱面体状，集合体多呈不规则的粒状，也有致密块状。钢灰或铁黑色，条痕黑或褐色。相对密度4.72。硬度5—6。半金属光泽。不透明。微具磁性 | 主要形成于岩浆结晶作用初期。在碱性伟晶岩中与长石、黑云母等共生；在基性岩中与磁铁矿共生 | 组成钛矿石的重要有用矿物 |
| | * 磁铁矿 $Fe_3O_4$ | 晶体多呈八面体，少数呈菱形十二面体，晶面上有平行于菱形晶面长对角线的条纹，集合体多呈致密粒状块体，颜色和条痕均为铁黑色。相对密度4.9—5.2。硬度5.5—6。半金属光泽至金属光泽。不透明。强磁性 | 成因不一，主要形成于内生和变质矿床中。常与赤铁矿、钛铁矿、铬铁矿等伴生 | 组成铁矿石的重要有用矿物 |
| | * 铬铁矿 $FeCr_2O_4$ | 晶体呈细小的八面体，通常呈粒状、豆状、致密块状等集合体。黑色，条痕褐色。相对密度4—4.8。硬度5.5—7.5。半金属光泽。具弱磁性 | 是岩浆成因的矿物，常存在于超基性岩中。与橄榄石密切共生 | 组成铬矿石的唯一有用矿物 |

表2-2（续8）

| 矿物类型 | 矿物名称及化学成分 | 主要鉴定特征 | 成因与产状 | 用途 |
|---|---|---|---|---|
| 氧化物 | 铌钽铁矿 $(Fe,Mn)Nb_2O_6$ - $(Fe,Mn)Ta_2O_6$ | 晶体呈板状或短柱状。黑色或褐黑色，条痕暗红至黑色。相对密度5.15—8.20，随着$Ta_2O_5$含量的增高而加大。硬度6。半金属光泽。性脆 | 形成于伟晶期末，常见于花岗伟晶岩中，与钠长石、绿柱石、电气石等共生 | 组成铌、钽矿石的重要有用矿物 |
| 氧化物 | * 铝土矿 | 它是细分散矿物的集合体，实质上是一种岩石名称，包括一水硬铝矿$HAlO_2$，一水软铝矿$AlO(OH)$，三水铝矿$Al(OH)_3$等三种矿物，并含其它杂质矿物，如粘土矿物、赤铁矿等。一般铝土矿多呈豆状、土状或块状集合体。颜色变化大，有灰白、灰褐到黑灰。相对密度2.43—3.5。硬度2.5—7。玻璃光泽或土状光泽 | 主要形成于风化和沉积矿床中，少数形成于低温热液矿床中 | 重要的铝矿石；铝土矿还是人工磨料、耐火材料、高铝水泥的原料 |
| 氧化物 | * 硬锰矿 $mMnO \cdot MnO_2 \cdot nH_2O$ | 晶体少见，通常呈钟乳状、肾状、葡萄状，具同心层状构造，有时亦呈致密块状或树枝状。实质上是多种含水氧化锰的细分散多种矿物集合体总称。颜色和条痕均为黑色。相对密度4.4—4.7。硬度4—6。半金属光泽。性脆。呈土状、烟灰状者称锰土 | 形成于风化或沉积矿床中，常与软锰矿相伴生 | 组成锰矿石的重要有用矿物 |

表2-2（续9）

| 矿物类型 | 矿物名称及化学成分 | 主要鉴定特征 | 成因与产状 | 用途 |
|---|---|---|---|---|
| 氧化物 | 蛋白石 $SiO_2 \cdot nH_2O$ | 非晶质，通常呈致密块状，外观呈钟乳状。多呈白色，含杂质时，可呈黄、褐、红、绿、黑等各种颜色。玻璃或蜡状光泽。相对密度1.9—2.5。硬度5—5.5。贝壳状断口 | 主要由风化或沉积作用所形成，也常为火山区温泉的沉积物 | 可作研磨材料、建筑材料、陶瓷原料、装饰品等 |
| 氧化物 | * 褐铁矿 $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ | 实际上是包含针铁矿、水针铁矿、水赤铁矿、含水氧化硅和泥质所组成的混合体。通常呈钟乳状、土状、块状等集合体。黄褐至棕黑色。条痕褐色。相对密度3.9—4.0。硬度1—4。半金属或土状光泽 | 由含铁矿物风化而成，常与针铁矿、水针铁矿等伴生 | 富集时为组成铁矿石的有用矿物；此外可作颜料 |
| 硅酸盐 | * 橄榄石 $(Mg,Fe)_2[SiO_4]$ | 晶体不常见，通常呈粒状集合体。颜色为橄榄绿、黄绿至黑绿。相对密度3.3—3.5。硬度6.5—7.5。玻璃光泽，半透明，贝壳状断口。性脆 | 为岩浆成因矿物，主要产于基性、超基性岩中，常与铬铁矿、辉石等共生 | 作镁质耐火材料；透明者可作宝石 |
| 硅酸盐 | *石榴子石 $A_3B_2[SiO_4]_3$ | 晶体呈菱形十二面体和四角三八面体，集合体为散粒状或致密块状。有肉红、褐、绿、紫等颜色。玻璃或油脂光泽。相对密度3.5—4.2。硬度6.5—7.5。不完全或无解理，断口参差状(化学式中A代表二价阳离子：$Mg^{+2}$、$Fe^{+2}$、$Mn^{+2}$、$Ca^{+2}$；B代表三价阳离子：$Al^{+3}$、$Fe^{+3}$、$Cr^{+3}$) | 主要由接触交代和变质作用所形成。常与滩辉石、绿帘石、蓝晶石、矽线石等矿物共生。结晶片岩中也可见到 | 可作研磨材料；透明色美者可作宝石 |

表2-2（续10）

| 矿物类型 | 矿物名称及化学成分 | 主要鉴定特征 | 成因与产状 | 用途 |
|---|---|---|---|---|
| 硅酸盐 | 蓝晶石 $Al_2[SiO_4]O$ | 晶体呈扁平柱状，集合体呈放射状。蓝色、黄色或绿色。相对密度3.56—3.68，硬度异向性明显，平行晶体伸长方向4.5，垂直方向为6—7。玻璃光泽，解理面珍珠光泽。性脆 | 为区域变质作用的产物，常见于各种结晶片岩中 | 用于制作耐火和耐酸材料的原料 |
| | 红柱石 $Al_2[SiO_4]O$ | 晶形呈柱状，横断面近于四方形，集合体常呈粒状及放射状（形似菊花者又称菊花石）。常为灰、黄、褐、玫瑰、红等色。相对密度3.1—3.2。硬度7—7.5。玻璃光泽。参差断口 | 主要由接触变质形成，常见于泥质岩石和侵入体接触带。少数见于区域变质岩中 | 同蓝晶石 |
| | *黄晶 $Al_2[SiO_4](F,OH)_2$ | 晶体呈柱状，晶面有纵纹，通常为致密粒状集合体。有浅黄、浅蓝、浅绿、浅红等颜色。相对密度3.52—3.57。硬度8。玻璃光泽。一组解理完全。贝壳状断口 | 典型的高温气成矿物。常见于花岗伟晶岩脉，云英岩及钨锡石英脉内 | 作研磨材料、仪器轴承；透明色美者作宝石 |
| | 符山石 $Ca_{10}(Mg,Fe)_2Al_4[Si_2O_7]_2[SiO_4]_5(OH)_4$ | 晶体呈柱状，柱面上有断续纵纹，集合体呈致密粒状或棒状或放射状。颜色为黄绿、棕褐色。相对密度3.34—3.44。硬度6.5。玻璃光泽。参差状或贝壳状断口，性脆 | 为标准的接触变质矿物，常与石榴子石、透辉石等矿物共生 | 暂无实用价值 |

表2-2（续11）

| 矿物类型 | 矿物名称及化学成分 | 主要鉴定特征 | 成因与产状 | 用途 |
|---|---|---|---|---|
| 硅酸盐 | 绿帘石<br>$Ca_2(Al,Fe)_3[Si_2O_7][SiO_4]O(OH)$ | 晶体呈柱状或板状，晶面有明显条纹，集合体多为密集粒状或放射状。颜色黄绿至黑绿。玻璃光泽。相对密度3.35—3.38，硬度6.5 | 主要为热液蚀变产物，广泛存在于矽卡岩和经受热液作用的岩浆岩和沉积岩中 | 暂无实用价值 |
| | 电气石<br>$(Na,Ca)(Mg,Al)_6[B_3Al_3Si_6(O,OH)_{30}]$ | 晶体呈柱状，晶面上有明显的纵纹，其横断面为球面三角形；集合体多为放射状、梳状、束针状。常呈暗蓝、暗褐及黑色，也有绿、浅黄、浅红、玫瑰等色。晶体两端或晶体中心与边缘部分表现出不同的颜色（即多色现象）。相对密度2.9—3.25，硬度7—7.5，玻璃光泽。加热、摩擦、加压时生电 | 主要由气成作用形成，常见于伟晶岩脉及云英岩中，与石英、长石、云母、绿柱石等矿物共生 | 大的晶体可作无线电器材；薄片作偏光器；美丽者可作宝石 |
| | * 绿柱石<br>$Be_3Al_2[Si_6O_{18}]$ | 晶体呈六方柱状，柱面有纵纹。集合体呈晶簇。常呈绿色或黄色，有时呈玫瑰色或无色透明。相对密度2.63—2.91。硬度7.5—8。玻璃光泽，解理不完全，贝壳状或参差状断口。性脆 | 主要为气成作用的产物，常见于花岗伟晶岩中 | 组成铍矿石的重要有用矿物。色美者可作宝石 |

表2-2（续12）

| 矿物类型 | 矿物名称及化学成分 | 主要鉴定特征 | 成因与产状 | 用途 |
|---|---|---|---|---|
| 硅酸盐 | *透辉石 $CaMg[Si_2O_6]$ | 晶体呈短柱状，完整者少见，其横断面呈假正方形或八边形，集合体呈粒状或放射状。浅灰或浅绿色。相对密度3.27—3.38。硬度5.5—6。玻璃光泽。二组解理交角为87° | 主要形成于接触交代过程中。为矽卡岩的主要矿物成分，常与石榴石、硅灰石等矿物共生。此外还广泛分布于基性岩和超基性岩浆岩中 | 暂无实用价值 |
| | *普通辉石 $Ca(Mg,Fe,Al)[(Si,Al)_2O_6]$ | 晶体常呈短柱状，横断面近等边的八边形，集合体呈致密粒状。颜色为黑绿或褐黑色，条痕灰绿。相对密度3.2—3.6。硬度5—6。玻璃光泽，二组解理交角为87° | 为岩浆成因的矿物。常见于基性岩中，与橄榄石、基性斜长石等矿物共生 | 暂无实用价值 |
| | 透闪石 $Ca_2Mg_5[Si_4O_{11}]_2(OH)_2$ | 晶体呈长柱状或针状，集合体为放射状或纤维状。颜色浅灰。相对密度2.9—3.0。硬度5—6。玻璃光泽。性脆。两组解理交角为56° | 形成于岩浆期后和变质作用过程中。常见于矽卡岩或结晶片岩中 | 陶瓷新原料 |
| | 阳起石 $Ca_2(Mg,Fe)_5[Si_4O_{11}]_2(OH)_2$ | 形态同透闪石。其隐晶质致密块体称为软玉。颜色较透闪石深，呈深浅不同的绿色。相对密度为3.1—3.3。硬度5.5—6。玻璃或丝绢光泽 | 同上 | 一般无实用价值。软玉可作装饰用 |

表2-2（续13）

| 矿物类型 | 矿物名称及化学成分 | 主要鉴定特征 | 成因与产状 | 用途 |
|---|---|---|---|---|
| 硅酸盐 | *普通角闪石 $Ca_2Na(Mg,Fe)_4(Al,Fe)[(Si,Al)_4O_{11}]_2(OH)_2$ | 晶体呈柱状，深绿至黑色，条痕绿带浅绿的白色。相对密度3.1—3.3，硬度5.5—6。玻璃光泽。其横断面呈假六方形。两组解理交角为56° | 为岩浆成因或变质成因矿物，常见于基性、中性岩浆岩和变质岩中 | 暂无实用价值 |
| | 硅灰石 $Ca_3[Si_3O_9]$ 或 $CaSiO_3$ | 晶体呈板状或柱状，集合体呈片状或放射状。白色，微带浅灰或浅红。相对密度2.78—2.91。硬度4.5—5。玻璃光泽。两组解理交角74°。易溶于酸 | 为接触变质成因的矿物，常与石榴石、透辉石等矿物共生 | 陶瓷新原料 |
| | 矽线石 $Al[AlSiO_5]$ | 晶体呈针状或棒状，柱面有条纹；集合体呈放射状或纤维状。有灰、浅绿、浅褐等色。相对密度3.23—3.25。硬度7。玻璃光泽。一组完全解理 | 为变质成因矿物。常见于火成岩与富铝质岩石的接触变质带和结晶片岩中 | 用作耐火材料 |
| | *滑石 $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$ | 晶体呈板状，但少见；通常呈片状或致密块状集合体。白色，微带浅黄、浅褐或浅绿等色，有时染色很深。相对密度2.7—2.8，硬度1。玻璃光泽或油脂光泽，解理面呈珍珠光泽。一组解理板完全。薄片有挠性。具滑感和绝缘性 | 富镁质的岩石受热液蚀变的产物。常与菱镁矿、赤铁矿等共生 | 为造纸、陶瓷、橡胶、香料、药品、耐火材料的重要原料 |

表2-2（续14）

| 矿物类型 | 矿物名称及化学成分 | 主要鉴定特征 | 成因与产状 | 用途 |
|---|---|---|---|---|
| 硅酸盐 | * 蛇纹石 $Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$ | 通常呈致密块状，少数呈片状或纤维状等集合体。颜色多为深浅不同的绿色（如黑绿、暗绿、黄绿）。油脂光泽或蜡状光泽。相对密度2.5—2.7。硬度2—3.5 | 是热液对橄榄石、辉石、白云石等交代的产物 | 可炼制钙镁磷肥；制耐火材料；作细工石材 |
| | 石棉（分别与蛇纹石、透闪石、阳起石的成分相同） | 为纤维状的集合体。包括有：蛇纹石石棉，又称之为温石棉，即纤维状蛇纹石的集合体；角闪石石棉，即透闪石石棉（纤维状透闪石集合体）和阳起石石棉（纤维状阳起石集合体），石棉是三者的总称。颜色有灰白、浅黄、浅绿等色。相对密度3.2—3.3。硬度2—4。丝绢光泽。具有耐热、绝缘、易分等性能。蛇纹石石棉以其能溶于HCl区别于角闪石石棉 | 富含镁质的岩石或矿物经热液蚀变或接触交代而成 | 用作隔热、保温、绝缘、防火、过滤等方面材料的原料 |
| 盐 | * 高岭石 $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$ | 常呈疏松鳞片状，结晶颗粒细小。多呈致密粒状、土状、疏松块状等集合体。主要为白色或灰白色，也有浅黄、浅绿、浅褐等色。相对密度2.58—2.60。硬度1—2.5。土状光泽。鳞片具挠性。干燥时具吸水性，用水潮湿后具可塑性。粘舌。有粗糙感 | 主要由富含铝硅酸盐矿物的火成岩及变质岩风化而成。有时也为低温热液对围岩蚀变的产物 | 用于陶瓷、造纸、橡胶工业等 |

表2-2（续15）

| 矿物类型 | 矿物名称及化学成分 | 主要鉴定特征 | 成因与产状 | 用途 |
|---|---|---|---|---|
| 硅酸盐 | *黑云母 $K(Mg,Fe)_3[AlSi_3O_{10}](OH,F)_2$ | 晶体呈板状或短柱状；集合体呈片状。黑或深褐色。相对密度3.02—3.12。硬度2—3。玻璃光泽，解理面上显珍珠晕彩。半透明，一组极完全解理。薄片具弹性 | 主要为岩浆和变质成因的矿物。是主要造岩矿物之一。大的晶体常见于花岗伟晶岩脉中 | 暂无实用价值 |
| | *白云母 $KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$ | 晶体呈板状或片状；集合体多呈致密片状、块体。薄片一般无色透明，并具弹性。相对密度2.76—3.10。硬度2—3。解理面呈珍珠光泽。一组极完全解理。绝缘性极好。具有丝绢光泽的隐晶质块体称为绢云母 | 内生和变质作用均可形成。常见于花岗岩、伟晶岩、云英岩和变质岩中，与黑云母共生 | 电气工业上用作绝缘材料 |
| | *绿泥石<br>叶绿泥石为：$(Mg,Fe)_5Al[AlSi_3O_{10}](OH)_8$<br>鲕绿泥石为：$Fe_4Al[AlSi_3O_{10}](OH)_8\cdot nH_2O$ | 绿泥石为一族矿物的总称，其中包括：叶蛇泥石、斜绿泥石、鲕绿泥石、鳞绿泥石等矿物。这些矿物极相似，肉眼难分辨。其共同特点有：通常呈片状、板状或鳞片状集合体。颜色浅绿至深绿。相对密度2.60—3.40。硬度2—3。玻璃光泽或珍珠光泽。一组极完全解理。薄片具有挠性，但无弹性，以此可与绿色云母相区别。具滑感 | 主要由中、低温热液作用和浅变质作用所形成。产于变质岩及中、低温热液蚀变的围岩中。但鲕绿泥石常产于沉积铁矿床中 | 鲕绿泥石大量聚积时，可作为铁矿石 |

表2-2（续16）

| 矿物类型 | 矿物名称及化学成分 | 主要鉴定特征 | 成因与产状 | 用途 |
|---|---|---|---|---|
| 硅酸盐 | 海绿石 $K_{<1}(Fe^{3+},Fe^{2+},Al,Mg)_{2-3}[Si_3(Si,Al)O_{10}](OH)_2\cdot nH_2O$ | 晶体呈细小的六方外形，但极少见。通常为粒状或小球状浸染体。暗绿或黑绿色。相对密度2.2—2.8。硬度2—3。一般无光泽 | 仅形成于浅海沉积岩和近代海底沉积物中 | 可作肥田粉或绿色染料 |
| | * 斜长石 $(100-n)Na[AlSi_3O_8]\cdot nCa[Al_2Si_2O_8]$ | 晶体呈板状或板柱状，双晶常见，通常为粒状、片状或致密块状集合体。常为白或灰白色。相对密度2.61—2.76。硬度6—6.5。玻璃光泽，两组解理完全，其解理交角为86°24′—86°50′ | 内生、变质作用均可形成。广泛存在于岩浆岩和变质岩中。是主要造岩矿物之一 | 用于陶瓷工业：色彩美丽者可作装饰品 |
| | * 正长石 $K[AlSi_3O_8]$ | 晶体呈短柱状或厚板状，双晶常见。集合体为粒状或致密块状。多为肉红或黄褐色。相对密度2.57。硬度6—6.5。玻璃光泽，两组解理完全，其交角为90°。当两组解理交角为89°30′时，称之为钾微斜长石 | 主要形成于岩浆期和伟晶岩期，多存在于酸性及部分中性岩浆岩中 | 用作陶瓷、玻璃和钾肥的原料 |
| | 霞石 $Na[AlSiO_4]$ | 晶体少见，通常呈粒状或致密块状集合体。一般无色，有时为灰白色或灰色微带浅黄、浅褐、浅红等色调。相对密度2.6。硬度5—6。晶面显玻璃光泽，断口呈油脂光泽。解理不完全，性脆 | 是标准的岩浆矿物。分布于贫$SiO_2$的碱性火成岩中，与碱性长石和碱性辉石等矿物共生 | 用作玻璃和陶瓷的原料：也可从中提炼铝 |

表2-2（续17）

| 矿物类型 | 矿物名称及化学成分 | 主要鉴定特征 | 成因与产状 | 用途 |
|---|---|---|---|---|
| 硼酸盐 | 硼砂 $Na_2[B_4O_7]\cdot 10H_2O$ | 晶体呈短柱状。集合体呈土状块体。通常为无色或白色，有时微带淡灰、淡蓝及淡绿等色。硬度为2—2.5。相对密度1.71。玻璃或土状光泽。易溶于水，在空气中易脱水，表面形成白色块状皮膜。置火焰上能之膨胀，易熔成透明的玻璃状物体，并使火焰染成黄色 | 形成于化学沉积矿床。主要产于干旱地区的盐湖中，与石盐、石膏、芒硝等矿物共生 | 组成硼矿石的重要有用矿物 |
| 磷酸盐 | * 磷灰石 $Ca_5[PO_4]_3(F,Cl)$ | 晶体呈六方柱状，集合体为粒状、致密块状、土状和结核状等。有灰白、黄绿、翠绿等色。相对密度3.18—3.21。硬度5。玻璃或油脂光泽。性脆。于暗处以锤击之或用火烧其粉末均发绿光。将钼酸铵粉末置于磷灰石上，加硝酸时，生成黄色磷钼酸铵沉淀 | 成因不一，主要为外生沉积形成；内生成因次之；变质成因也有 | 组成磷矿石的重要有用矿物，为制造磷肥的主要原料 |
| 钨酸盐 | * 白钨矿（钨酸钙矿）$Ca[WO_4]$ | 晶体呈八面体形，通常呈不规则的颗粒、较少为致密块体。多为灰白色，有时带浅黄、褐色。相对密度5.8—6.2。硬度4.5。油脂或金刚光泽。紫外光照射下可发浅蓝色荧光 | 主要形成于接触交代型的矿床中，常与柘榴石、透辉石，符山石、硅灰石等矿物共生 | 组成钨矿石的重要有用矿物 |

表2-2（续18）

| 矿物类型 | 矿物名称及化学成分 | 主要鉴定特征 | 成因与产状 | 用途 |
|---|---|---|---|---|
| 钨酸盐 | 黑钨矿（钨锰铁矿）$(Mn, Fe)WO_4$ | 晶体呈厚板状或短柱状，晶面上有纵纹，集合体多为刃片状或粒状。褐黑色，条痕褐色。相对密度6.7—7.5。硬度4.5—5.5。半金属光泽。一组完全解理。性脆 | 主要形成于高温热液的石英脉内，常与锡石、锆砂、辉钼矿等共生 | 组成钨矿石的重要有用矿物 |
| 硫酸盐 | 硬石膏 $CaSO_4$ | 晶体呈板状或厚板状，集合体呈致密粒状或纤维状。多为白色，有时带浅蓝、浅灰或浅红等色调。相对密度2.8—3。硬度3—3.5。玻璃光泽。三组解理相互直交 | 主要形成于化学沉积矿床中，偶而也有内生成因的。常与石盐、石膏等共生 | 可作农肥、水泥、玻璃、建筑等原料 |
| | 石膏 $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ | 晶体呈板状或柱状，通常呈纤维状、叶片状、粒状、致密块状等集合体。多为白色，也有灰、黄、红、褐等浅色。相对密度2.3。硬度1.5。玻璃光泽。性脆。两组解理夹角为66°。较易溶于水，当温度为37°—38°时溶解度最大 | 成因不一，但主要为化学沉积作用的产物。常在干旱盐湖中与石盐、硬石膏等矿物共生 | 可作水泥、建筑、陶瓷、农肥等原料；还可用于造纸、医疗等方面 |
| | 重晶石 $BaSO_4$ | 晶体呈板状，集合体多为粒状或致密块状。一般无色，因含杂质而染成灰白、淡红、淡褐等色。相对密度4.3—4.5。硬度3—3.5。玻璃或珍珠光泽。三组解理（一组完全）。性脆。用火烧时有爆啪响声 | 为热液成沉积成因。常与萤石、方解石、闪锌矿、方铅矿等共生 | 用于钻井、化工、橡胶和造纸工业 |

表2-2（续19）

| 矿物类型 | 矿物名称及化学成分 | 主要鉴定特征 | 成因与产状 | 用途 |
|---|---|---|---|---|
| 碳酸盐 | * 方解石 $CaCO_3$ | 晶形多样，常见的有菱面体，集合体多呈粒状、钟乳状、致密块状、晶簇状等。多为白色，有时因含杂质染成各种色彩。相对密度2.6—2.8。硬度3。玻璃光泽，透明或半透明。无色透明，晶形较大者叫冰洲石。完全的菱面体解理。遇HCl起泡 | 各种地质作用均可形成。可产于各种岩石中，是石灰岩的主要组成矿物 | 可作石灰、水泥原料；冶金熔剂等 |
| | 菱镁矿 $MgCO_3$ | 晶体少见，通常为致密粒状集合体。多为白色，有时微带浅黄或浅灰。相对密度2.9—3.1。硬度4—4.5。玻璃光泽。完全菱面体解理。加冷HCl不起泡 | 由热液或风化作用所形成。常与白云石、滑石、方解石等共生 | 用于耐火材料及提取金属镁 |
| | 菱锌矿 $ZnCO_3$ | 晶体不常见，通常呈土状、钟乳状、皮壳状等。常为白色，有时微带浅绿、浅褐或浅红。相对密度4.1—4.5。硬度5。玻璃光泽，性脆 | 主要分布于石灰岩中铅锌硫化物矿床的氧化带。是闪锌矿氧化分解所形成 | 组成锌矿石的有用矿物 |
| | * 菱铁矿 $FeCO_3$ | 晶体呈菱面体形，集合体呈粒状、鲕状、结核状、钟乳状等。颜色为浅褐、灰色或深褐。相对密度3.9。硬度3.5—4.5。玻璃光泽。性脆。加热HCl起泡，加冷HCl时缓慢作用，形成黄绿色的$FeCl_3$薄膜。碎块烧后变红，并显磁性 | 形成于还原条件下。沉积型的常产于粘土、页岩及煤层内；也有热液成因的 | 组成铁矿石的有用矿物 |

表2-2（续20）

| 矿物类型 | 矿物名称及化学成分 | 主要鉴定特征 | 成因与产状 | 用途 |
|---|---|---|---|---|
| 碳酸盐 | 菱锰矿 $MnCO_3$ | 晶体不常见，通常呈粒状、肾状、结核状等集合体。常为玫瑰色，氧化后为褐黑色。相对密度3.6—3.7。硬度3.5—4.5。玻璃光泽。菱面体解理完全，性脆 | 有内生热液成因和外生沉积成因的。常见于海相沉积锰矿床中 | 组成锰矿石的重要有用矿物 |
| | * 白云石 $CaMg[CO_3]_2$ | 晶体常呈弯曲马鞍状的菱面体。集合体呈粒状、多孔状或肾状。主要为灰白色，有时微带浅黄、浅褐、浅绿等色。相对密度2.8—2.9。硬度3.5—4。玻璃光泽。一组解理完全，解理面常弯曲 | 主要为外生沉积成因，与石膏、硬石膏共生；也有热液成因的，多与硫化物、方解石等共生 | 用作耐火材料、冶金熔剂的原料 |
| | 白铅矿 $PbCO_3$ | 晶体呈板状或假六方双锥状，集合体呈致密块状、钟乳状和土状。多为白色，有时微带浅色。相对密度6.4—6.6。硬度3—3.5。金刚光泽，贝壳状断口。性脆。加HCl起泡 | 为铅锌硫化物矿床氧化带的次生铅矿物。往往与铅矾、方铅矿等矿物伴生 | 组成铅矿石的有用矿物 |
| | * 孔雀石 $Cu_2[CO_3](OH)_2$ | 晶体呈柱状，极少见，通常呈肾状、葡萄状、放射纤维状集合体。绿色，条痕淡绿色。相对密度3.9—4.1。硬度3.5—4。玻璃至金刚光泽，纤维状者具丝绢光泽。遇HCl起泡，以此与相似的硅孔雀石（$CuSiO_3 \cdot 2H_2O$）相区别 | 仅产于含铜硫化物矿床的氧化带，常与蓝铜矿、赤铜矿、辉铜矿等矿物共生 | 组成铜矿石的有用矿物；还可作颜料；致密色美者可用来雕刻工艺品 |

表2-2（续21）

| 矿物类型 | 矿物名称及化学成分 | 主要鉴定特征 | 成因与产状 | 用途 |
|---|---|---|---|---|
| 碳酸盐 | * 蓝铜矿 $Cu_3[CO_3]_2(OH)_2$ | 晶体呈短柱状或厚板状，通常为细小晶簇、致密粒状、放射状等集合体。颜色深蓝或浅蓝，条痕浅蓝色。相对密度3.7—3.9，硬度3.5—4。玻璃至土状光泽。性脆。一组解理完全。遇HCl起泡 | 仅产于含铜硫化物矿床的氧化带 | 组成铜矿石的有用矿物 |

* 表示常见矿物

表2-3 部分常见相似金属矿物肉眼鉴定特征表（仅供参考）[1]

| 矿物颜色 | 矿物名称 | 鉴定特征与步骤 |
|---|---|---|
| 黄色 | 黄铜矿<br>黄铁矿<br>磁黄铁矿<br>镍黄铁矿<br>斑铜矿 | 首先根据颜色深浅，可将黄色矿物再分为二组：<br>(1)浅黄铜色：黄铜矿、黄铁矿<br>(2)暗铜黄(红)色：磁黄铁矿、镍黄铁矿、斑铜矿<br>黄铜矿与黄铁矿的主要区别是：黄铜矿可被小刀刻动；而黄铁矿不能被小刀所刻动<br>斑铜矿、磁黄铁矿、镍黄铁矿的区别是：磁黄铁矿有较强的磁性；斑铜矿表面有锖色，且具有铜的焰色反应(见辉铜矿的鉴定特征)；而镍黄铁矿既无磁性，又无铜的焰色反应，但有较强的导电性 |
| 铅灰色 | 方铅矿<br>辉锑矿<br>辉铋矿<br>辉铜矿<br>铜铁矿 | 首先根据矿物的晶形，可将铅灰色矿物分为三组：<br>(1)立方体：方铅矿<br>(2)柱　状：辉锑矿、辉铋矿<br>(3)片　状：辉铜矿、镜铁矿<br>辉锑矿与辉镍矿的区别是：辉锑矿的辉亮面上有横纹，其矿物粉末加上KOH后，先生成黄色，再变为棕色；而辉镍矿无此二特点<br>辉铜矿与镜铁矿的区别是：辉铜矿的条痕是灰黑色；而镜铁矿的条痕为樱红色 |

表2-3（续）

| 矿物颜色 | 矿物名称 | 鉴定特征与步骤 |
|---|---|---|
| 棕褐色 | 闪锌矿<br>锡石<br>褐铁矿 | 根据矿物的光泽，可将棕褐色矿物再分为二组：<br>（1）油脂或金刚光泽：闪锌矿、锡石<br>（2）半金属或土状光泽：褐铁矿<br>闪锌矿与锡石的区别是：闪锌矿可被小刀刻动；而锡石不能被小刀刻动 |
| 黑色 | 磁铁矿<br>铬铁矿<br>钛铁矿 | 首先根据矿物的形态，可将黑色矿物分为三组：<br>（1）粒状：磁铁矿、铬铁矿<br>（2）板状：钛铁矿、黑钨矿、铌钽铁矿<br>（3）土状或钟乳状：硬锰矿、软锰矿、辉铜矿 |
| 黑色 | 黑钨矿<br>铌钽铁矿<br>硬锰矿<br>软锰矿<br>辉铜矿 | 磁铁矿和铬铁矿的区别是：磁铁矿具强磁性，且矿物粉末溶解于浓盐酸，生成$FeCl_3$，溶液呈草黄色；而铬铁矿仅具弱磁性，且不溶于浓盐酸<br>钛铁矿、黑钨矿、铌钽铁矿的区别是：钛铁矿不具解理，且粉末溶于磷酸中，冷却稀释后加入$Na_2O_2$，可使溶液呈黄褐色；黑钨矿和铌钽铁矿都具有一组完全的解理，但黑钨矿可被小刀刻动；而铌钽铁矿则不能被小刀刻动<br>硬锰矿、软锰矿、辉铜矿的区别是：有铜的焰色反应者为辉铜矿；加$H_2O_2$起泡，硬度大于指甲者为硬锰矿；而软锰矿虽加$H_2O_2$也起泡，但多数情况下，其硬度小于指甲，且易污手<br>说明：所谓强磁性矿物，即磁铁能直接吸引起矿物小块；而弱磁性矿物，磁铁只能吸引起矿物粉末 |

## （二）三大类岩石

岩石是矿物的集合体，是各种地质作用的产物，是构成地壳的物质基础。地壳中几乎全部矿产都产于岩石中。研究岩石就是为了揭示岩石与矿产的关系，从中找出规律，以便更多更好地找寻和开发矿产资源。而且，许多岩石本身就是

矿产，如花岗岩、大理岩等。

组成地壳的岩石，按其成因可分为三大类，即岩浆岩、沉积岩和变质岩。

岩石的外貌是鉴别三大类岩石的主要根据之一，它表现为岩石的结构和构造。岩石中矿物的结晶程度、颗粒大小和形状以及彼此间的组合方式叫做结构。由于它们生成的环境不同，就产生了不同的结构。岩石中矿物集合体之间或矿物集合体与岩石的其它组成部分之间的排列方式以及充填方式叫做构造。岩石的构造反映着地质作用的性质。由岩浆作用生成的岩浆岩大多具有块状构造；由变质作用生成的变质岩，多数情况下矿物是依一定方向作平行排列，具片理状构造；由外力地质作用生成的沉积岩，多具层状构造。研究岩石的结构构造，不仅对划分岩类、正确识别岩石有着实际意义，而且在采掘工艺中，对于研究岩体稳定、井巷支护、爆破措施等起着重要作用。

1. 岩浆岩　又叫火成岩，是地壳深处的岩浆沿地壳裂隙上升冷凝而成。埋于地下深处或接近地表的叫侵入岩；喷出地表的叫喷出岩。

地壳中存在的元素在岩浆岩中几乎都有，普遍存在的有O、Si、Al、Fe、Mg、Ca、K、Ti等元素，其含量占岩浆岩组分的99.25%，其次为P、H、Mn、Ba等。岩浆岩的化学成分常用氧化物表示，其中$SiO_2$的平均含量占59.14%，其次为$Al_2O_3$占15.34%。组成岩浆岩的大多数矿物，可分为硅铝矿物和铁镁矿物两大类。硅铝矿物又叫浅色矿物，包括石英与长石类矿物；铁镁矿物又叫暗色矿物，包括橄榄石类、辉石类、角闪石类及黑云母类。

岩浆岩一般较坚硬，绝大多数矿物成结晶粒状紧密结合。常见的结构有等粒结构、斑状结构、隐晶质结构和玻璃质结构。常见的构造有块状构造、带状构造、气孔和杏仁构造及流纹构造。岩浆岩的产状如图 2-7 所示。

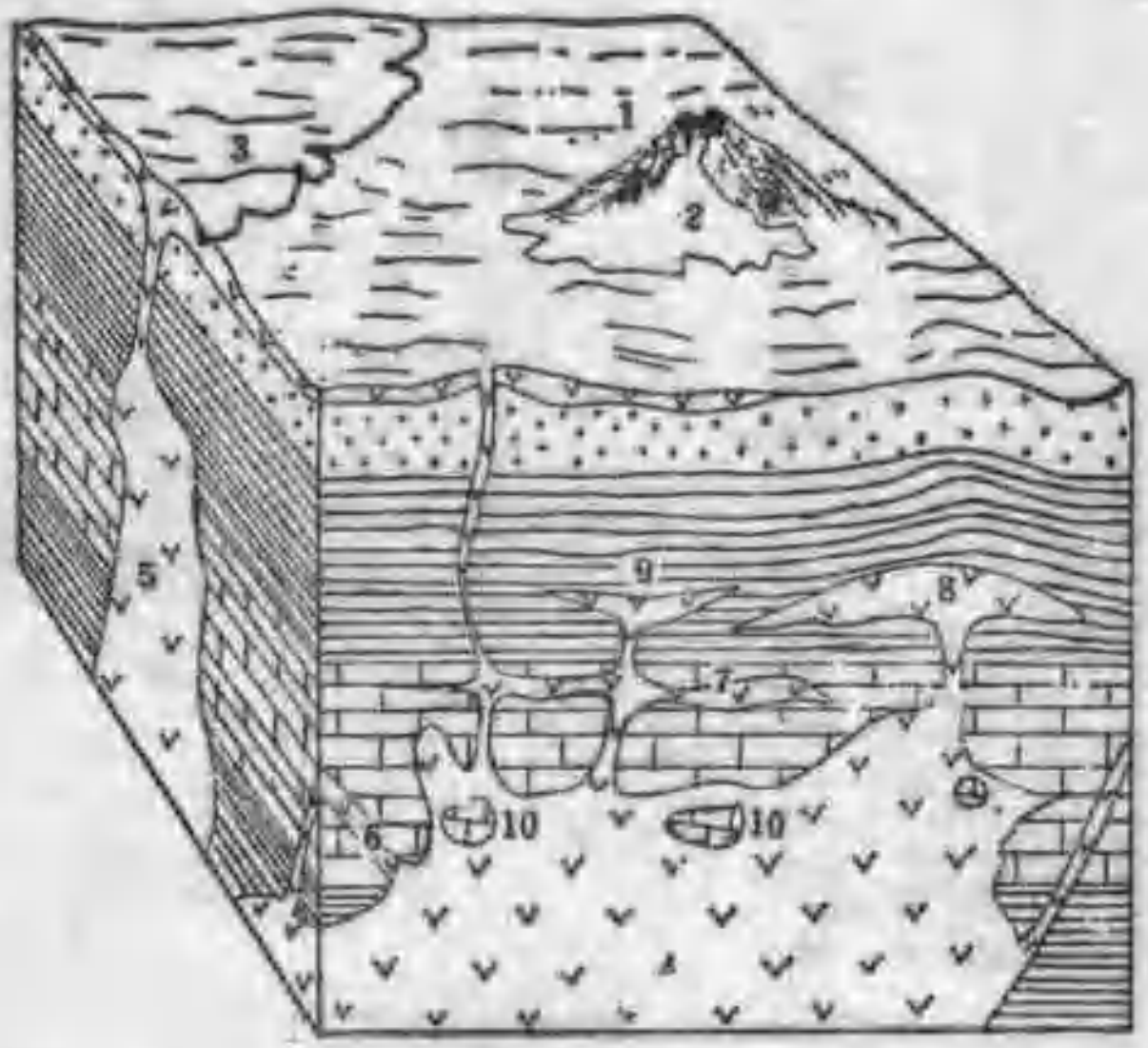



图2-7　岩浆岩的产状[1]

1—火山锥　2—熔岩流　3—熔岩被　4—岩基　5—岩株　6—岩墙
7—岩床　8—岩盖　9—岩盆　10—捕虏体

根据岩浆岩的化学成分、矿物成分、产状及与之相应的结构构造等，可以归纳成岩浆岩分类简表（表 2-4）。肉眼鉴定时，可将所鉴别岩石的颜色、矿物成分、结构构造等逐一认识后，便可从表中查出岩石名称。

表2-4　　岩浆岩分类简表[1]

| 岩石类型 | | | | | | 超基性岩 | 基性岩 | 中性岩 | | 酸性岩 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 物质成分 | $SiO_2$平均含量(%) | | | | | <45 | 45—52 | 52—65 | | >65 | |
| | 石英含量(%) | | | | | 无或罕见 | 少见 | 0—20 | | >20 | |
| | 长石含量 | | | | | 无或罕见 | 斜长石为主 | 钾长石为主 | | | |
| | 暗色矿物含量(%) | | | | | 橄榄石、辉石、角闪石 >95 | 辉石、角闪石、橄榄石 45—60 | 角闪石、黑云母 30—45 | 角闪石、黑云母 20 | 黑云母、角闪石 约占10 | |
| 岩石颜色 | | | | | | 深色 ← 加深 → 浅色 | | | | | |
| 岩石相对密度 | | | | | | 大 ← 加大 → 小 | | | | | |
| 产状 | 喷出岩 | 结构 | 玻璃质 | 构造 | 气孔 | 黑曜岩、浮岩、珍珠岩、松脂岩 | | | | | |
| | | | 隐晶质 | | 杏仁 | 金伯利岩 | 玄武岩 | 安山岩 | 粗面岩 | 流纹岩 | |
| | | | 斑状 | | 流纹 | | 玄武粉岩 | 安山粉岩 | 钠长斑岩 | 石英斑岩 | |
| | 浅成岩 | | 伟晶 细晶 斑状 | | 块状 | 煌斑岩 | | 细晶岩 | | 伟晶岩 | |
| | | | | | | 橄榄岩 辉岩 | 辉绿岩 辉长粉岩 | 闪长粉岩 | 正长斑岩 | 花岗斑岩 | |
| | 深成岩 | | 粒状 | | 块状 | | 辉长岩（斜长岩） | 闪长岩 | 正长岩 | 花岗岩 | |

注：1. 正长岩—粗面岩类，含酸旗元素(K、Na)比其它岩石高，故又称碱性岩，这类岩石分布不广。

2. 粉岩：指具斑状结构的中、基性岩。

2. 沉积岩　由沉积物经过压固、脱水、胶结及重结晶作用变成的坚硬岩石，称为沉积岩。它在地壳表层呈层状广泛分布，是区别于其它类型岩石的重要标志之一。

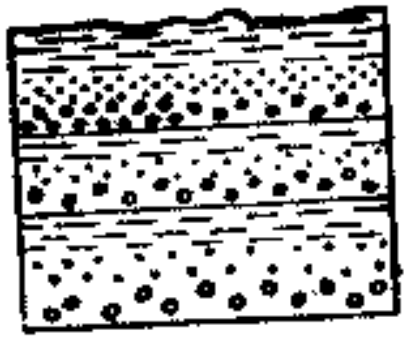
组成沉积岩的颗粒有岩屑及矿物两种。岩屑就是原先的岩浆岩、沉积岩和变质岩的碎屑。矿物则有两类：一类是原来岩石经过风化、剥蚀、搬运来的矿物，主要是石英、正长石及白云母；另一类是在沉积作用中形成的新矿物，主要有方解石、白云石、岩盐、石膏、高岭石、菱铁矿、褐铁矿等，它们是在地表常温常压而且 $O_2$、$CO_2$、$H_2O$ 充足的条件下形成的。在沉积物颗粒之间，还有胶结物（把松散沉积物联结起来的物质）；胶结物按其成分可以分为泥质、钙质、硅质、铁质胶结物等，在岩石中的含量一般是25%左右。

沉积岩的颜色是特殊的标志，它受沉积岩中碎屑成分、矿物成分和胶结物成分的影响（如含海绿石、绿泥石、孔雀石等的沉积岩多呈绿色），往往反映沉积环境（如在还原环境下，有机物质较多，铁为2价，因而沉积岩常为蓝色、绿色、黑色）及成岩后的变化（如煤和炭质泥岩经风化后，可以变为灰色以至白色）。

沉积岩的结构是由其组成成分的形态特征、性质、大小及所含数量而决定的，它与岩浆岩的结构差别在于，岩浆岩绝大多数是结晶结构，而沉积岩绝大多数是碎屑结构（由碎屑物质经胶结而成）。按照碎屑颗粒大小和形状又可分为砾状结构（颗粒直径大于2毫米）、砂状结构(2—0.01毫米)、泥质结构（小于0.01毫米）。此外，沉积岩还有生物结构（如介壳结构、珊瑚结构等）、结晶结构（如粒状结构、胶状结构、鲕状结构等）。

沉积岩构造常见的有层状构造、页片状构造、块状构造。

层理是沉积岩成层的性质。由于季节性气候的变化以及先后沉积下来的物质颗粒的大小、形状、颜色和成分不同而显示出来的成层构造，称层理。它是沉积岩最典型、最重要和最基本的特征。按层理的形态可分为水平层理、波状层理和斜层理（图 2-8）。根据层理的厚度又可将层理划分为：



水平层理



波状层理



斜层理

图2-8　层理的形态

块状或巨厚层状（厚度大于 2 米）、厚层状（2—0.5米）、中厚层状(0.5—0.1米）、薄层状（0.1—0.01米）、页片状或微层状（0.01—0.001米）。层与层之间有一个明显的界面，称为层面。上下两个层面之间的岩石称为岩层。在层面上有时会有波痕、泥裂、雨痕等特征。在沉积岩中又常有化石（经过石化作用的古代生物的遗骸、碎片或印模）和结核等包裹物。

根据沉积岩的成因、物质成分及结构等，可将沉积岩分为三类：碎屑岩、粘土岩、化学岩及生物化学岩（表2-5）。

**表2-5　　沉积岩分类简表**

| 类别 \ 分类依据 / 岩石名称 | | | 物质来源 | 结构 | 沉积作用 |
|---|---|---|---|---|---|
| 碎屑岩 | 火山碎屑岩 | 集块岩<br>火山角砾岩<br>凝灰岩 | 火山喷发的碎屑产物 | 火山碎屑结构 | 以机械沉积作用为主 |
| | 正常碎屑岩 | 砾岩（角砾岩）<br>砂岩<br>粉砂岩 | 母岩经机械破坏的碎屑产物 | 沉积碎屑结构 | |
| 粘土岩 | | 粘土岩<br>泥岩<br>页岩 | 母岩在化学分解过程中形成的新生矿物 | 泥质结构 | 机械沉积和胶体沉积作用 |
| 化学岩及生物化学岩 | | 铝质岩<br>铁质岩<br>锰质岩<br>硅质岩<br>碳酸盐岩<br>盐岩<br>可燃有机岩 | 母岩在化学分解过程中产生的新矿物和生物生命活动的产物 | 结晶结构和生物碎屑结构 | 化学、胶体化学及生物化学沉积作用 |

3．变质岩　由原来的岩石(岩浆岩、沉积岩、变质岩)在地壳中受到高温高压以及化学成分渗入的影响，在固体状态下，发生剧烈变化后形成的新的岩石。变质岩不仅具有自身独特的特点，还常常保留着原岩的某些特征。

组成变质岩的矿物，大致可以分为两部分。一部分是与岩浆岩和沉积岩共有的矿物，主要有石英、长石、云母、角

闪石、辉石、方解石和白云石等。另一部分是变质岩所特有的矿物，主要有石榴子石、红柱石、蓝晶石、阳起石、硅灰石、透辉石、透闪石、矽线石、十字石、蛇纹石、滑石等，这些特征矿物常是鉴别变质岩的标志。

变质岩几乎都具结晶结构（最重要的是变晶结构）。变质岩的构造有片理构造、块状构造和条带状构造等。片理构造是由于岩石中片状、板状、柱状矿物在定向压力的作用下重结晶，垂直压力方向成平行排列而形成的，是区别于岩浆岩、沉积岩的重要特征。片理构造按形态可分为片麻状构造（由深色矿物和浅色矿物构成的黑白相间的断续层带状构造）、片状构造（由片状、柱状、针状矿物平行排列而成）、千枚状构造（片理面上有许多细小的绢云母鳞片）、眼球状构造（在片麻状构造中，有颗粒粗大的石英、长石等矿物呈透镜状沿片理方向排列）、板状构造（泥质岩石受挤压后形成平整的板状）等。

根据变质岩的成因，可将变质岩分为三大类：区域变质岩、接触变质岩和动力变质岩（表2-6）。

**表2-6　　变质岩分类简表[1]**

| 类别 | 分类依据：岩石名称 | 主要矿物 | 构造 | | 变质作用 |
|---|---|---|---|---|---|
| 区域变质岩 | 板岩 | 肉眼不能辨识 | 片理 | 板状 | 区域变质 |
| | 千枚岩 | 绢云母 | | 千枚状 | |
| | 片岩 | 石英、云母(绿泥石)等 | | 片状 | |
| | 片麻岩 | 石英、长石、云母、角闪石等 | | 片麻状 | |
| | 大理岩 | 方解石、白云母 | 块状 | 粒状 | |
| | 石英岩 | 石英 | | 致密状 | |
| | 混合岩 | 石英、长石等 | 片理 | 条带状<br>片麻状 | 混合岩化作用 |

表2-6（续）

| 类别 | 分类依据：砂石名称 | 主要矿物 | 构造 | | 变质作用 |
|---|---|---|---|---|---|
| 接触变质岩 | 大理岩 | 方解石、白云石 | 块状 | 糖粒状 | 热力变质 |
| | 石英岩 | 石英 | | 致密状 | |
| | 角页岩 | 长石、石英、角闪石、红柱石 | | 斑状或致密状 | |
| | 砂卡岩 | 石榴子石、透辉石等 | | 不等粒状 | 接触交代 |
| 动力变质岩 | 构造角砾岩 | 原岩碎块 | 角砾状 | | 动力变质 |
| | 糜棱岩 | 原岩碎屑 | 眼球状 | | |

以上三大类岩石的主要特点参见表2-7。

表2-7　　三大类岩石区分简表[1]

| 特征＼岩类 | 岩浆岩 | 沉积岩 | 变质岩 |
|---|---|---|---|
| 矿物成分 | 均为原生矿物，其成分复杂，但较稳定，常见的有：石英、长石、角闪石、辉石、橄榄石和黑云母等 | 次生矿物占相当数量，矿物成分简单，但一般多不固定，常见的有：石英、正长石、白云母、方解石、白云石、高岭石、绿泥石和海绿石等 | 除具有原岩的矿物成分外，尚有典型的变质矿物，如石榴子石、透辉石、矽线石、蓝晶石、十字石、红柱石、阳起石、符山石等 |
| 结构 | 以粒状、斑状结构为其特征 | 以碎屑、泥质及生物碎屑结构为其特征 | 以变晶、残余、压碎结构为其特征 |
| 构造 | 具流纹、气孔及块状构造 | 多具层理构造 | 多具片理构造 |
| 产状 | 多以侵入体出现，少数喷出岩呈不规则形状产出 | 层状或大透镜状 | 随原岩的产状而定 |
| 分布 | 以花岗岩、玄武岩分布最广 | 粘土岩分布最广，次为砂岩，再次为石灰岩 | 以区域变质岩分布最广 |

## （三）矿床的基本概念

1．矿床、矿体和围岩

地壳内部或表面富集有有用矿物或组分、在质和量上达到工业要求并具备开采条件的部位叫做矿床。它是与科学的发展和经济、技术水平相联系的。现在认为不是矿床的，将来也可能成为矿床。矿床的空间范围包括矿体和围岩。矿体是矿床的基本组成单位，是达到工业要求的含矿部分，又是开采的直接对象，它具有一定的大小、形状和产状。一个矿需可以由一个或数个矿体组成。围岩是矿体周围无经济价值的未岩石。矿体和围岩的界线有时清楚，有时无明显界线，要通过取样、化验，用国家规定的工业指标来圈定。

2．矿体的形状和产状

矿体形状和产状的研究，对于找矿、勘探和开采都具有重要的意义。采矿时，必须准确掌握矿体的形状和产状才能制定出合理的开采方案。

矿体的形状据其在三度空间延伸比例的不同，可分为三种最基本的类型：

（1）等轴状矿体　在三个方向上均衡发展的矿体，有矿瘤（图2-9）、矿囊、矿巢。矿瘤和矿囊的的直径可达数

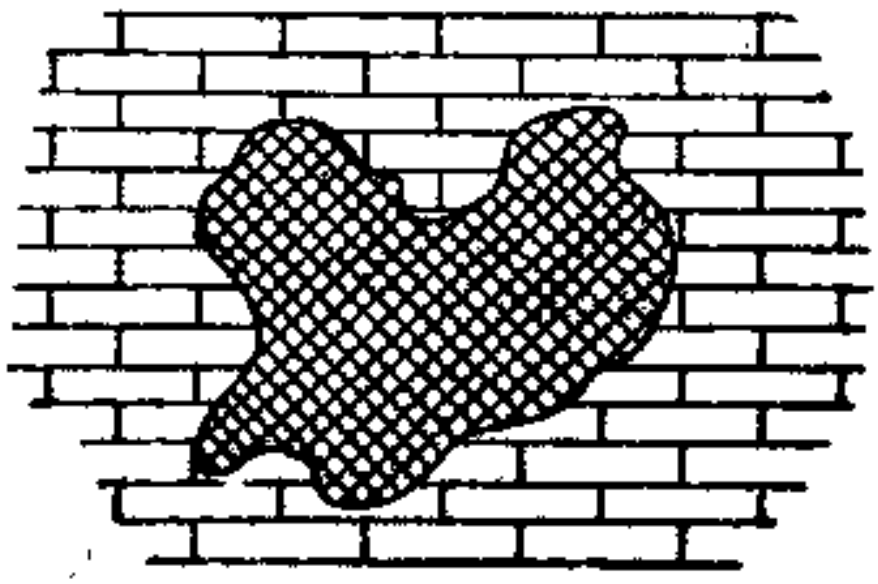


图2-9　矿瘤剖面图

十米，矿巢则只有几米。

(2) 板状矿体　向两个方向延伸而第三个方向很不发育的矿体。如矿层（图2-10），矿脉（图2-11）。矿脉常成

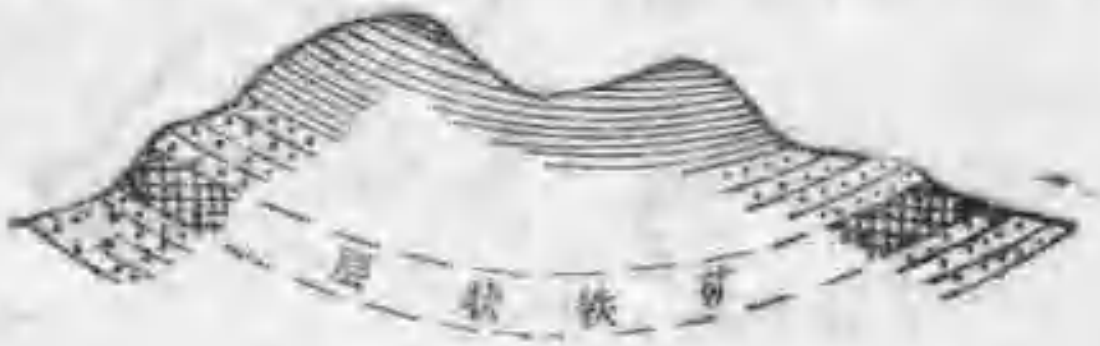



图2-10　矿层(或层状矿体)

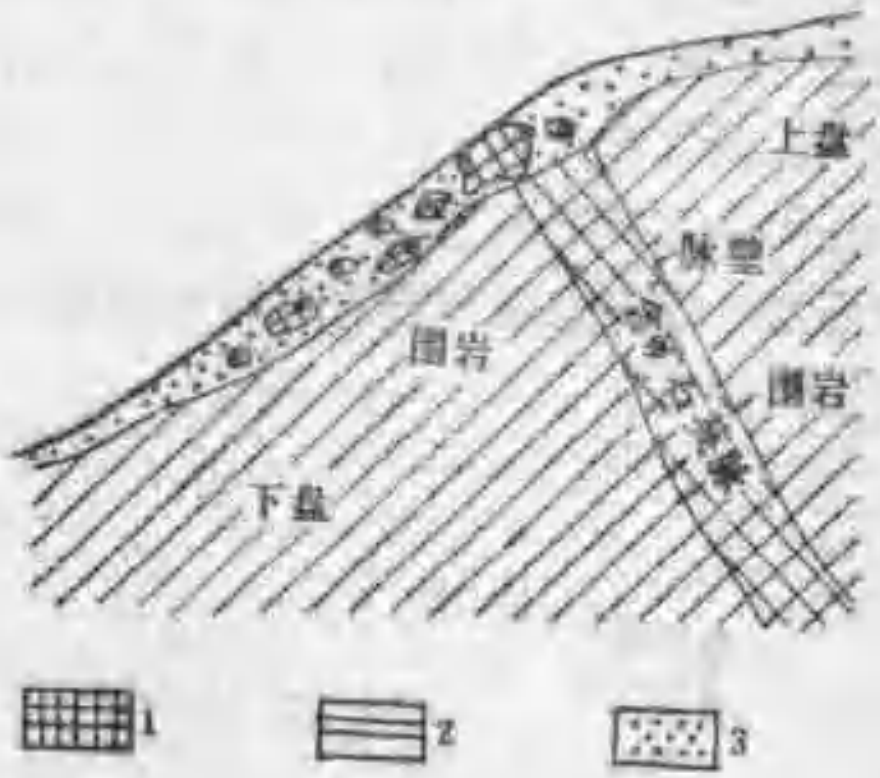



图2-11　板状矿体上下盘剖面示意图
1—金矿脉　2—页岩　3—浮土

群出现，构成各种类型的联合矿脉，如平行矿脉、雁行矿脉、层状矿脉、鞍状矿脉，有时构成复杂的脉组(图2-12)。

(3) 柱状矿体　向一个方向延伸而其余两个方向不发育的矿体，如矿柱、矿筒等。

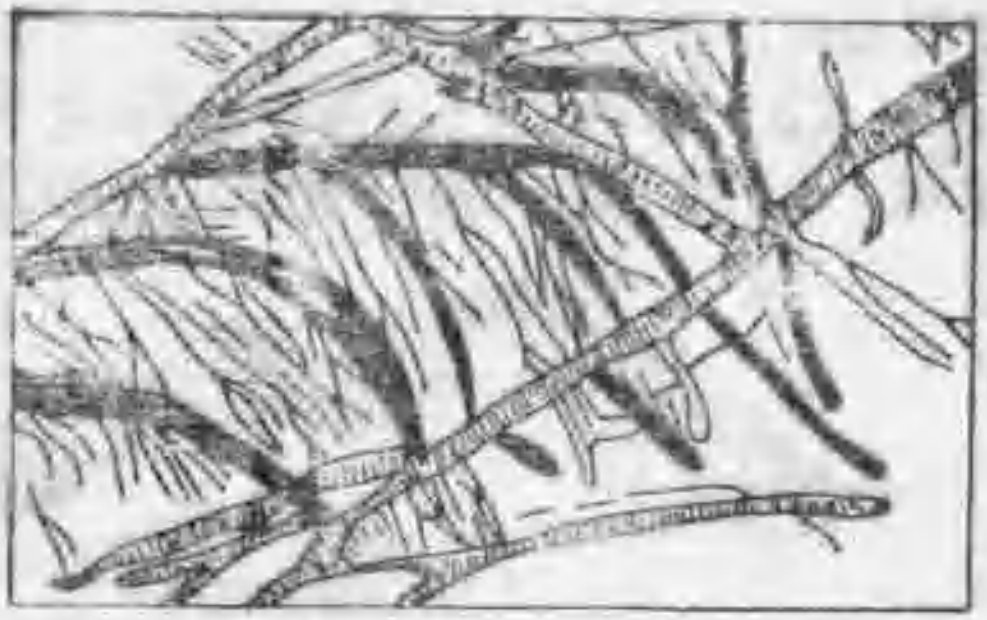


图2-12　马尾状矿脉[1]

矿体的产状包括矿体的产状要素（一般用矿体的走向、倾向、倾角来表示，如图2-13）、矿体与围岩的关系、矿体的埋藏情况、矿体与岩浆岩体的空间关系、矿体的构造位置等内容。在矿体的产状要素中，要注意测定侧伏角和倾伏角。侧伏角是矿体最大延伸方向（即矿体轴）与走向之间的

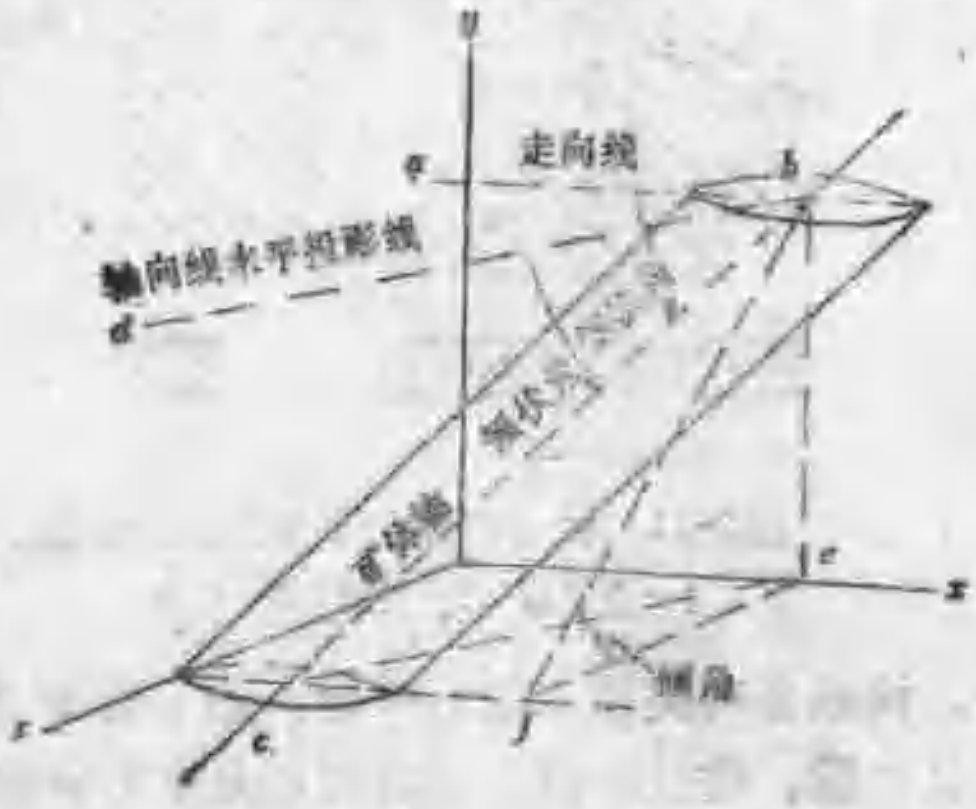



图2-13　矿体产状示意图[6]

倾角（$\angle bfe$）、侧伏角（$\angle abc$）、倾伏角（$\angle dbc$）

夹角。倾伏角是矿体最大延伸方向与其水平投影之间的夹角。

3．矿石

矿石是含有有用矿物（或组分）并组成矿体的矿物集合体。矿石中通常包括矿石矿物和脉石矿物两部分。矿石矿物指矿石中能提供有用元素（或组分）或本身可以被直接利用的矿物，如铜矿石中的黄铜矿、斑铜矿等，石棉矿石中的石棉。脉石矿物指矿石中没有用处的那些矿物，例如铜矿石中的石英等。矿石的结构和构造，在含义上和岩石相同。

矿石的品位是指矿石中有用元素、组分或矿物的含量。金属矿石品位是指其中的金属元素或氧化物的含量；非金属矿石品位是指其中非金属元素的化合物或可利用矿物的含量。矿石的质量，特别是金属矿石的质量在很大程度上决定于矿石品位的高低。矿石品位通常用有用元素、氧化物或矿物的质量百分比表示；贵金属（如金、银等）矿石品位一般以克/吨表示；原先金刚石品位以克拉/吨或毫克/吨表示；砂矿品位一般以克/立方米或公斤/立方米表示；金刚石砂矿以克拉或毫克/立方米表示。

矿石的品级主要根据矿石中有益及有害组分的含量确定。例如磁铁矿矿石，可分为平炉富矿石，含TFe>55%；高炉富矿石，TFe>50%；贫矿石，TFe>20—25%。对于某些非金属矿石主要根据矿石或矿物的工艺技术特性，把矿石划分为一级品矿石、二级品矿石等，如云母、石棉。

4．成矿作用

成矿作用是在地球的演化过程中，使分散在地壳内和上地幔中的化学元素、有用物质在一定的地质环境中，相对集中形成矿床的作用。它是地质作用的一部分，所以可以按作用

的性质和能量来源划分为内生成矿作用、外生成矿作用和变质成矿作用三大类。它们相应地形成内生矿床、外生矿床和变质矿床。

(1) 内生成矿作用　由内动力地质作用所引起的，能量来源主要是地球内部热能。具体地说，这种成矿作用直接或间接与岩浆活动有关，内生矿床主要是在岩浆活动过程中成矿物质得到局部富集而成，它包括在地壳内部高温高压下由岩浆侵入所形成的矿床，也包括在地壳表面由火山喷出所形成的矿床。它们的成矿物质主要是来源于岩浆。

(2) 外生成矿作用　主要指在太阳能的影响下，在岩石源上部、水质、气圈、生物圈的相互作用过程中，导致在地壳表层形成矿床的各种地质作用。总的可分为风化成矿作用及沉积成矿作用。外生矿床的成矿物质主要来源于暴露地表的矿物、岩石、矿床、生物有机体及火山喷发物等。

(3) 变质成矿作用　是指由于地球内力的影响，使固态的岩石或矿石基本上不经过熔融阶段而直接发生矿物成分和结构构造变化并形成矿床的各种作用。变质成矿作用是在特定地质和物理、化学条件下，在温度和压力状况大体介于岩浆活动和外生作用之间的成矿物质的迁移和富集过程。变质成矿作用的特点就是成矿物质在迁移和富集过程中基本保持固体状态。

5．矿床分类

正确的矿床分类，是人类对矿床认识的高度概括，尤其是矿床的成因分类对了解成矿作用的本质，指导生产实践都具有重要的意义。矿床的成因分类如表2-8：

表2-8　　矿床成因分类表

| 成矿作用 | 矿床成因分类 | | | 类型实例 |
|---|---|---|---|---|
| | 大类 | 亚类 | 类 | |
| 内生成矿作用 | 内生矿床 | 一、岩浆矿床 | 早期岩浆矿床 | 宁夏小松山铬铁矿<br>非洲布什维尔德铬矿床 |
| | | | 晚期岩浆矿床 | 大道尔吉铬矿床<br>攀枝花钒钛磁铁矿矿床 |
| | | | 熔离矿床 | 力马河铜－镍硫化物矿床<br>金川铜－镍矿床 |
| | | | 火山岩浆矿床 | 南非金刚石矿床<br>智利拉科铁矿床 |
| | | | 伟晶岩矿床 | 新疆某稀有金属伟晶岩矿床 |
| | | 二、气化－热液矿床 | 砂卡岩型矿床（接触交代矿床） | 邯郸铁矿床<br>铜官山铜矿床 |
| | | | 高温热液矿床 | 江西西华山钨矿床 |
| | | | 中温热液矿床 | 吉林孟恩套力盖银铅锌矿床 |
| | | | 低温热液矿床 | 湘西黔东汞矿床 |
| | | | 火山喷气矿床 | 云南腾冲自然硫矿床<br>台湾大屯龟山岛自然硫矿床 |
| | | | 火山热液矿床 | 安徽宁芜玢岩铁矿<br>浙江黄岩铅锌矿床 |
| | | | 火山沉积矿床 | 芦江盘石岭铁矿床 |

表2-8（续）

| 成矿作用 | 矿床成因分类 大类 | 亚类 | 类 | 类型实例 |
|---|---|---|---|---|
| 外生成矿作用 | 外生矿床 | 一、风化矿床 | 风化残坡积砂矿床 | 广西、云南残坡积砂锡矿床 |
| | | | 风化残留矿床 | 江西高岭石矿床<br>福建漳浦铝土矿床 |
| | | | 风化淋积矿床 | 美国伊利铜矿床 |
| | | 二、沉积矿床 | 机械沉积砂矿床 | 黑龙江漠河砂金矿床 |
| | | | 胶体化学沉积矿床 | 河南巩县铝土矿床<br>贵州遵义锰矿床<br>河北宣化—龙关铁矿床 |
| | | | 真溶液沉积矿床 | 山西沁水石膏矿床<br>四川洪县石盐矿床 |
| | | | 生物、生物化学沉积矿床 | 四川雷坡磷矿床<br>河南平顶山煤矿床<br>东北大庆石油矿床<br>广东茂名油页岩矿床 |
| 变质成矿作用 | 变质矿床 | 一、接触变质矿床 | 接触受变质矿床 | 山西某地受变质铁矿床 |
| | | | 接触变成矿床 | 河南某地红柱石矿床 |
| | | 二、区域变质矿床 | 区域受变质矿床 | 江苏海州受变质磷矿床<br>辽宁张岭受变质铁矿床 |
| | | | 区域变成矿床 | 山东南墅石墨矿床 |
| | | 三、混合岩化矿床 | 混合岩化变成矿床 | 辽宁某地硼铁稀土矿床 |

应当指出，对多数矿产来说，其成因类型是多种多样的，但在工业上起到重要作用并作为找矿的主要对象的，只是其中的某些类型。以铁为例，它的矿床成因类型多达十几种，但就世界范围讲，工业价值较大的只不过有沉积变质型

（占储量60%）、海相沉积型（占30%）和热液型、岩浆型等四、五种。一般把这些作为某种矿产的主要来源，在工业上有重要作用的矿床类型，称为矿床工业类型。表2-9为某些金属矿床部分工业类型实例，并相应列出矿床成因类型和主要特征。

**表2-9　　某些金属矿床部分工业类型实例简表**[1]

| 金属 | 工业类型 | 储量规模 | 品位 | 矿石主要特征 | | 矿床主要特征 | 成因类型 | 实例 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 金属矿物 | 矿石构造 | | | |
| 黑色金属 铁 | 鞍山式铁矿 | 大型—极大 | 贫到富 | 磁铁矿 赤铁矿 | 条带状（贫），致密块状（富） | 矿体呈层状、似层状、透镜状，围岩为片岩、片麻岩，富矿体上下盘有混合岩 | 变质（贫）、混合岩化热液（富） | 辽宁鞍山、马长岭，河北滦东等地铁矿 |
| | 宣龙式铁矿 | 大型—极大 | 中到富 | 赤铁矿、菱铁矿 | 鲕状、豆状、肾状 | 矿体呈层状，产于下震旦系砂页岩、石英岩或石英砂岩中 | 海相沉积矿床 | 河北宣化—龙关一带铁矿 |
| | 大冶式铁矿 | 多为中小型 个别大型 | 贫到中 | 磁铁矿、赤铁矿 | 致密块状、浸染状 | 矿体呈脉状、巢状、似层状，产于中碱性岩浆岩侵入体与碳酸盐岩接触带中 | 矽卡岩型矿床 | 湖北大冶，山东金岭镇，河北邯郸等地铁矿 |
| | 大庙式铁矿（钒钛磁铁矿） | 小—大型 | 中到富 | 磁铁矿、钒钛磁铁矿 | 致密块状、浸染状 | 矿体呈矿条状、脉状、不规则状，多产于基性岩（斜长岩、辉长岩）中 | 晚期岩浆矿床 | 河北大庙、四川攀枝花等地铁矿 |

表2-9（续1）

| 金属 | | 工业类型 | 储量规模 | 品位 | 矿石主要特征 | | 矿床主要特征 | 成因类型 | 实例 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 金属矿物 | 矿石构造 | | | |
| 黑色金属 | 锰 | 海相沉积型锰矿 | 中—大型 | 贫到富 | 软锰矿、硬锰矿、菱锰矿 | 块状、结核状、条带状 | 矿体多呈透镜状，组成“矿饼群”；产于震旦系中统上部层位中 | 海相沉积矿床 | 辽宁瓦房子锰矿 |
| 有色金属 | 钨 | 黑钨矿—石英脉型 | 小—大型 | 中到富 | 黑钨矿、辉钼矿 | 块状、角砾状、浸染状 | 矿体呈脉状，形成矿脉群；产于花岗岩内沿一定方向发育的裂隙带内 | 高温热液矿床 | 江西大余等地区的钨矿脉 |
| | | 白钨矿—矽卡岩型 | 小—大型 | 富 | 白钨矿、辉钼矿 | 浸染状、条带状 | 矿体呈层状、似层状、不规则状，产于花岗岩侵入体与碳酸盐岩的接触带中 | 矽卡岩型矿床 | 湖南瑶岗仙等地白钨矿 |
| | 钼 | 矽卡岩型 | 小型到中型，个别大型 | 贫 | 辉钼矿、少量铅锌矿 | 浸染状、条带状 | 矿体呈层状、似层状、脉状、不规则状，产于花岗岩侵入体与碳酸盐岩接触带中 | 矽卡岩矿床 | 辽宁杨家杖子钼矿 |
| | 锡 | 矽卡岩型 | 大型 | 贫到富 | 锡石、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿 | 浸染状 | 矿体多呈似层状、透镜状、脉状，也有呈筒状、柱状者，产于花岗岩与大理岩的接触带中以及大理岩裂隙中 | 矽卡岩型高中温热液矿床 | 云南个旧锡矿 |

表2-9（续2）

| 金属 | 工业类型 | 储量规模 | 品位 | 矿石主要特征 | | 矿床主要特征 | 成因类型 | 实例 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 金属矿物 | 矿石构造 | | | |
| 有色金属 铜 | 砂卡岩型 | 中—大型 | 贫 | 黄铜矿、磁铁矿、磁黄铁矿 | 浸染状、块状 | 矿体呈似层状、透镜状、脉状、不规则状，产于中酸性侵入体与碳酸盐岩接触带 | 砂卡岩型矿床 | 安徽铜官山铜矿 |
| | 斑岩铜矿型 | 中—大型，可以超大 | 贫 | 黄铜矿、辉钼矿、黄铁矿 | 细脉状、浸染状 | 矿体形态较复杂，一般呈倾斜不规则的"空心筒"状，产于花岗闪长斑岩与千枚岩的接触带中 | 火山喷发晚期气化—热液矿床 | 江西德兴斑岩铜矿 |
| | 铜镍矿型 | 中—大型 | 贫到富 | 黄铜矿、磁黄铁矿、镍黄铁矿 | 致密块状、浸染状、斑杂状 | 矿体多呈似层状、透镜状，产于超基性、基性岩中 | 熔离矿床 | 四川力马河铜镍矿 |
| | 含铜黄铁矿型 | 中—大型 | 中 | 黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿 | 块状、浸染状 | 矿体呈扁豆状、似层状，产于下古生代细碧—角斑岩系列的火山沉积岩中 | 火山喷发沉积和火山热液改造型矿床 | 甘肃白银厂铜矿 |

表2-9（续3）

| 金属 | 工业类型 | 储量规模 | 品位 | 矿石主要特征 | | 矿床主要特征 | 成因类型 | 实例 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 金属矿物 | 矿石构造 | | | |
| 有色金属 铅锌 | 热液型铅锌矿 | 中、小型有时有大型 | 贫到富 | 方铅矿 闪锌矿 黄铜矿 | 角砾状、条带状块状 | 矿体常呈脉状、扁豆状矿脉群，产于花岗岩与板溪系变质岩破碎接触带中 | 中温热液裂隙充填矿床 | 湖南柿林铅锌矿 |
| 有色金属 锑 | 热液型锑矿 | 中—大型 | 中到富 | 辉锑矿 | 角砾状、浸染状、晶簇状、块状 | 矿体多呈脉状、囊状、扁豆状，产于硅化灰岩背斜轴部裂隙带中 | 低温热液裂隙充填矿床 | 湖南锡矿山锑矿 |

### （四）地质年代及地层系统

对全世界的岩层进行对比研究，综合考虑岩层层序、生物演化、地壳运动、岩浆作用和古地理特征等，把地壳的地质历史划分为两大阶段，第一阶段命名为隐生宙，只有真核细胞和藻类生物。隐生宙内又分为太古代和元古代，第二阶段命名为显生宙，是以生物开始大量出现，尤其是具硬壳的动物出现为标志，显生宙内又分为古生代、中生代和新生代。它与生物界的“门”“纲”或“目”的发育时期相对应。“代”的时期内再分为“纪”（反映生物发展的阶段性变化）。“纪”下分“世”（反映生物在科与属范围内变化）。最小的地质时代单位是“期”，反映生物属或种的变化。

在各地质时代单位内都有相应的沉积岩层形成，这种在一定地质年代内形成的层状岩石，称为地层。与地质年代单位对应的地层单位分别为宇、界、系、统、阶（表2-10）。

**表2-10**

| 地质年代划分单位 | 地层划分单位 |
|---|---|
| 宙 | 宇 |
| 代 | 界 |
| 紀 | 系 |
| 世 | 统 |
| 期 | 阶 |

为了使地壳地质历史演化过程的时间概念更为明确，汇编了综合的地质年代表（表2-11），以反映地质历史发展规律。

**表2-11　　地质年代表**

| 相对年代 | | | | 绝对年龄(亿年) | | 开始繁殖的生物 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 宙(宇) | 代 | 紀 | 世 | 距今年龄 | 时间间隔 | 植物 | 动物 |
| 显生宙 | 新生代 Kz | 第四紀 Q | 全新世 | | | 被子植物 ← | 古人类 ← |
| | | | 更新世 | 0.03 | 0.03 | | |
| | | 第三紀 R 新第三紀 N | 上新世 | | | | 哺乳动物 |
| | | | 中新世 | | 0.22 | | |
| | | | | 0.25 | | | |
| | | 第三紀 R 老第三紀 E | 渐新世 | | | | |
| | | | 始新世 | | 0.55 | | |
| | | | 古新世 | | | | |
| | | | | 0.70 | | | |
| | 中生代 Mz | 白垩紀 K | 晚 白垩世 早 | | 0.67 | | |
| | | | | 1.37 | | | |
| | | 侏罗紀 J | 晚 侏罗世 中 早 | | 0.58 | | |
| | | | | 1.95 | | | |

**表2-11（续）**

| 相对年代 | | | | | 绝对年龄(亿年) | | 开始繁殖的生物 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 宙(宇) | 代 | | 纪 | 世 | 距今年龄 | 时间间隔 | 植物 | 动物 |
| 显生宙 | 中生代 Mz | | 三叠纪 T | 晚 中 早 三叠世 | | 0.35 | 裸子植物 | 爬行动物 |
| | | | | | 2.30 | | ← | ← |
| | 古生代 Pz | 上古生代 | 二叠纪 P | 晚 早 二叠世 | | 0.45 | | |
| | | | | | 2.85 | | | |
| | | | 石炭纪 C | 晚 中 早 石炭世 | | 0.65 | | 两栖动物 |
| | | | | | 3.50 | | | ← |
| | | | 泥盆纪 D | 晚 中 早 泥盆世 | | 0.50 | | 鱼类 |
| | | | | | 4.00 | | | ← |
| | | 下古生代 | 志留纪S | 晚 中 早 志留世 | | 0.40 | 孢子植物 | |
| | | | | | 4.40 | | | |
| | | | 奥陶纪 Ə | 晚 中 早 奥陶世 | | 0.60 | ← | |
| | | | | | 5.00 | | | |
| | | | 寒武纪 ∈ | 晚 中 早 寒武世 | | 1.00 | | 无脊椎动物 |
| | | | | | 6.00 | | | ← |
| 隐生宙 | 元古代 Pt | | 震旦纪 Z | | 5.00± | 19.0 | 菌藻类 | |
| | | | | | 25.00± | | ……? …… …… | |
| | 太古代 Ar | | | | | 20.0 | | |
| | | | | | 45.00 | | | |
| 地球初期发展阶段 | | | | | | | | |

（据叶俊林等，地质学基础，1982）

### （五）控矿因素

控矿因素是控制矿床形成和分布的地质因素。它包括构造因素、岩浆活动因素、地层因素、岩相及古地理因素、变质因素、岩性因素、风化因素、地貌因素、地球化学因素等等。一个矿床的形成往往是各种因素综合作用的结果。对内生矿床来说，主要控矿因素是构造因素、岩浆活动因素、岩性因素；沉积矿床侧重于地层因素、岩相古地理因素；风化矿床和砂矿床侧重于风化因素和地貌因素；变质矿床则着重于变质因素。

下面简述若干因素：

1. 构造因素　主要涉及局部构造特征对成矿的控制。控制成矿的构造因素，按其规模大小，可以划分为大、中、小三级。大型的构造因素是大地构造；中型的是褶皱和断层构造；小型的是节理（裂隙）及劈理构造。中小型构造常直接控制矿床或矿体的形成、分布和产状。

（1）褶皱构造　层状岩石经过变形后，形成弯弯曲曲的形态，但是岩石的连续完整性没有受到破坏，这种构造叫做褶皱构造（图2-14）。




图2-14　甘肃当金山西侧的褶皱
（据《野外地质素描》）

褶曲是褶皱中的一个弯曲，即褶皱的基本单位，一系列褶曲则组成褶皱。褶曲有两种基本形态：背斜（图2-15）和向斜（图2-16）。背斜是两翼岩层倾向相背，剖面上的形态

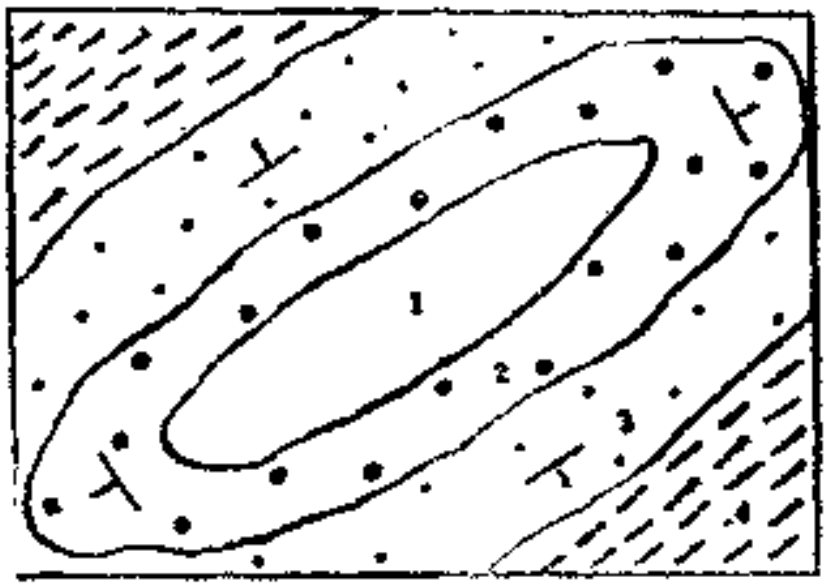



图2-15　短轴背斜

1、2、3、4为从老到新各地层

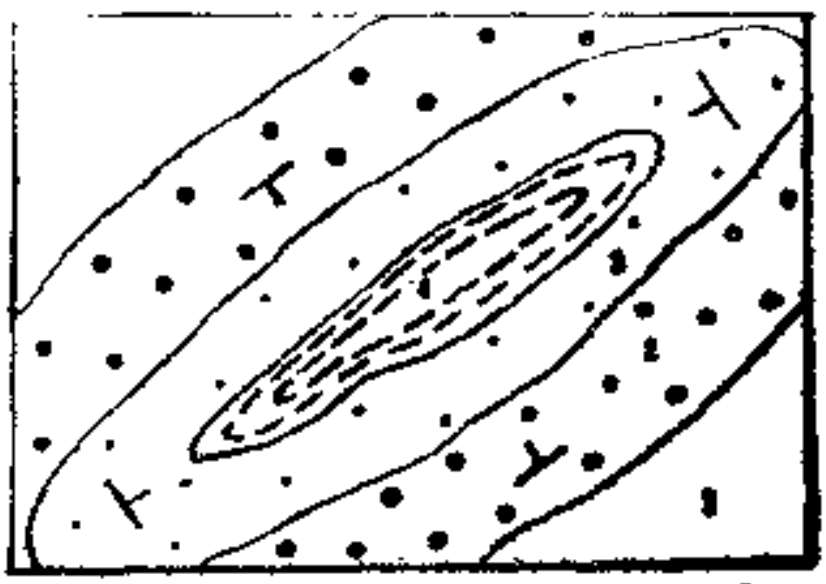



图2-16　短轴向斜

1、2、3、4为从老到新各地层

是岩层向上弯曲的褶曲，其核部为相对较老的岩层，两翼则为相对较新的岩层；向斜是两翼岩层倾向相向，剖面形态是岩层向下弯曲，其核部是相对较新的岩层，两翼则为相对较老的岩层。褶曲形态有时复杂，要以核部与两翼岩层的相对

新老关系进行判断。

为了表示和描述褶曲的空间形态，习惯上把褶曲的各个组成部分称为褶曲要素，它们是核部、翼部、轴面、轴、枢纽。核部是褶曲的中心部分，有时也称轴部。翼部是核部两侧的岩层，即一个褶曲两边的岩层；翼部的形态可以是多种多样的，有开张的（图2-17）、平行的（图2-18）、扇形的（图2-19）、箱形的（图2-20）。轴面是平分褶曲为两部分

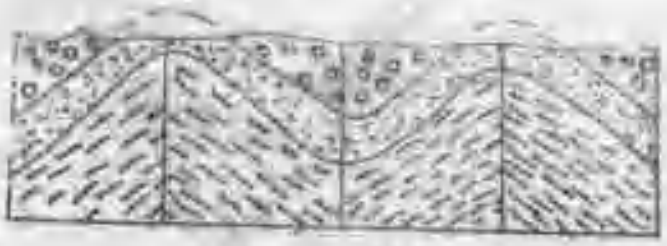


图2-17 两翼开张的褶曲

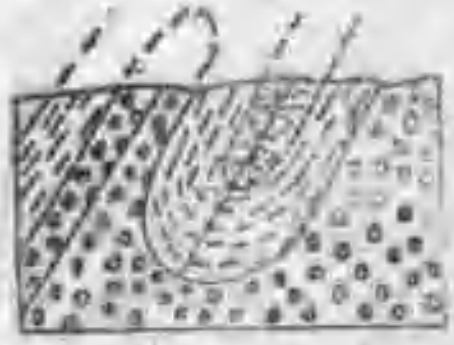



图2-18 两翼平行的褶曲



图2-19 两翼成扇形的褶曲

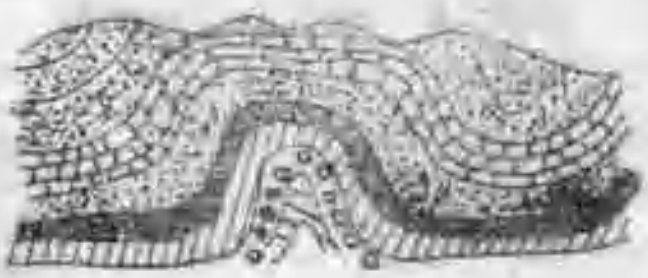


图2-20 两翼成箱形的褶曲

的一个假想面（图2-21），轴面的产状可以是直立的（图

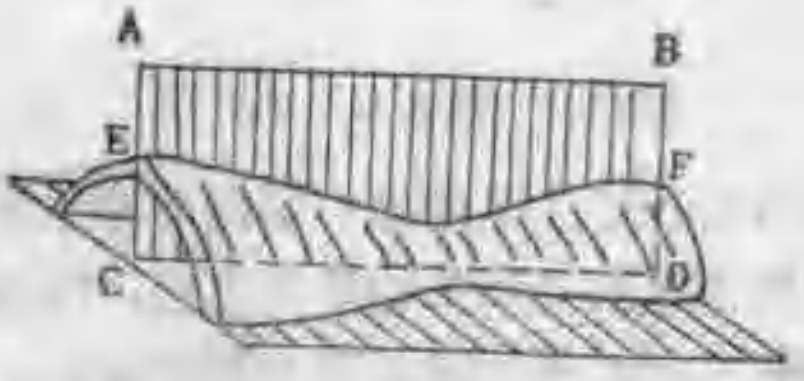



图2-21 褶曲的轴面(ABCD)、轴(CD)、枢纽(EF)

2-22）、也可以是倾斜的（图2-23）、水平的（图2-24）。轴是轴面与水平面的交线（图2-21，CD），因此，轴总是一条水平线，它表示褶曲在水平面上的延伸方向。枢纽是轴面与岩层面的交线（图2-21，EF），它可以是一条直线，也可以是一条曲线。

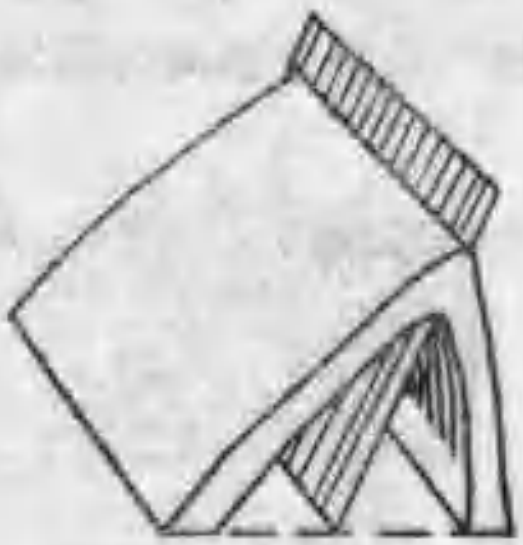


图2-22　轴面直立的褶曲

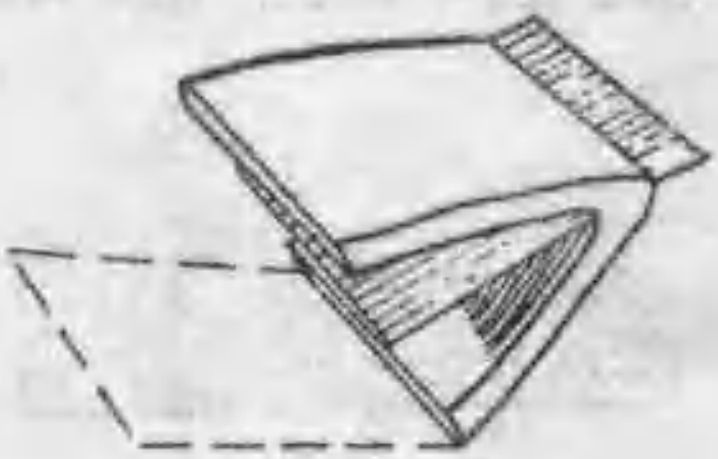


图2-23　轴面倾斜的褶曲

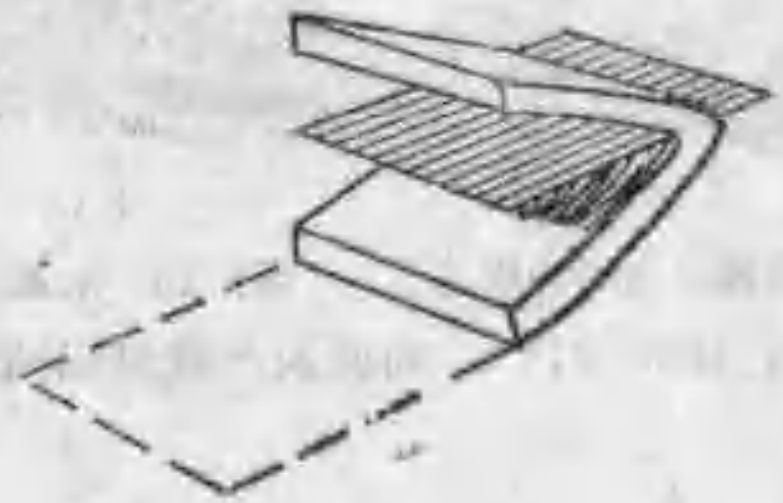


图2-24　轴面水平的褶曲

褶皱构造对内、外生矿床都有明显的控制作用。成矿前和成矿过程中的褶皱及其有关的伴生构造，可以成为内外生矿床有利的成矿空间。如背斜轴部（图2-25）。成矿后的褶

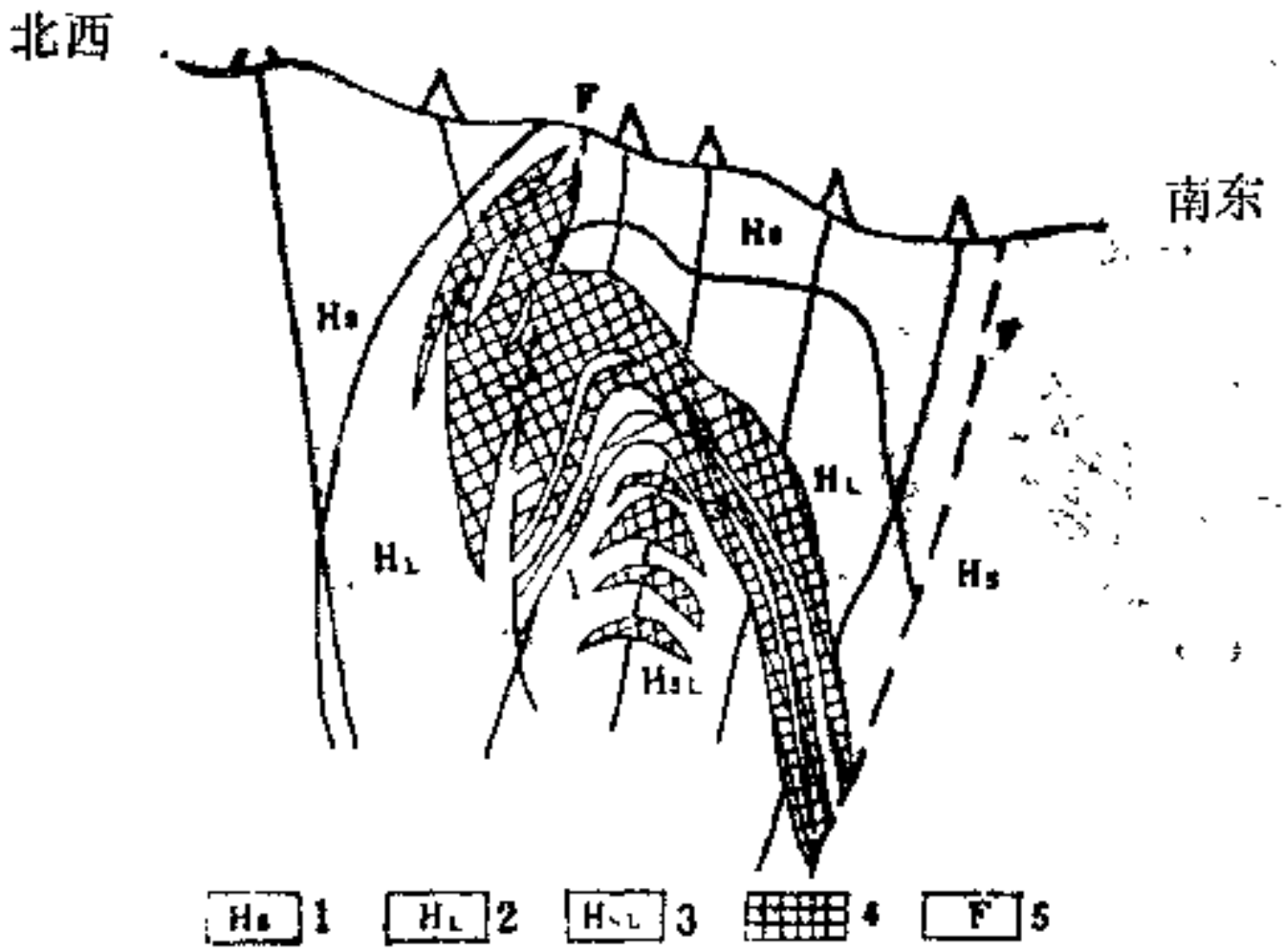



图2-25　某铁矿床鞍状矿体剖面图[5]

1—炭质板岩　　2—泥质白云岩　　3—紫红色砂岩与板岩互层

4—铁矿体　　5—断层

皱对各种内外生矿床往往起改造、保存或破坏作用，特别对一些层状矿体在褶皱之后，矿层不同部位的产状、厚度均可产生变化。不少热液矿床和沉积变质矿床与背斜构造关系密切，如云南个旧锡矿、锡矿山锑矿、茶田汞矿、花垣鱼塘溪铅锌矿、安徽老鸦岭铜矿等。世界上大型风化壳富铁矿均产于向斜构造的轴部，海南岛石碌铁矿和冀东铁矿等均与向斜构造有关。

（2）断裂构造　岩石受力后发生变形，当应力达到岩石的强度极限时，岩石会产生破裂面，这时岩石就发生了断裂变形。岩石在断裂变形阶段产生的构造统称为断裂构造。凡断裂两侧的岩石沿断裂面没有发生显著位移的断裂，称为

节理（图2-26）；如两侧岩石沿断裂面发生了显著位移的断

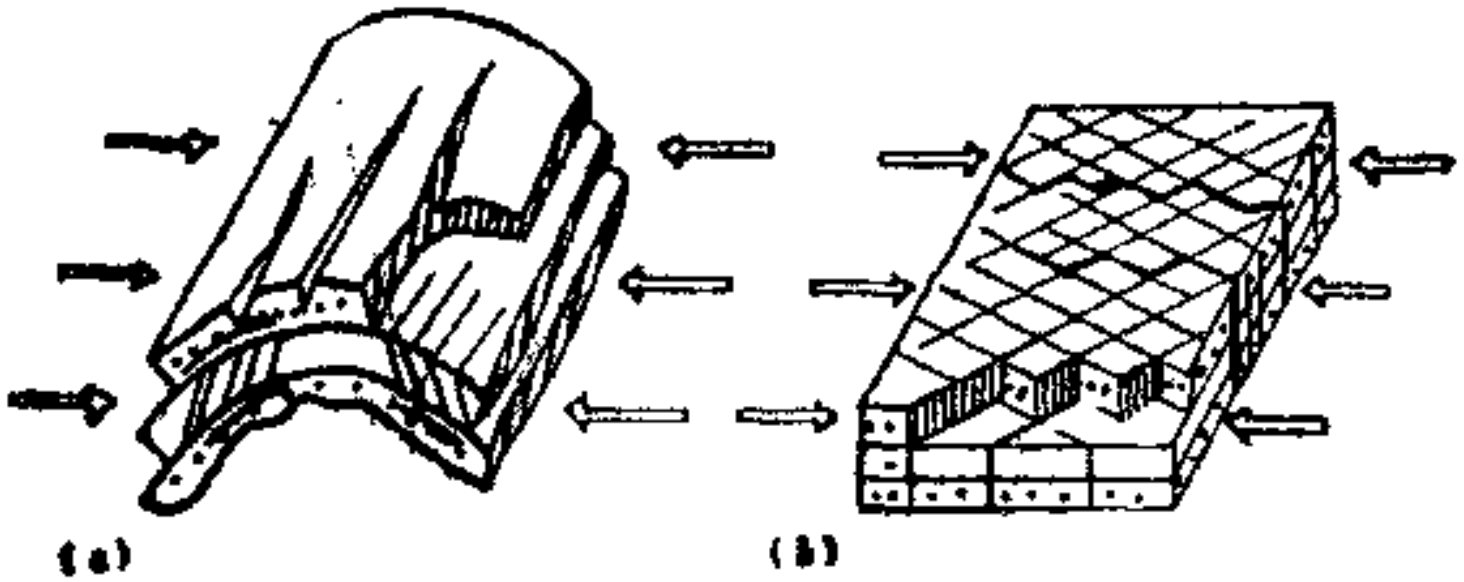
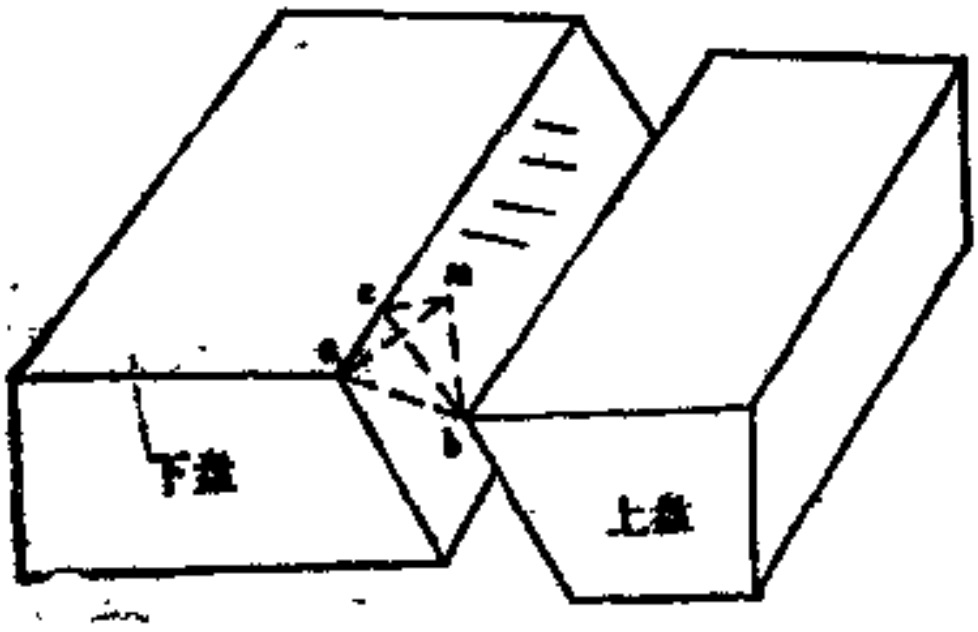



图2-26　挤压力作用下形成的两种张节理

*a*—纵张节理　　*b*—追踪张节理

裂，则称为断层。断层要素有断层面、断层线（断层面与地面的交线）、断盘（上盘、下盘）、断距（图2-27）。断层




ab　总断距，
am　水平断距，
ac　走向断距，
cb　倾向断距，
bm　垂直断距

图2-27　断层的各种断距

类型可分为正断层（沿断层面倾斜方向，上盘相对下降，下盘相对上升的断层图2-28）、逆断层（沿断层面倾斜方向，上盘相对上升，下盘相对下降的断层，图2-29）、平移断层（断层两盘沿断层走向线方向发生相对位移的断层，图2-30）。



图2-28 正断层

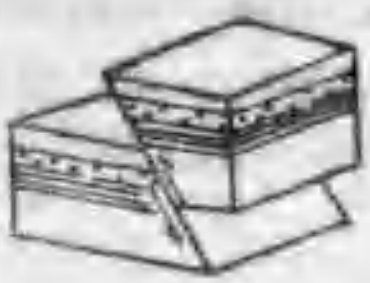


图2-29 逆断层

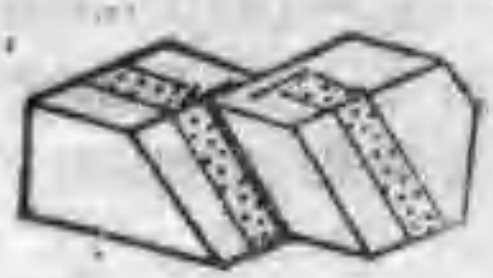


图2-30 平移断层

断裂构造是地壳的常见的构造类型，与成矿关系极为密切。例如，断裂产状变化处有利于矿化富集。变化之处有：在平面上断层走向发生变化扭曲转弯处（图2-31），在剖面上正断层由缓变陡处或逆断层由陡变缓处；不同方向断裂交叉处(图2-32)；主干断裂与次级断裂交汇处（图2-33）；断裂构造与有利岩层交汇处等。




图2-31 某金矿床富矿段产出位置平面图(5)

富矿段位于矿脉向南弯曲处的西侧，虚线为矿化范围

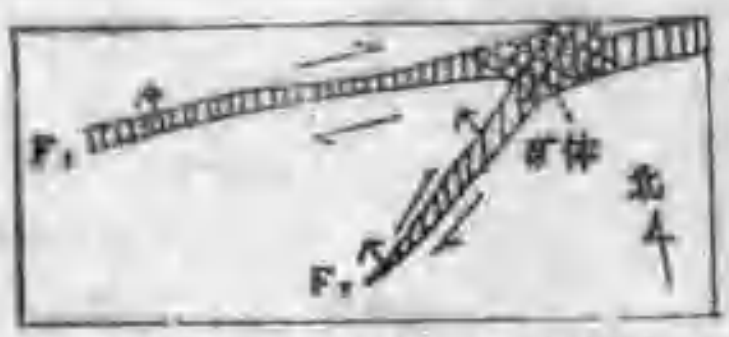



图2-32 某金矿田两组断层交切形成矿体(5)

$F_1$、$F_2$—控矿断层

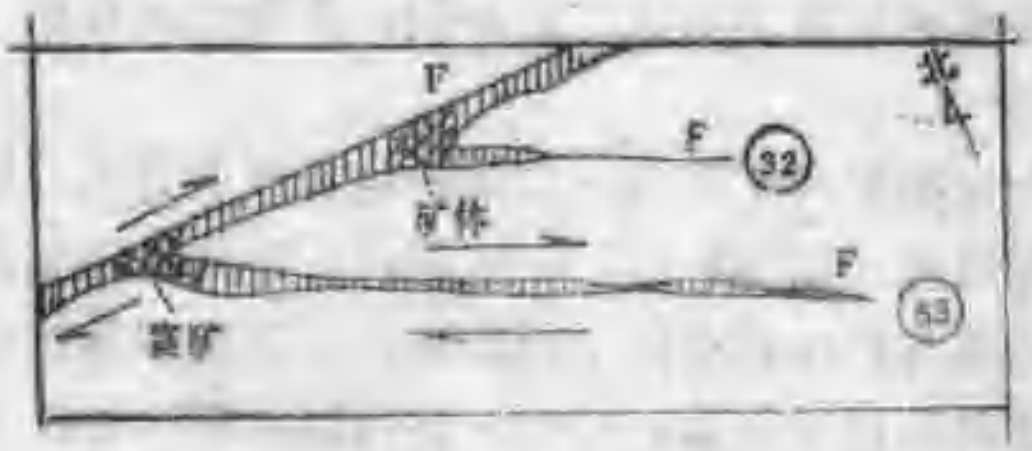



图2-33 断裂分枝处控制矿体的形成(5)

广西某矿区含金石英脉

F—北东东断层；(32)(63)—东西向断层

在一个地区往往存在不同时期的断裂构造，而矿化只与其中某一期或几期的断裂构造有关，至于成矿后的断裂对矿体主要是改造和破坏（图2-34）。

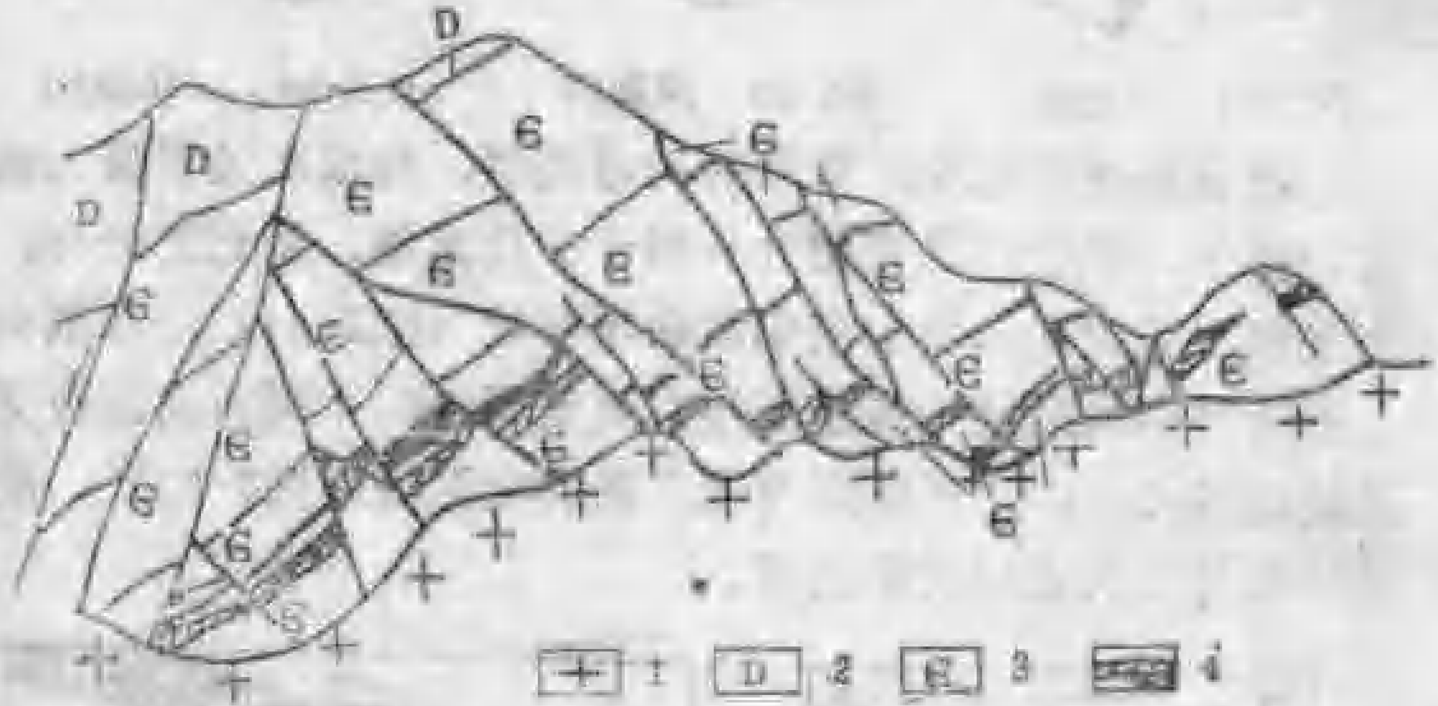



图2-34 成矿后的阶梯断层

（广西某地铜锡矿区）

1—花岗岩　2—泥盆纪地层　3—寒武纪地层

4—层状铜、锡矿体

2. 岩浆活动因素　岩浆活动是地壳运动的主要形式之一。许多内生矿床的形成和分布都不同程度地受岩浆活动所支配。各类岩浆活动对成矿的控制，主要表现在以下几个方面：

①一定类型的矿化与一定成份的岩浆岩有关，即所谓岩浆成矿专属性（如图2-35）。这在找矿中具有重要意义；

②岩体与矿化在空间上的联系，不同类型的矿化产于不同岩浆活动的特定部位。产于岩体内部的矿床有：与基性超基性岩有关的 Cr、Pt、Cu、Ni、Ti、Fe、V 等岩浆矿床；

动及其有关的Cr、Ni、Cu、Pb、Zn矿化，主要在我国西北部和北部地区；中生代以后的中酸性岩浆活动主要分布在东部，尤其是东南沿海，形成大量的有色、稀有金属矿床；新生代仅见Cu、Sn、U等矿化，分布在西南和东南沿海地区。

3. 地层因素　沉积矿床在时间上往往形成于一定的时代，因而在找矿中可以把注意力集中在某些特定时代的地层中。如外生铁矿主要层位是前寒武纪；锰矿以前寒武纪和第三纪最重要；铝土矿主要成矿期是石炭二叠纪；我国煤矿主要集中在石炭二叠纪、三叠—侏罗纪和第三纪等。

4. 地貌因素　以冲积砂矿为例，其形成与河流的发育阶段有关，河流发育初期以侵蚀作用为主，中期以后才逐渐以沉积作用为主，有利于冲积砂矿的形成，故冲积砂矿多形成于河流的中游和中上游地区，特别是河床由窄变宽、支流汇合、河流转弯内侧、河流穿过古砂矿、河底凹凸不平、河床坡度由陡变缓等地带（图2-36）。

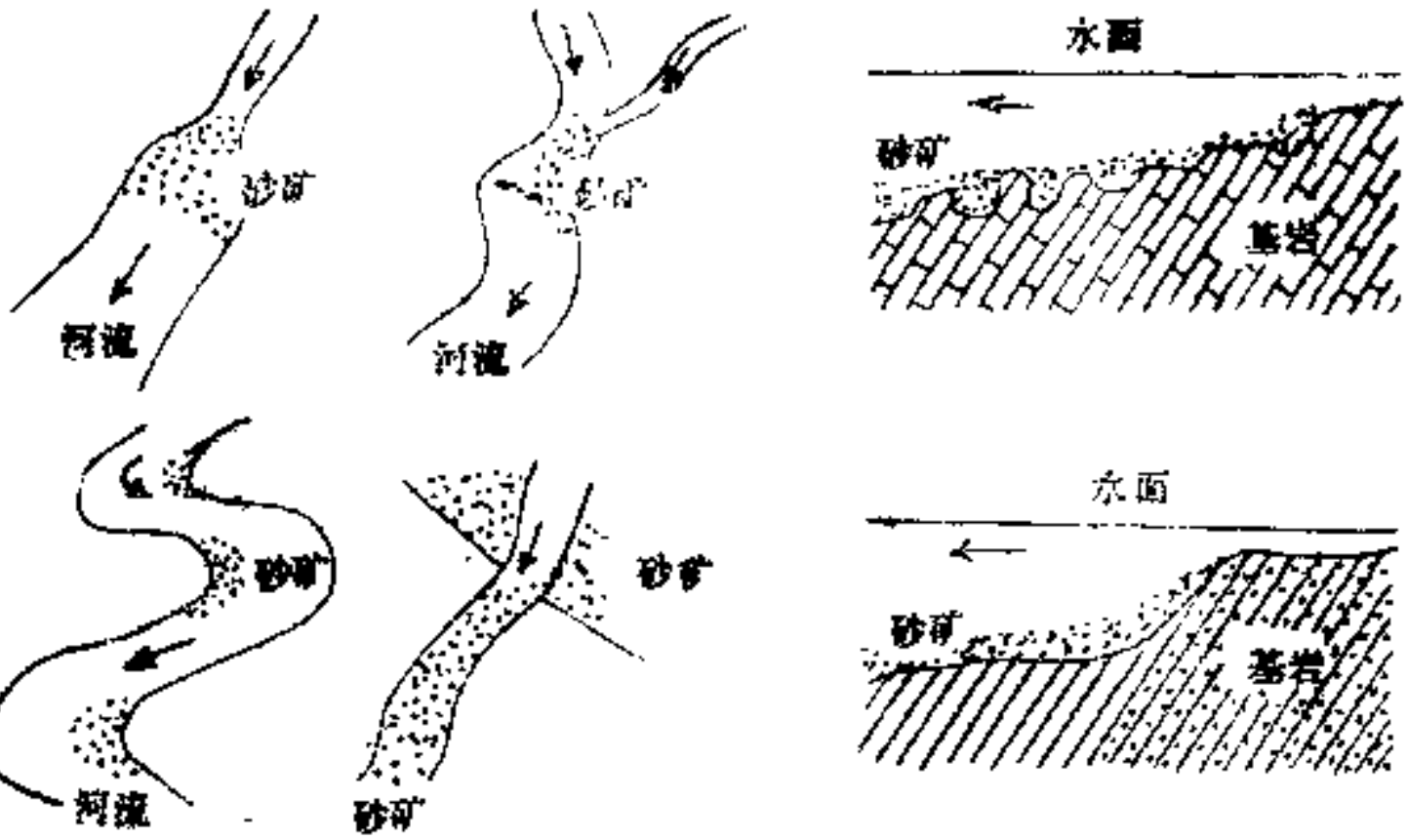



图2-36　冲积砂矿几种富集情况
（左边四个是平面图，右边两个是剖面图）[1]

### （六）找矿标志

找矿标志是指那些直接和间接指示矿产存在或可能存在的现象和线索。一般可分为直接找矿标志和间接找矿标志，前者如矿体露头、铁帽、矿砾、有用矿物重砂、旧矿遗迹；后者如蚀变围岩、特殊颜色的岩石、特殊地形、特殊植物、地名、地球化学分散晕、地球物理异常及某些历史资料等。注意发现和研究找矿标志，可以帮助我们找到矿床赋存位置，发现矿床、矿体，为合理选择和运用找矿方法提供地质依据。现代矿产普查工作中应用的各种找矿方法，实质上就是通过找矿标志的研究达到找矿的目的。试以若干找矿标志说明如下：

1．矿体的原生露头和氧化露头　矿体的露头可以直接指示矿产存在的位置，是地表找矿的最重要的找矿标志。

原生露头是指出露在地表，但未经或经微弱的风化作用的矿体露头，其矿石的物质成分和结构构造基本保持原来状态。一般来说，物理化学性质稳定，矿石和脉石较坚硬的矿体在地表易保存其原生露头。例如鞍山式含铁石英岩，其矿石矿物和脉石矿物基本上全是氧化物，不会再氧化，故地表露头基本上反映深部矿体的特征。

但是，多数矿体的露头，在地表均遭受不同程度的氧化，使矿体的矿物成分、矿石结构构造均发生不同程度的破坏和变化，这种露头称之为矿体的氧化露头。例如原生硫化矿物经受氧化，各种元素可以形成具有鲜艳色彩的氧化物或含氧盐类（表2-12），在野外容易辨认，并可据此判断原生矿物。正如一个采铜矿的老矿工所说，“黄铜矿金黄黄，蓝蓝绿绿在一堂”。

表2-12 某些矿床氧化露头常见次生矿物及其颜色特征

| 矿种 | 原生矿物 | 次生矿物 | 次生矿物颜色特征 |
|---|---|---|---|
| 铜 | 黄铜矿、斑铜矿、辉铜矿等 | 孔雀石 | 翠绿色 |
| | | 硅孔雀石 | 绿色 |
| | | 蓝铜矿 | 蓝色 |
| | | 赤铜矿 | 红色至铅灰色 |
| | | 黑铜矿 | 黑色 |
| 锌 | 闪锌矿 | 菱锌矿 | 灰色或浅灰褐色 |
| | | | 白色、浅蓝色或无色(不含铁的) |
| | | 异极矿 | 黄褐色或无色 |
| | | 水锌矿 | 绿色(有氧化锰混入) |
| 铅 | 方铅矿 | 白铅矿 | 白色及浅灰、浅褐色 |
| | | 硫酸铅矿 | 浅黄色、褐色 |
| | | 磷氯铅矿 | 深浅不一的绿色、黄色及褐色 |
| 砷 | 雄黄矿、硫黄铁矿、红砷镍矿 | 砷华 | 苹果绿色 |
| 砷 | 毒砂 | 臭葱石 | 蔥绿色、白色 |
| 锑 | 辉锑矿 | 锑华 | 浅黄色 |
| 铋 | 辉铋矿 | 铋华 | 淡黄色 |
| 钨 | 钨锰铁矿、钨酸钙矿 | 钨华 | 姜黄色 |
| 铁 | 黄铁矿、磁黄铁矿 | 褐铁矿 | 黄褐色至砖红色 |
| 锰 | 菱锰矿 | 软锰矿<br>水锰矿、<br>硬锰矿、 | 黑色 |

(据长春地质学院找矿教研室编，1979，找矿方法)

金属硫化物矿体的氧化露头进一步遭受风化作用，多数金属元素在酸性介质条件下转化为活动组分而被淋滤流失，残留下的为不溶性的氧化物——褐铁矿和针铁矿，这种硫化

物矿床风化带上出现的表生铁质帽状覆盖物，被称之为“铁帽”（图2-37）。铁帽实际上是一种特殊类型的氧化矿体露头，是寻找金属硫化物矿床的重要标志。国内外许多有色金属矿床就是根据铁帽发现的。如果铁帽规模巨大，还可作铁矿开采利用。

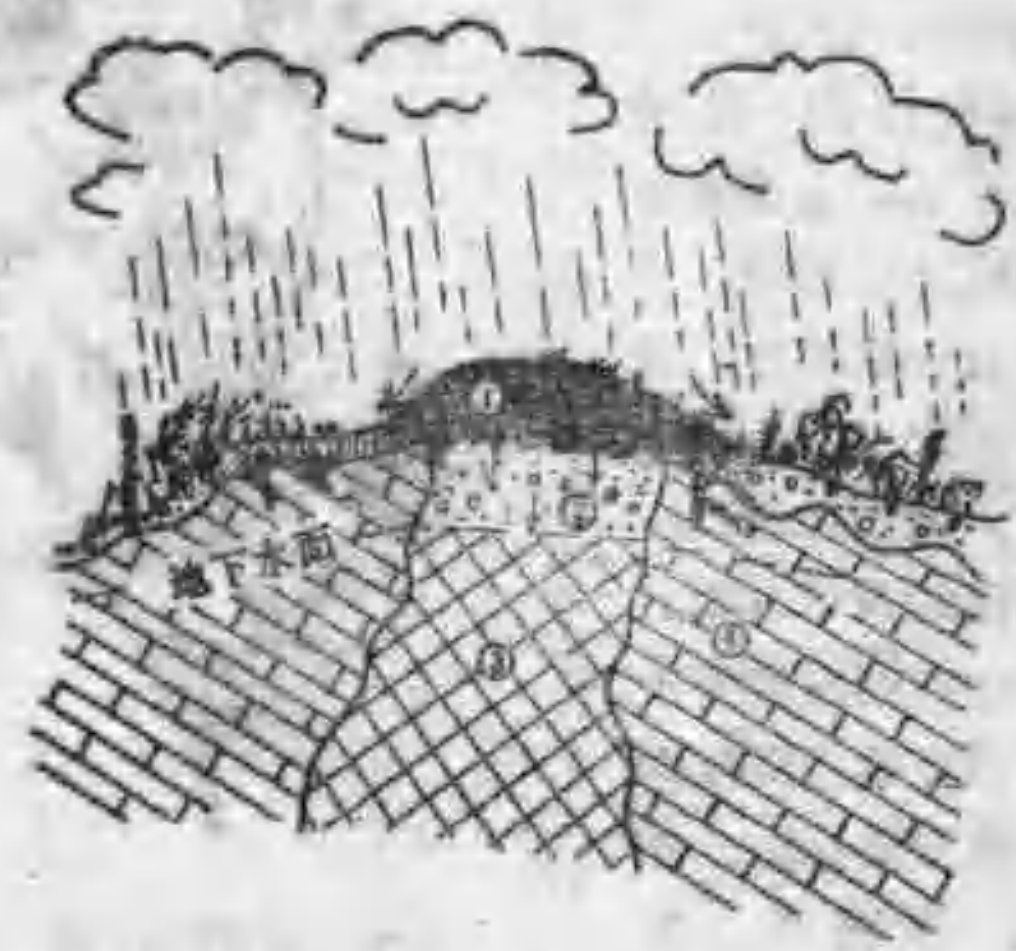



图2-37　铁帽形成示意图[3]

①—残留在原地及附近的褐铁矿铁帽　②—氧化矿物富集地带

③—原生矿体　④—石灰岩

2．地形标志　由于围岩与矿体的矿物组成和物理化学性质的差别，抗风化能力不同，在矿体和围岩间可以出现局部性的地形特殊变化。抗风化能力强的矿体，如含钨石英脉、含金石英脉、伟晶岩脉等，常呈正向微地形；抗风化能力弱的矿体，如煤层、铅锌等硫化物矿体等，常是负向微地形。湖北省兴山县民间找煤的经验——“岩壁陡，山缺口，土色灰

灰有煤走”，就很形象生动地运用了地形和颜色标志，该处二叠系、三叠系灰岩多成陡壁，而煤系地层（乐平煤系和马鞍山煤系）容易风化形成叉口，“土色灰灰”则指风化的炭质页岩。

3．生物标志　植物的生长受土壤和土壤水中微量元素成分的影响，如果土壤下有金属矿体，则可利用与矿有关的植物标志来找矿。例如我国长江中下游地区的铜草（图2-38），它在含铜较多的土壤中生长很茂盛，所以它是找铜矿的重要标志。在有些地区，车前草（图2-39）是找锌矿的指示植物，问荆草（图2-40）是寻找金矿



图2-38　铜草（海州香薷）[3]



图2-39　车前草



图2-40　问荆草
1—春季生出的枝　2—夏季生出的枝



图2-41　紫云英

的指示植物；紫云英（图2-41）是找铀的指示植物。含Th0.1%的白杨树，可高于一般树的几倍，其高度可达百余米。含锰高，可使石松属和紫苑属的颜色加深，使扁桃花冠颜色由白色变为粉红色。此外，在硫化物矿体露头附近，植物枯萎；盐和石膏矿床上植物矮小；磷矿层附近植物生长特别茂盛等等，也是找矿的标志。

4，人工标志　包括旧采炼遗迹，特殊地名等。例如老矿坑、旧矿硐、炼硫、废石堆等，它们是矿产分布的可靠指示。我国古代采矿事业发达，旧采炼遗迹遍及各地。古代开采放弃的矿山，或者是由于采富弃贫或当时技术落后不能继续开采，或者是由于对矿产共生组合缺乏识别能力，用成矿规律和现代技术经济条件重新评价，有时会发现非常有工业价值的矿床。

### （七）成矿规律

矿产的形成受各种地质条件的控制，由于各种地质作用是有规律地发展的，所以矿产在地壳中的分布也是有规律的。这些规律综合反映为成矿的时间分布规律、成矿的空间分布规律和矿产的共生规律等三个方面。为了提高找矿效果，必须研究成矿规律。

1，成矿的时间分布规律　即“成矿时代”问题。矿产在成矿时代分布上是不均匀的。例如80%左右的钨矿形成于中生代；50%左右的锡矿形成于中生代末期；世界上主要的

成油期为新生代等等。部分矿产在地史上的分布见表2-13。

表2-13 主要矿产在各地质时代中所占的储量百分比(%)

| 成矿时代 \ 主要金属 | Au | Fe | Ni | Ti | U | Hg | Mo | Mn | Cu | Pb-Zn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 前震旦纪 | 70 | 75 | 70 | 80 | 60 | — | ? | 25 | 25 | 10 |
| 加里东-海西 | 5 | 5 | 10 | 20 | 15 | ? | 5 | — | 10 | 30 |
| 基米里 | 15 | 15 | 20 | — | 15 | | 5 | 5 | 5 | 30 |
| 阿尔卑斯 | 10 | 5 | — | — | 10 | 95 | 90 | 70 | 60 | 30 |

(据И.Г.马加克扬，1974补充制表)

一般将我国的成矿时代划分为五期：

（1）前震旦纪成矿期，主要分布有北方诸省的变质铁矿（鞍山式）、绿岩带金矿、变质磷矿、滑石、菱镁矿、石墨矿（山东莱阳）、刚玉矿（太行山）等。

（2）加里东成矿期，在我国东部以外生矿床为主，如宣龙式铁矿、瓦房子锰矿、湘潭式锰矿、昆阳式和襄阳式磷矿等；在西部以内生矿床为主，如白银厂式铜矿、镜铁山式铁矿等。

（3）海西成矿期，在东部仍以外生矿床为主，如山西式铁矿、巩县式铝土矿、宁乡式铁矿、遵义式锰矿、石炭二叠纪煤田等；西部的内生矿床有阿尔泰、天山地区伟晶岩矿床、南祁连山有色金属矿床、四川力马河铜镍矿床等。

（4）燕山成矿期，是我国东部最主要的内生矿床成矿期，形成一大批重要的钨、锡、钼、铋、铍、铜、铅、锌、汞、锑、铌、钽、稀土、萤石、明矾石等矿床。

（5）喜山成矿期，主要有西藏铬铁矿、台湾的金、铜

矿床，还有第三纪的煤田、油田和各地的砂金、砂锡和硼砂、盐类矿床等。

2. 成矿的空间分布规律　主要是矿产在地壳中有不均匀分布和集中分布的规律性，或者说，成群成带的规律性。

（1）成群规律，即国内外许多已知矿产分别集中在相对不大的地区内，组成不同级别的成矿单元。例如我国鞍本地区是铁矿集中区，在100×40平方公里范围内有大小710个矿床，总储量50亿吨以上；又如南岭地区是钨、锡、稀有、稀土的集中区，湘西黔东是汞锑的集中区，东秦岭是钼、金集中区等。

（2）成带规律，表现为全球成矿带（如环太平洋成矿带）、区域矿产分带、矿区分带、矿体分带等，内生矿床和外内矿床都存在着分带现象，一般以矿种或矿床类型作分带的标志，在空间上可以是水平分带，也可以是垂直分带。例如广西大厂，从岩体向外依次出现锡钨带、铅锌带、汞锑带。又如湖南水口山铅锌矿床，上部矿体以方铅矿为主，中部为闪锌矿，下部则为黄铁矿。

（3）等距规律，在各种规模的分带中，有时可大略显示出在矿带、矿田、矿床或矿体之间的距离有等距的特点、这种现象大都由构造裂隙的分布规律决定的。例如赣南漂塘、西华山等钨矿床呈带状分布，斜列展布五个已知矿床（图2-42），其间距大约为5—6公里，唯独大龙山与蕉坪之间出现空档，距离约为其它矿床间距的2倍，再联系露头上云母、石英线密集和深部隐伏花岗岩穹窿等有利成矿条件，于是施工钻孔，找到了木梓园隐伏大脉型钨钼矿床。

3. 矿产共生规律　由于矿床在时间和空间分布上有不

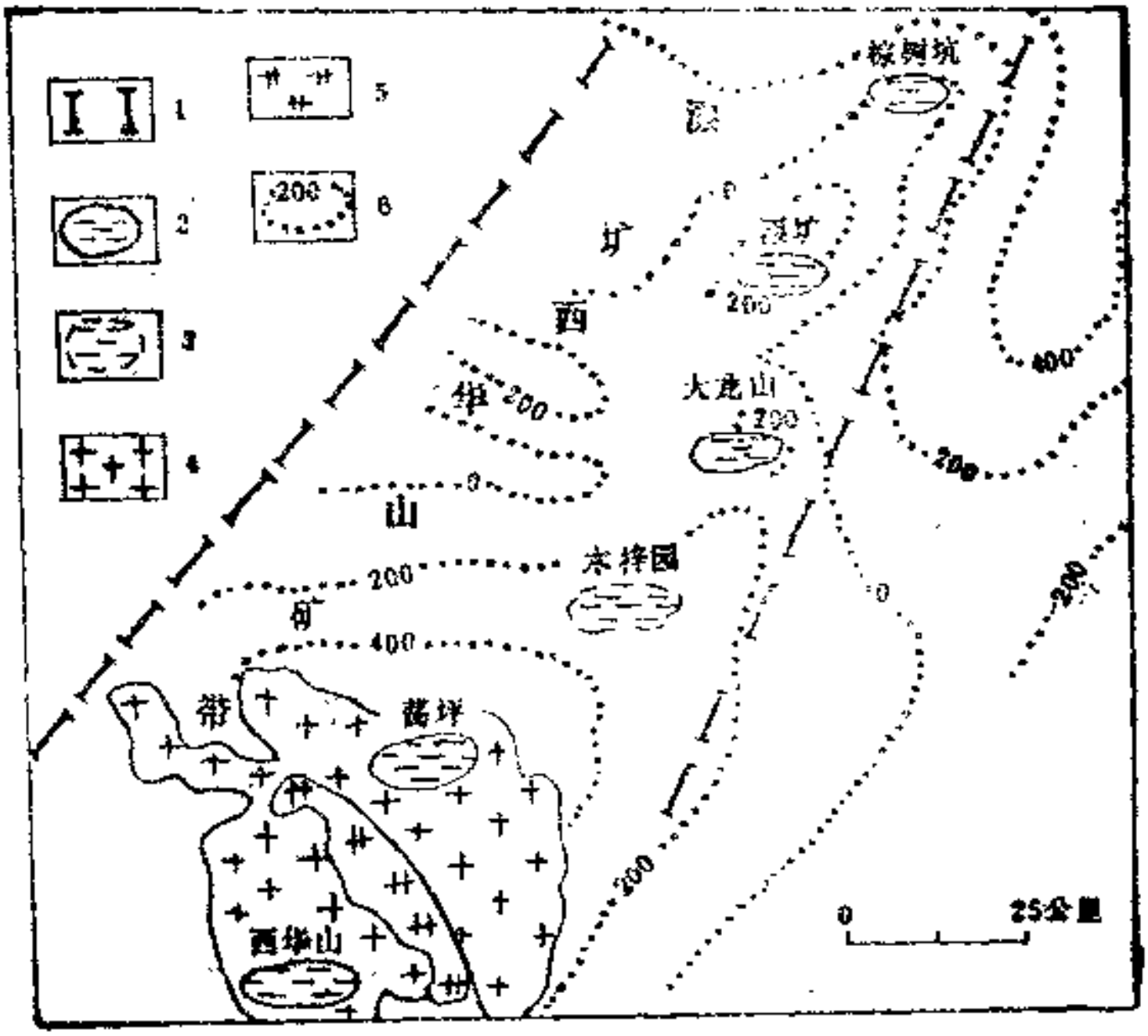



图2-12　漂塘—西华山钨矿带示意图

（据江西908队）

1—矿带范围　2—已知矿床位置　3—推测矿床位置

4—燕山早期花岗岩　5—燕山早期花岗斑岩　6—隐伏花岗岩顶板等高线

均匀性和集中性的特点，加上某些元素、矿物又具有地球化学的相似性，因此，在某一区域内常见不同矿种或不同类型的矿产共生现象。例如钾盐和石油共生、铅锌矿与萤石共生、铅锌矿与菱铁矿共生、铜与金共生等等。揭示矿床共生规律，循一索二，对开展综合找矿、综合评价和矿产的综合利用均有很大的意义。

# 三、探矿和采矿

## （一）怎样阅读地形地质图

地形地质图是反映一个地区地形及地质情况的综合图，它是在地形图上，用不同的颜色（或花纹）及规定符号，把地表各种地质体按比例尺缩小，垂直投影到水平面上的一种图件。它不仅表明地质体在地表的分布，而且可以反映地下一定深度的地质情况和该地区地壳发展的历史，且可能指明赋存矿产的部位。一张全面、详细的地形地质图比地质工作中所取得的感性认识更深刻、更正确、更完全地反映着自然。因此，它是采矿工作者了解自然、指导生产的重要资料。在地方办矿中应当搜集地形地质图作为基本资料，熟练地阅读它，还可以为必要时测绘大比例尺矿山地形地质图打下基础。

### 1．地形图简介

在平面图上，除表示地物的平面位置外，还同时反映地势起伏形状的图称为地形图。地形图是野外工作的向导，是地质图的底图。地形图是由各种表现地形和地物的线条及符号构成的，是按照一定的比例尺、图式绘制的水平投影图。阅读地形图时，要对比例尺、等高线和地形图图式建立清楚的概念。

（1）比例尺　图上线段长度和相应地面线段的水平投影长度之比称为比例尺。比例尺通常以分数（$1/M$）来表示，分子为1，分母$M$即实地长度缩小的倍数，如1/1000（或1：1000）表示将地物长度缩小1000倍。常用的有1：2000，

1∶5000，1∶10000等。比例尺的分母越大，即分数越小，表示所画的图缩得越小。地形图的比例尺愈大，则精度愈高。此外，也有用线段表示比例尺的，在线段旁注明所代表的实物长度。

（2）地形等高线　等高线就是地面上标高相同的邻点所连成的闭合曲线。将不同标高的这种连线，用标高投影法投射到水平面上，就得到用等高线表示的地形图（图 3-1），

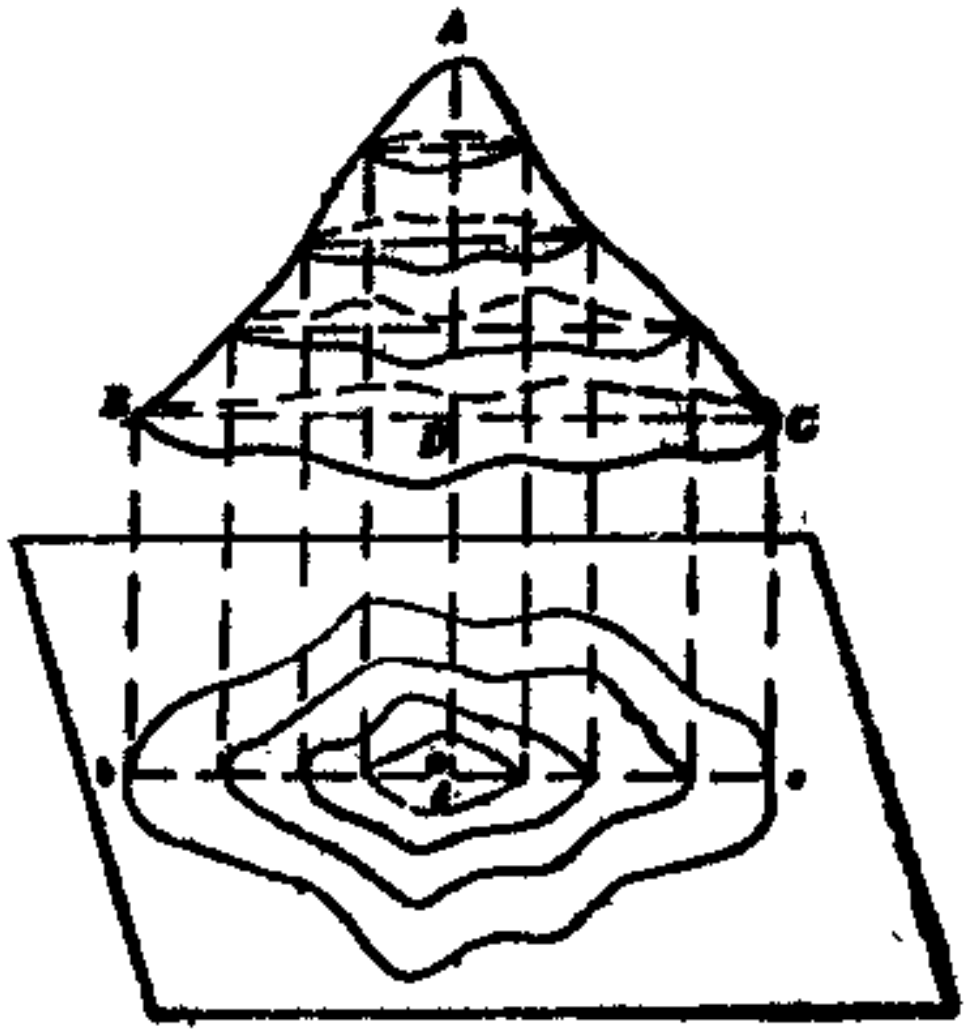



图 3-1　用等高线表示地形的方法

又叫等高线图。在同一等高线上的各点标高是一样的。这好比某一个山头整个被水淹没了，这时水面的高程为 100 米，若后来水面退落 5 米，山的一部分显露出来，则水面和山头表面的交线是地面上95米的等高线。如果水面继续降下去，就可获得一系列等高线，各条等高线水平绕山转，绕过山嘴

时，等高线向外凸，绕过山谷时，等高线向里凹。把这些曲线投影到一个水平面上，就形成一圈圈曲线。当按照一定比例尺缩小在图纸上，就得到等高线图。

①等高线图的等高距　为了使等高线图清晰易读，等高线应按一定间隔来画，例如某地区等高线间隔以5米为单位，图上就出现高程为100米、95米、90米……的等高线，两相邻等高线高程的差数称为等高距。同一张图上等高距是相同的。

等高距的大小是根据地形特征和图的比例尺确定的。如山地的等高距就应比平地大一些，图的比例尺愈大，等高距就应小一些。我国金属矿山常用的各种比例尺地形图的等高距是：

| 比例尺 | 等高距 |
|---|---|
| 1∶500 | 0.5米 |
| 1∶1000 | 1米 |
| 1∶2000 | 2米 |
| 1∶5000 | 5米 |

②平距　两条相邻等高线间的水平距离称为平距。坡度陡的地方，相邻等高线离得近些，即平距小一些，坡度缓处平距大一些，可以从平距大小来判断山势起伏陡缓的变化。

③各种地形在地形图上的表现　地球表面的形状、起伏变化虽很复杂，但主要是由山顶、山脊、鞍部、盆地、山谷等基本地形所组成。面此，了解基本地形及其在地形图上的表现是分析地形图的基础。图3-2综合表示了几种基本地形及其等高线图。

（3）常用地形图例　地面上各式各样的地形和地物（如房屋、道路、河流、矿井等），都可用简单、明显的符




图 3-2　几种综合地形及其等高线图(1)

号表示在地形图上，这种用来表示地形、地物等的符号即称为地形图图式，如图 3-3。

2. 地形地质图　以一定比例尺的地形图为底图，将工作范围内地面出露的各类地层和岩石的分界线和断层线等，按比例尺的要求用规定的符号标绘到地形图上，就成为地形地质图。地层和岩石的分界线是按其形成时代或岩性特征划定的。

矿区（床）地形地质图是矿区（床）范围内地质特征、勘探程度、研究成果的集中体现（图 3-4）。阅读矿区地形




图3-3　常用地形图图式

地质图犹如在低空俯视地面，对矿区地形及地质全貌了如指掌。它是矿山开发的科学依据，也是绘制矿区各种地质剖面图的基础图件。采矿工作者必须学会熟练阅读、使用地形地质图，在生产中也经常参考这种图件指导施工。

地形地质图的线条多、符号杂，阅读时要由浅入深，循序渐进。现将读图步骤简述如下：

（1）先看图名、比例尺，再看图例（常用地质图例参见图 3-5），对地质图幅的范围和内容建立初步概念；

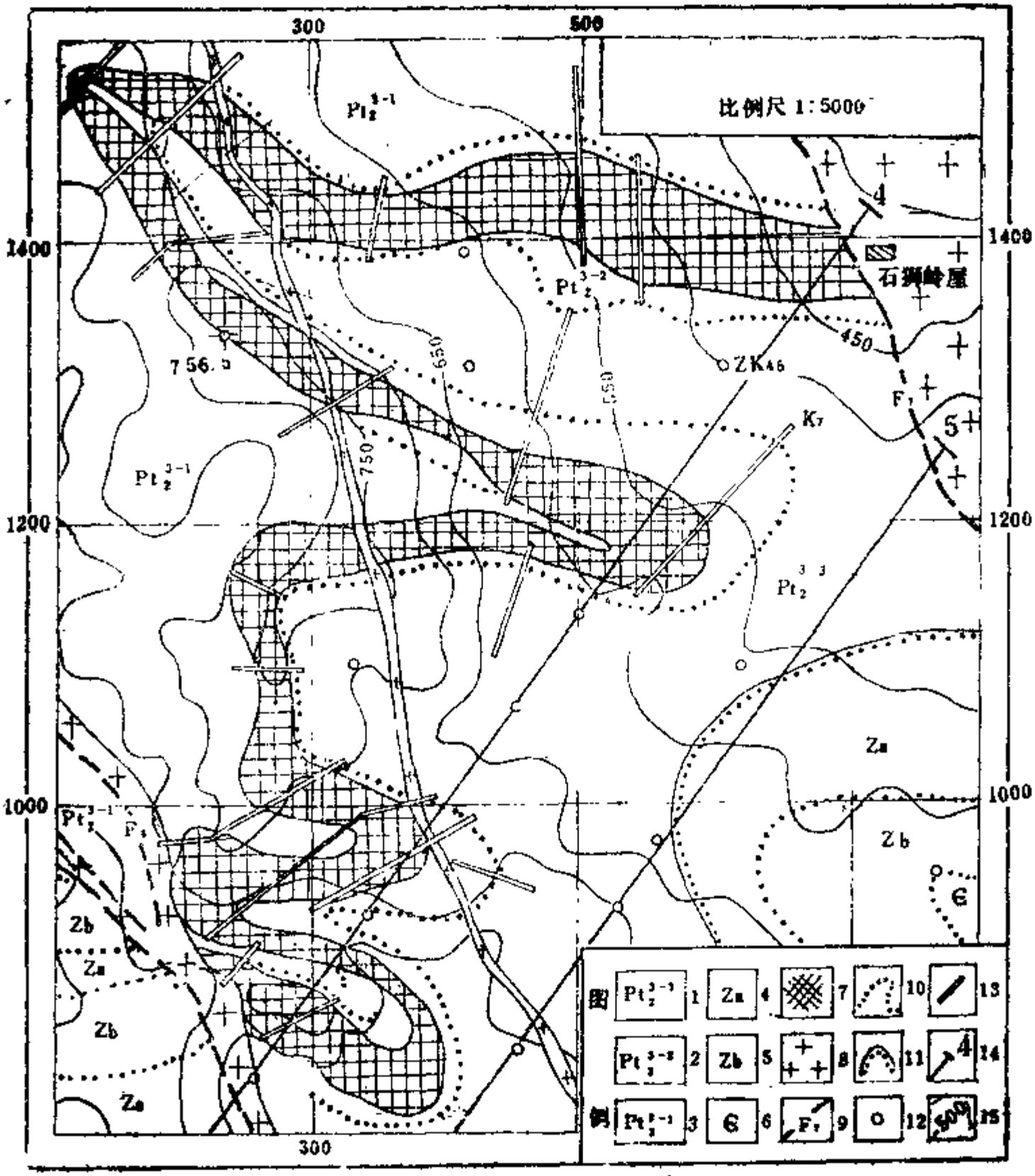



图3-4 某铁矿矿区地形地质图(1)

1—板溪群上部(硅质板岩) 2—板溪群中部(含铁板岩及铁矿层) 3—板溪群下部(石英云母片岩) 4—南陀组(石英砂岩) 5—陡山陀组(炭质板岩) 6—寒武纪(页岩) 7—铁矿体 8—花岗岩 9—断层及编号 10—地质界线 11—角度不整合 12—钻孔位置 13—探槽位置 14—勘探线与编号 15—地形等高线

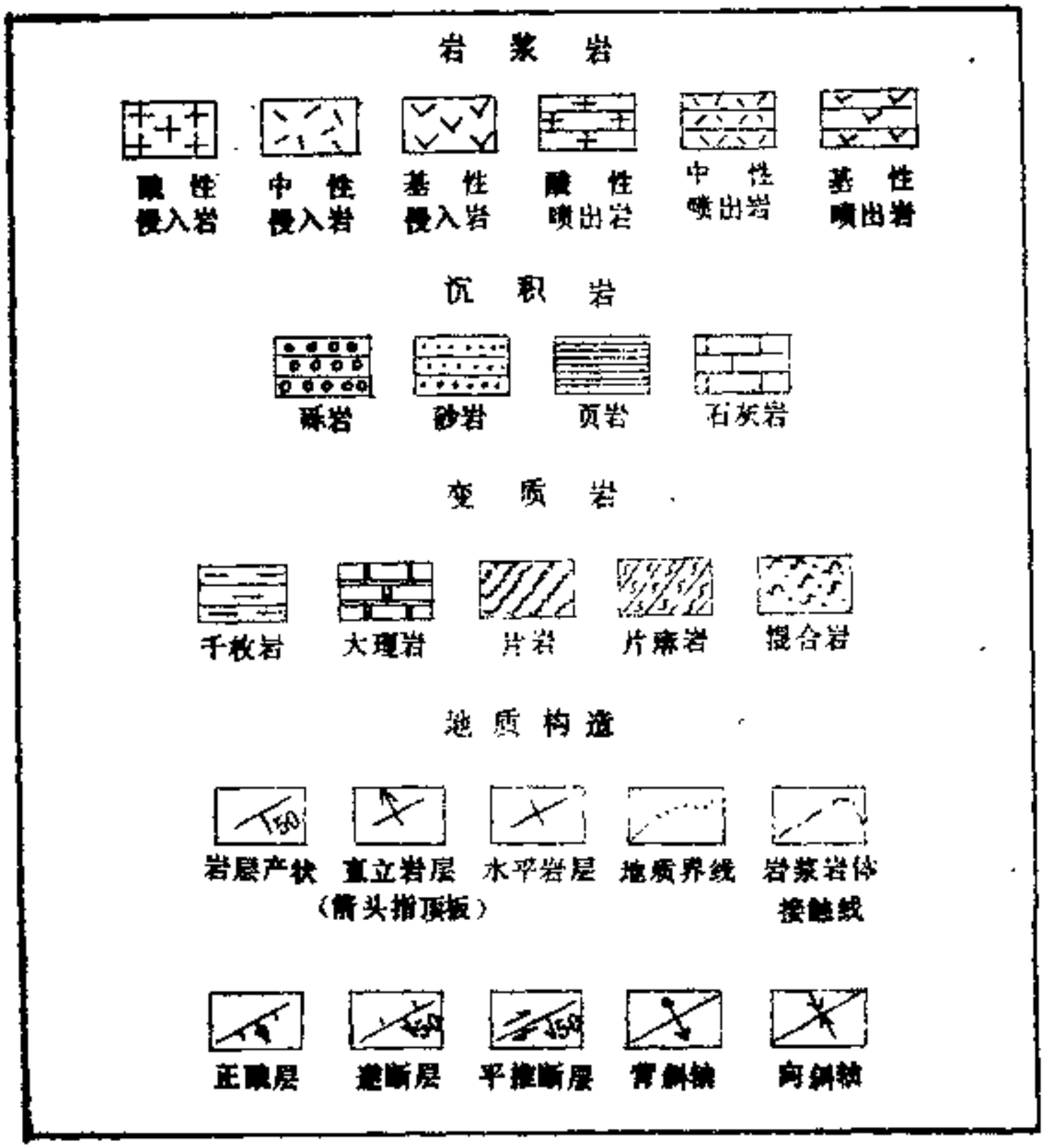



图 3-5　常用地质图例

（2）识别图的方位，一般以指北箭头为依据。没有箭头时，则图的上方指向正北；

（3）详细阅读地形等高线及其所代表地形的特点；

（4）对照图例，了解各种岩层在图中的分布及产状，分析各岩层之间的接触关系和地质构造，例如在地质图上可

以根据岩层(或矿层)分布的对称关系和新老岩层的相对分布关系判断褶曲构造（图3-6），从两翼到核部，岩层由新到老排列的是背斜(图3-7)，岩层由老到新的是向斜（图3-8）；又如

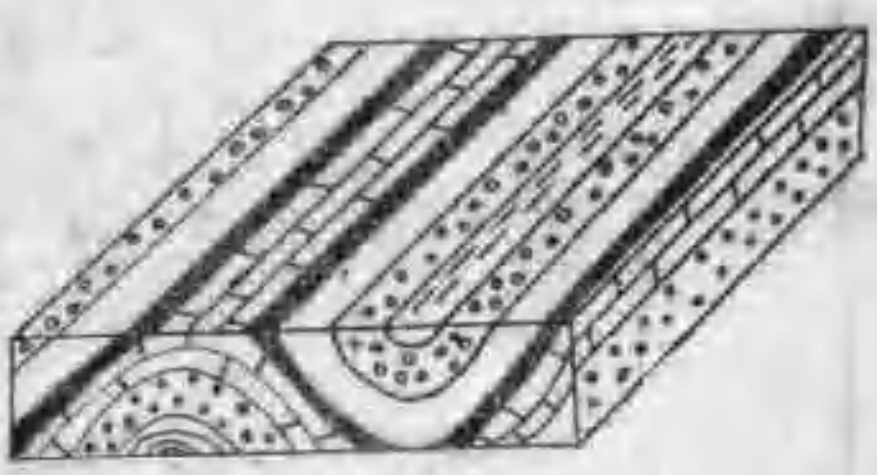


图 3-6　枢纽水平的褶曲在地质图上的表现
（地形平坦条件下）

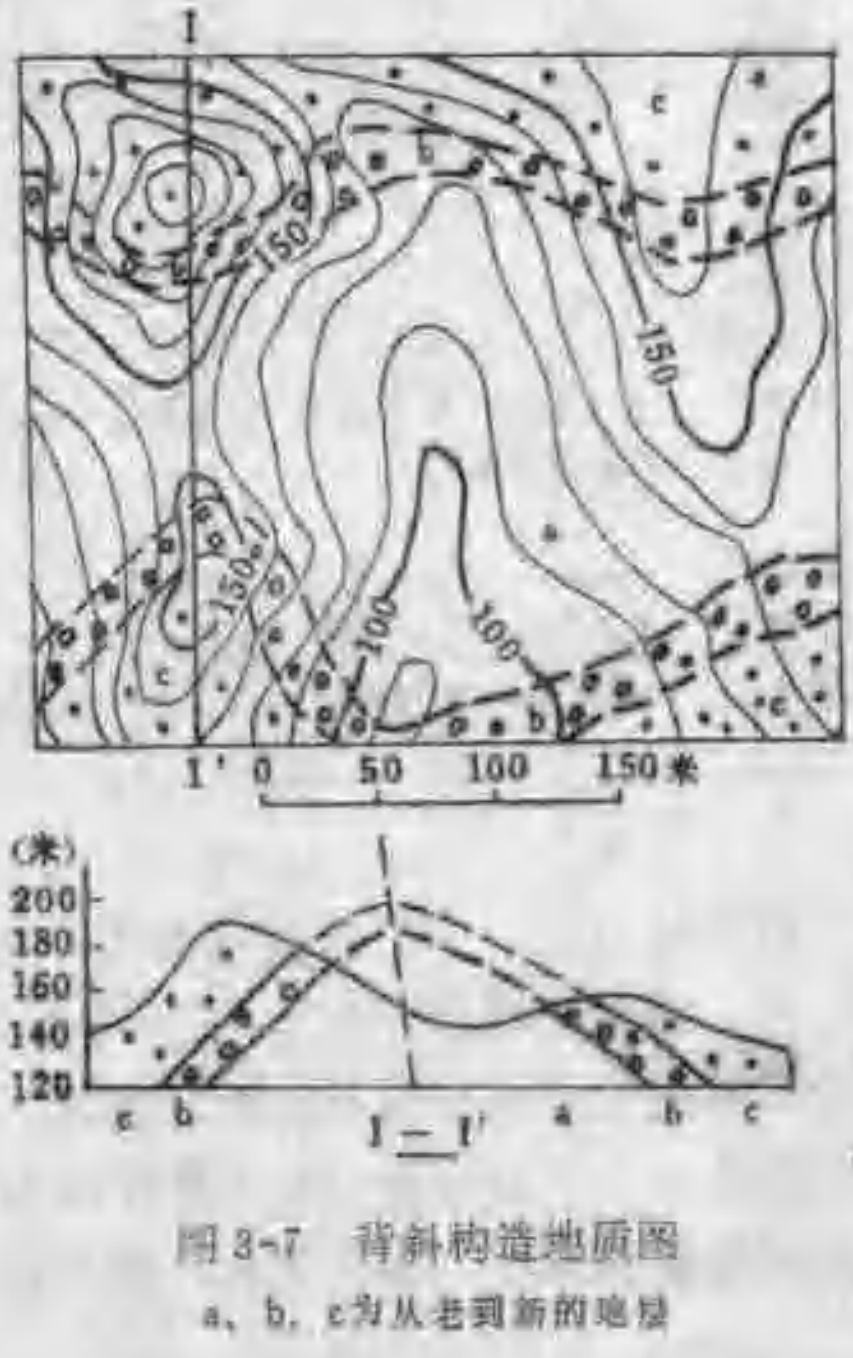



图 3-7　背斜构造地质图
a、b、c为从老到新的地层

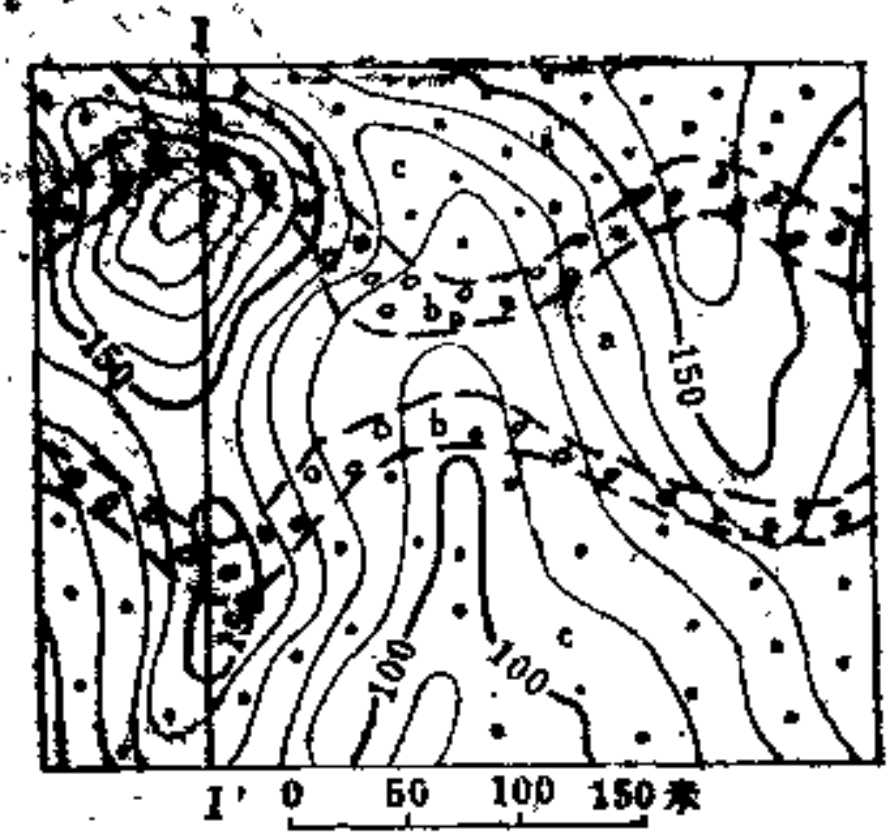



图3-8 向斜构造地质图

a、b、c为从新到老的地层

在地质图上常用一定的符号表示断层的类型和产状要素，有时在地质图上只画出断层线，其类型就要根据断层线两侧出露岩层的相对新老关系进行判断，老的一侧是上升盘，因为老岩层原来在新岩层下面，由于上升后就与新岩层接在一起了。上升的一盘经过剥蚀而露出较老岩层（图 3-9），相反地，下降盘露出的岩层年代较新。了解断层面产状及位移方向后，断层类型即确定。应当指出，无论何种断层，断层两侧时代相差愈远则断距愈大。图3-10和图3-11分别表示正断

层和逆断层在地形地质图和剖面图上的特征。

（5）了解岩浆活动的时代、侵入或喷发的顺序；然后根据岩体轮廓，大致确定岩浆岩的产状；

（6）对矿床地质条件进行分析，分析矿体的形态、分布、产状、数量、规模、顶底板围岩的特点与构造的关系等，这些都是矿山

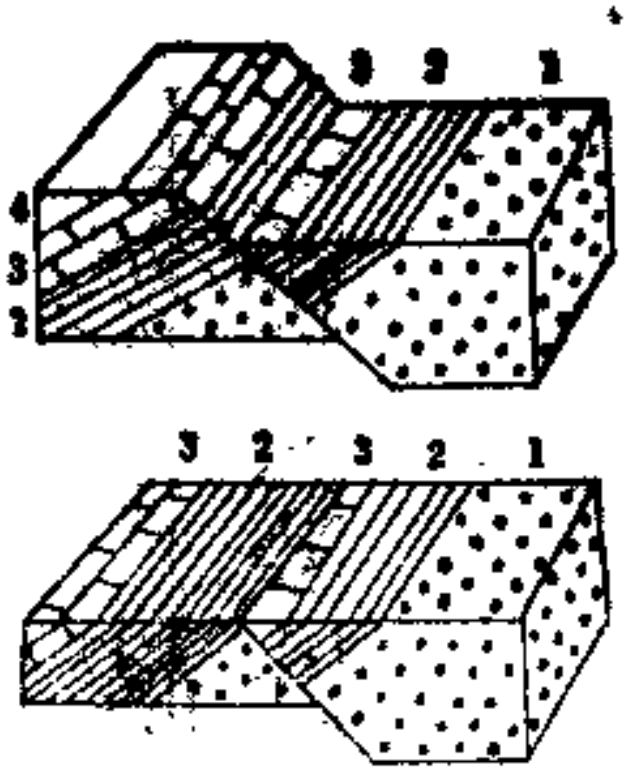



图3-9　根据断层两侧岩层新老关系判断两盘的升降

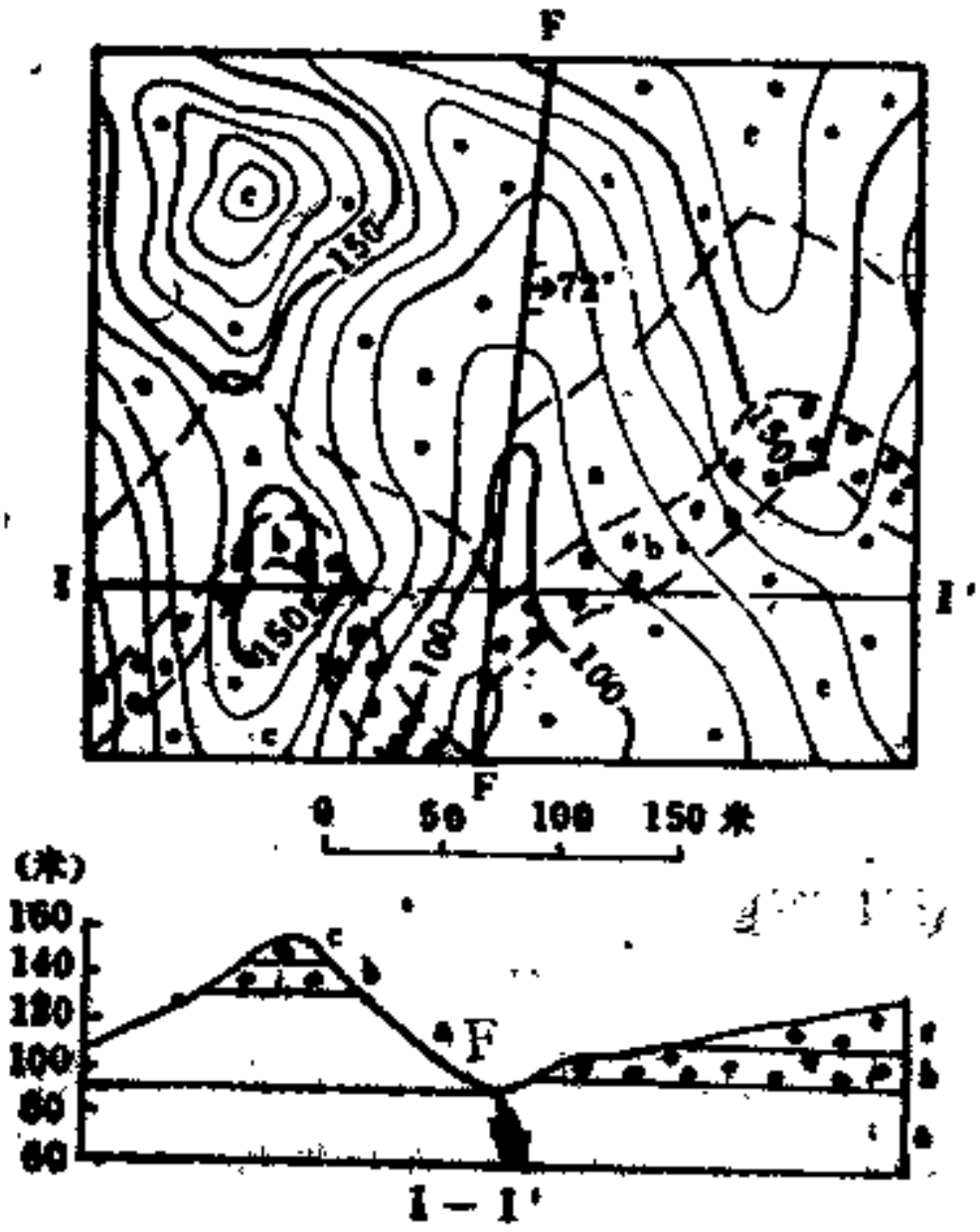



图3-10　倾向正断层地质图

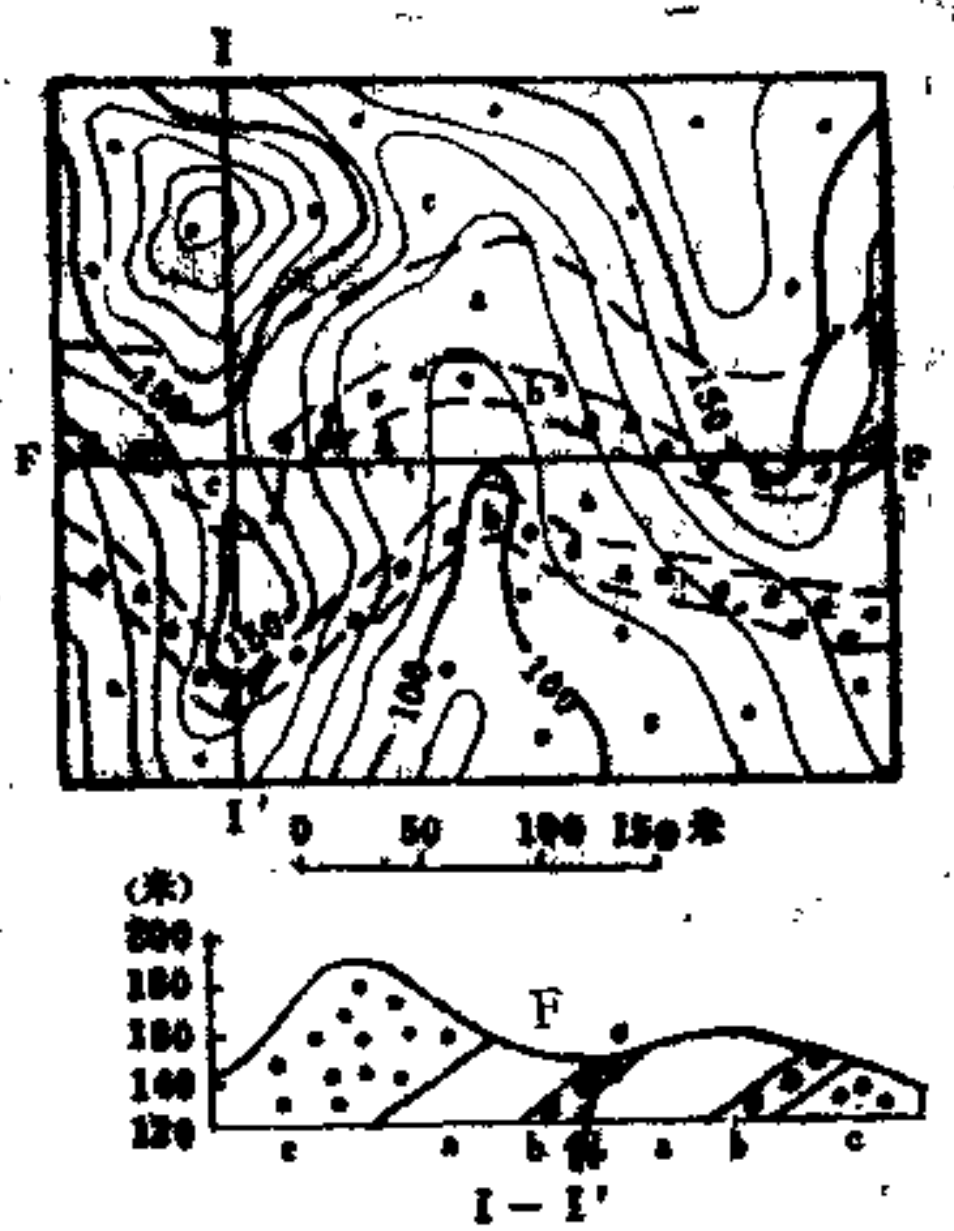



图3-11　走向逆断层地质图

生产的基础资料；

（7）对过去已经开采过的矿山，要了解旧坑口的位置及其利用的可能性。

为了指导生产实践，在读图后，还要拿着地质图到现场跑一跑、对一对，进行详细的踏勘，充分发挥地形地质图的指导作用。

### （二）探矿工程

地方办矿往往是边采边探，但有时也是先探后采的。从利用勘探资料来讲，应该了解勘探技术手段的种类及其合理

布置的知识。

目前对于金属、非金属矿床勘探来说，经常采用坑探和钻探工程，合称为探矿工程。

1．坑探工程　挖掘坑道以便揭露和探查矿体，以及进行其它地质勘查工作的坑道工程称为坑探工程，简称坑探。坑探又分为地表坑道（包括浅坑、剥土、探槽、浅井）与地下坑道（包括竖井、斜井、暗井、平硐、石门、沿脉、穿脉等）。过去曾把地表坑查叫作轻型山地工程，把地下坑道称为重型山地工程。

（1）剥土　是在地表清除矿体上浮土的一种工程。它无一定形状，在浮土不超过0.5—1米时应用。

（2）探槽　是从地表挖掘的一种槽形坑道(图3-12)。

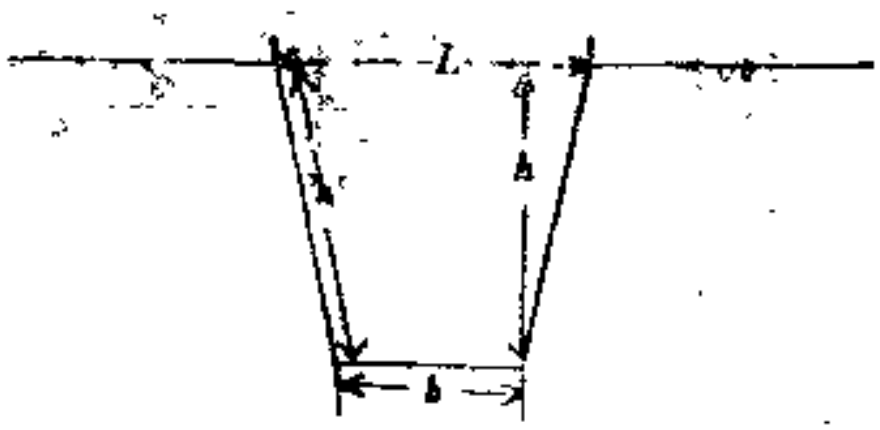



图3-12　探槽断面图

$h$—探槽深度　$h'$—槽壁斜深
$L$—探槽口宽　$b$—探槽底宽

其横断面通常为倒梯形，槽的深度一般不超过3—5米。探槽断面规格，视浮土性质及探槽深度而定，一般以利于工作、保证安全为原则，其规格大小可参考表3-1。

探槽一般要求垂直矿体（含矿层、含矿带、构造带等）的走向布置，如图3-13。当矿体形态复杂时，也可以布置十字形探槽或沿走向布置。具体设计时，可采用长槽（主干探

槽）和短槽（辅助探槽）配合等灵活方式进行。

表 3-1（2）

| 覆盖层性质 | 深度(米) | 底宽(米) | 口宽(米) | 边坡(度) |
|---|---|---|---|---|
| 风化十分强烈 | 1—3 | 1 | 1.6—6.6 | 65—73 |
| 风化厉害，较松散 | 1—3 | 1 | 1.4—5.8 | 73—78 |
| 风化不强烈，浮土较密 | 1—5 | 1 | 1.3—7.0 | 73—87 |
| 风化较轻，较密结实 | 1—5 | 1 | 1.2—5.0 | 78—84 |

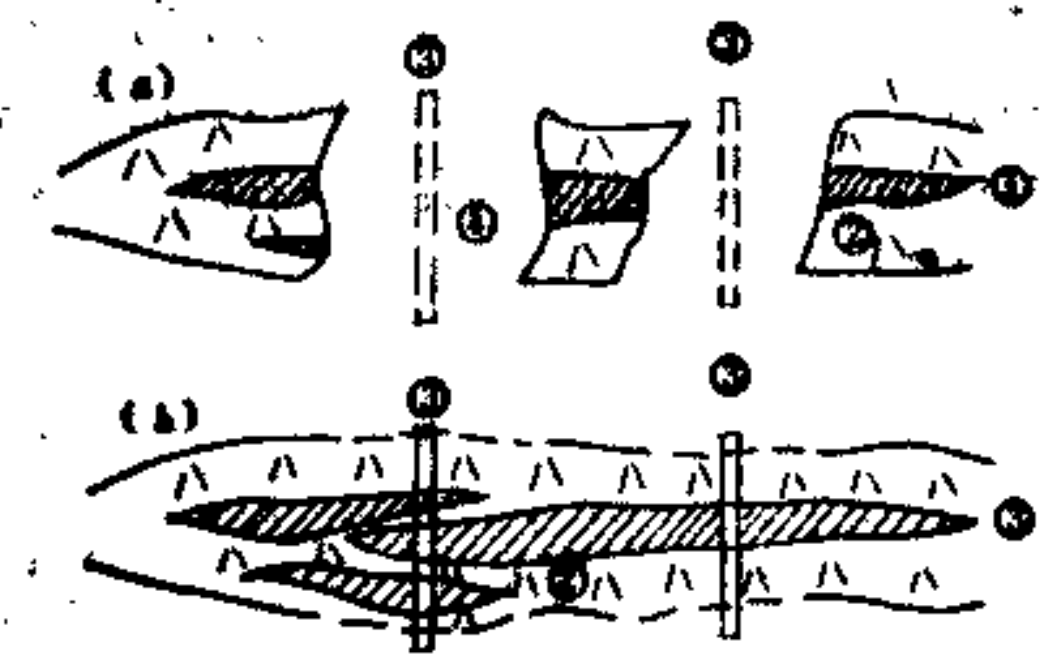



图3-13　槽探工程平面示意图

（a）挖槽前矿体被复盖时的情况　（b）挖槽后推断的矿体情况

①—矿体　②—含矿岩石　③—探槽　④—浮土

（3）浅井　是从地表向下掘进的深度和断面都较小的垂直坑道。其断面形状一般为正方形或矩形，断面面积为1.2—2.2平方米，深度一般不超过20米。断面为圆形的浅井，叫小圆井。浅井的横断面大小，以松散层坚固程度、浅井深度和涌水量大小而定。在岩性隐固的松散层中，基本上可以不加支护。由于不支护，断面不宜过大，通常为0.8—1平方米。经常采用的矩形断面规格（除支护所占据的空间外），可参见表 3-2。

表 3-2〔2〕　　浅井断面经验尺寸

| 浅井深度(米) | 净断面（长×宽)米² | 应 用 的 条 件 |
|---|---|---|
| 0—10± | 1.1×0.7 | 提铲提升 |
| 0—20± | 1.2×0.8—1.2×1.0 | 提铲或机械提升，吊桶提水 |
| 0—10± | 1.3×1.1 | 提铲或机械提升，吊提或水泵提水 |
| 0—20± | 1.7×1.3 | 提铲或机械提升，2台水泵提水 |

浅井的布置按矿体的规模和产状不同，其布置也不一样。当矿体产状较缓时，浅井应垂直矿体走向，在其上盘布置（图3-14，（a））。当矿体产状较陡时，在地表开掘浅井，不易恰好打到矿体，则采用在浅井下拉石门或穿脉较为合适（图3-14（b）、（c））。

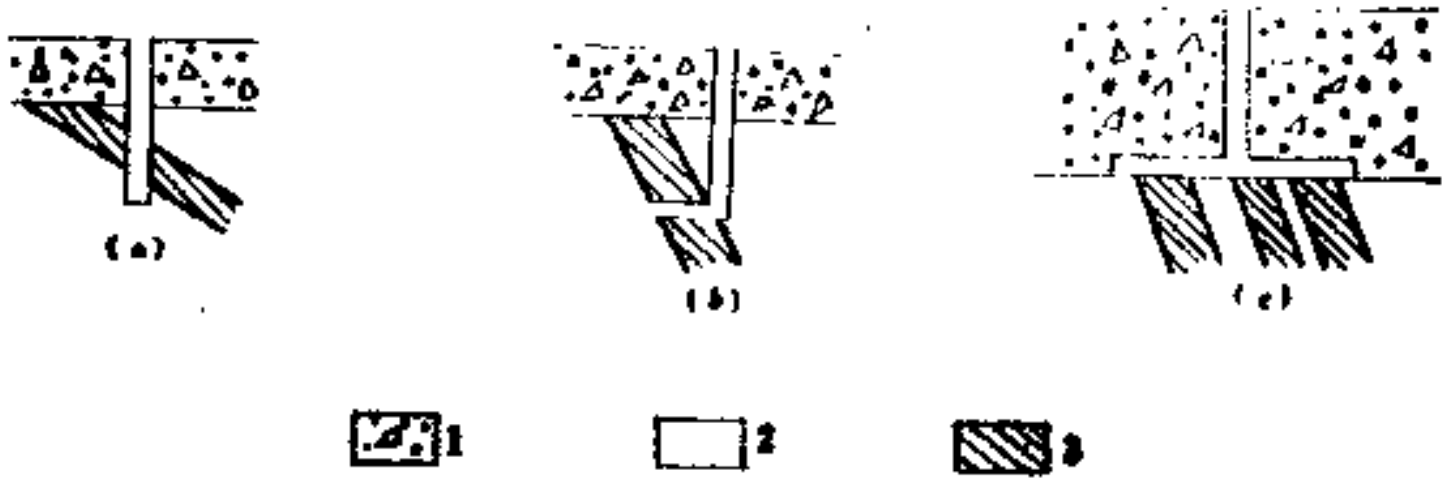



图3-14　用浅井揭露浅部矿体

（a）缓倾斜浅井布置　（b）陡倾斜浅井带石门　（c）陡倾斜带盘浅井

1—残积层　2—围岩　3—矿体

对于一些特殊矿床（如砂矿、风化矿床），浅井常成为主要的勘探技术手段。

（4）平窿　是按一定规格从地表向矿体内部掘进的一端直通地表的水平坑道（图3-15,a）。平窿的断面形状多为梯形和拱形。它施工较简便，运输及排水容易，坑道维护方便，使用的机械设备及投资也较少，掘进速度快。因此，在

地形有利的条件下，应当优先使用平窿。

（5）石门　是地表无直接出口与含矿岩系走向垂直的水平坑道（图3-15,b）。石门常用来联接竖井（浅井）和沿脉。

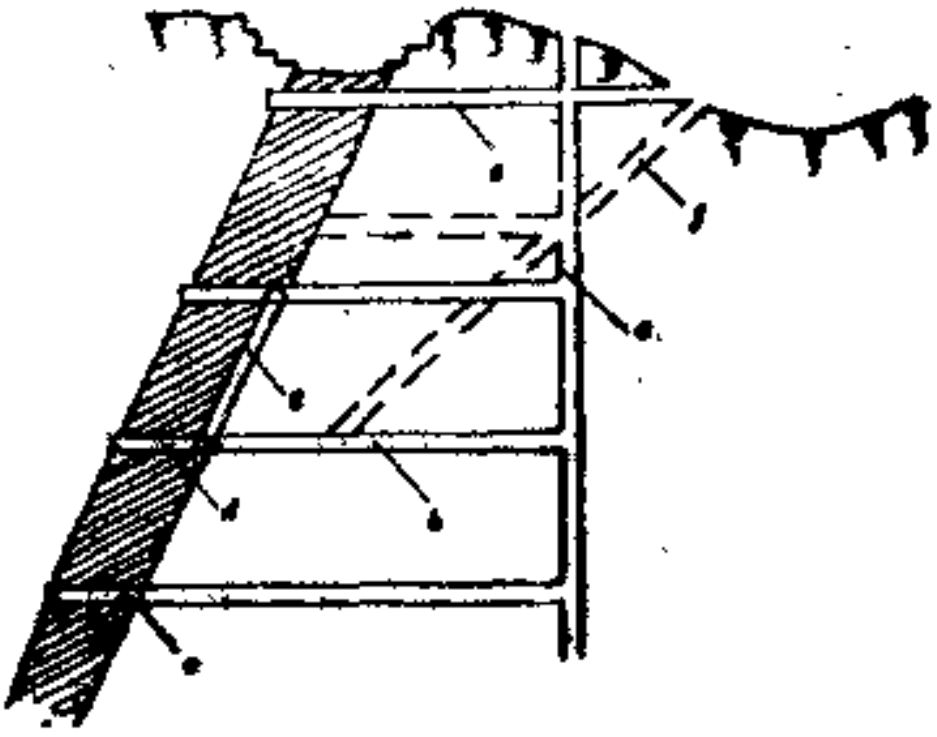


图3-15　地下坑探工程

a—平窿　b—石门　c—沿脉　d—穿脉　e—竖井
f—斜井　g—暗井

（6）沿脉　是在矿体中沿走向掘进的地下水平坑道（图3-15，c）。沿脉主要用来了解矿体沿走向的变化情况。如果矿体厚度超过2—3米，则需配合使用横穿矿体走向的穿脉坑道（图3-16）。沿脉也有在脉外的，供行人、运输、排水和通风之用。

（7）穿脉　是垂直矿体走向井穿过矿体的地下水平坑道（图3-15，d）。穿脉坑道主要用来揭露矿体厚度，圈定矿体，了解矿石组分和品位变化，以及查明矿体与围岩的接触关系、上下盘岩石的性质，并可探寻地下有无平行矿脉或矿体。穿脉是沿着矿体变化最大的方向掘进的，利用它能获

得有关矿石质量、数量与矿体形成条件的宝贵资料。

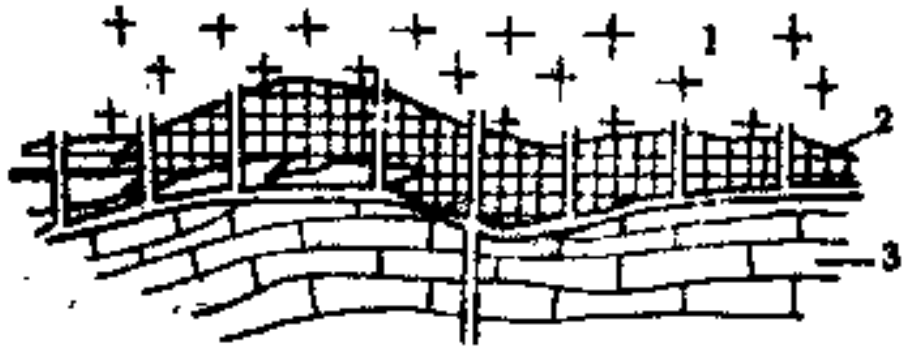



图3-16　沿脉配合穿脉圈定矿体

（根据Г.Д.阿日吉烈）

1—花岗岩　2—矿体　3—石灰岩

（8）竖井　是一种直通地表且深度和断面都较大的垂直坑道，也是进入地下的一种主要通道（图3-15，*e*）。竖井分勘探竖井和采矿竖井，后者又分主井、副井及通风井等。竖井的断面直径有4、4.5、5、5.5、6、6.5、7平方米等。竖井一般布置在矿体的下盘，采矿时不必留保安矿柱，可减少矿石的损失。

（9）斜井　是在地表有直接出口的倾斜坑道(图3-15，*f*)。可代替竖井勘探或开采产状稳定、倾角小于45°的矿体。

（10）暗井　是在地表没有直接出口的垂直或倾斜的坑道（图3-15，*g*)。断面一般为长方形，其规格多为1.5×2.5平方米。垂直的暗井又称天井，倾斜的暗井又称上山或下山。暗井主要用来在地下坑道中向上或向下探采那些不规则的矿体，追索矿体被错断的部分，贯通两个相邻中段的水平坑道，揭露上下两个中段之间矿体的变化情况。

2. 钻探工程　钻探工程是通过钻探机械向地下钻进钻孔，并从其中取得岩心、矿心、矿粉借以了解地下地质、矿产情况及追索圈定矿体的工程。钻探的深度从几十米到千米

以上。常用的地质钻机的型号参见表3-3。

表3-3　　常用地质钻机型号

| 型　　号 | 孔　径（毫米） | | 钻　深（米） |
|---|---|---|---|
| | 开　孔 | 终　孔 | |
| XU1000 | 150 | 56 | 1000 |
| XY-3 | 91 | 59 | 600 |
| XU300-2A | 110 | 75 | 300 |
| XY-1 | 110 | 75 | 100 |
| DPP100-1 | | 200 | 70 |
| | | 150 | 100 |
| YDC-100 | | 150 | 100 |
| QPC-30 | | 110 | 30 |
| QP | | 110 | 30 |
| QJD-50 | | 56 | 50 |

钻探工程主要用来追索和圈定地下矿体的边界线，了解矿石质量、矿化深度及矿化范围。钻探工程往往是配合坑探工程进行探矿，如图3-17。

钻探与地下坑探工程相比，具有费用

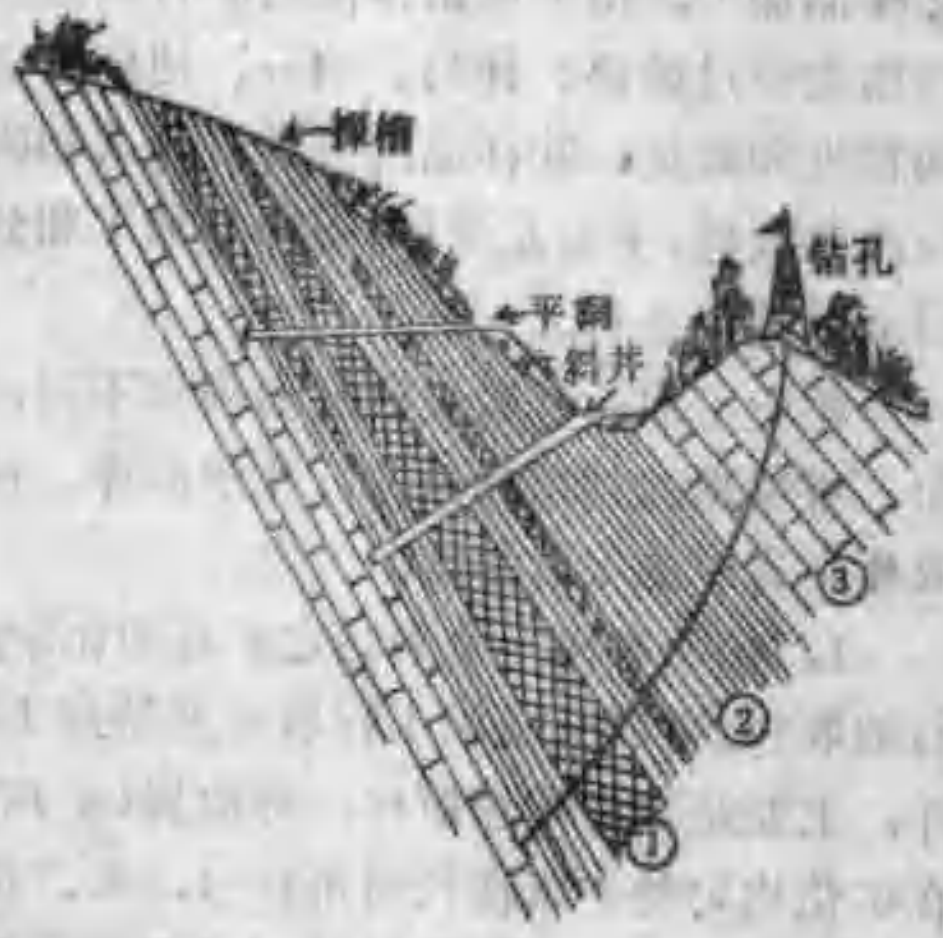



图3-17　各种探矿工程剖面示意图
①—矿体　②—页岩　③—石灰岩

低、施工场地受限性小、地下水涌水量大也能施工、钻进速度快、消耗动力少、不用支护等优点，但不能直接用于采矿。

### （三）取样

为了查明矿产质量，就要进行矿产取样。矿产取样是从矿体、近矿围岩和矿山生产的产品（如原矿、精矿、尾矿等）中按一定规格或质量要求采取一定数量的样品，通过分析、试验、鉴定，研究矿产的质量、矿石和围岩的物理和化学性质、矿石加工技术性能、矿床的开采条件等，为矿床评价、计算储量以及解决有关地质、采矿、选冶和矿产综合利用等方面的问题，提供资料依据。

取样工作由三部分组成：①从矿体、近矿围岩或矿产品中采取一部分矿石或岩石，作为样品，这一工作称为采样；②样品加工，由于原始样品的矿石颗粒粗大，数量较多，所以需要经过破碎、拌匀、缩分，使样品达到分析、测试要求的粒度和数量；③样品的分析、测试和研究。地方办矿，也应注意取样，主要是采样，而样品加工和分析测试可考虑请专门测试单位进行。

矿产不同，其质量研究的内容不同，取样目的各异，因而，可以据此把取样分为：化学取样，技术取样，加工技术取样，岩矿鉴定取样等。

1．化学取样　是为测定矿石的化学或分及其含量而进行的取样。可以分坑探工程取样和钻探工程取样。钻探工程取样，主要是岩心钻探取样，即取岩(矿)心的一半作为样品，在矿化均匀的矿床样长可用1—1.5米，在追索矿体与围岩接触界线或探采条带状矿体时，长度可减少到0.2—0.5米。下面着重讲坑探工程取样。

在坑探工程中，矿体的人工揭露面较大，采样方法多种多样，有刻槽法、剥层法、全巷法、刻线法、方格法、拣块法和打眼法等。这里只着重介绍刻槽法、刻线法、方格法和拣块法等四种采样方法。

（1）刻槽法　在矿体上按一定的规格刻凿一条长槽，收集从中凿下的全部矿石作为样品，这样一种采样方法叫作刻槽法。样槽断面形状有长方形和三角形两种，前者应用广泛。影响样槽断面大小的因素主要是矿化均匀程度和矿体厚度。常用样槽断面规格见表3-4。样品长度又称采样长度，

表3-4〔2〕　主要金属、非金属矿产常用样槽断面规格表

| 矿　种 | 断面规格（宽×深，厘米） | 备　注 |
|---|---|---|
| 铁 | 5×2—10×3 | |
| 锰，铬 | 5×3—10×5 | 铬铜矿床5×10—20×5，堆积、残积、淋滤矿床20×15—25×25 |
| 铜，铅，锌，钼，硫化镍 | 5×2—10×3 | 硅酸镍5×3—10×5 |
| 铝土矿 | 5×2—10×5 | |
| 锑，汞，钨，铋 | 5×3—10×5 | |
| 脉金 | 10×3—20×5 | |
| 银 | 10×3—20×5 | |
| 铌，钽 | 5×3—20×5 | |
| 锡 | 5×3—10×5 | |
| 硫（铁矿） | 10×5— 5×3 | 自然硫10×5—6×3 |
| 高岭土 | 10×5—10×10 | |
| 石膏 | 10×5 | |
| 盐类矿床 | 10×5— 7×3 | |
| 石灰岩 | 5×3—10×5 | |

是指单个样品槽子的长度。它取决于矿体厚度大小、矿石类型变化情况、矿化均匀程度、最小可采厚度和夹石剔除厚度等因素。常用样品长度参见表3-5。

表 3-5(2)　　常用样品长度表

| 矿　　种 | 样品长度(米) | 备　　注 |
|---|---|---|
| 铁，铬 | 1—2 | 铁矿层厚度大而稳定的矿体，可适当放长 |
| 锰 | 0.5—1 | |
| 铜，铅，锌，钼 | 1—2 | 细脉浸染大型铜钼矿可适当放长 |
| 铝土矿 | 0.5—2 | |
| 锑，汞 | 0.3—1 | |
| 钨 | 1—2 | |
| 脉金 | <2 | |
| 铍 | 0.5—2 | |
| 镍，钴 | 1—2 | |
| 磷 | 1—2 | |
| 硫铁矿 | 1—2 | 当厚度巨大，矿化均匀，可适当放长 |
| 高岭土 | 0.5—1 | |
| 石膏 | 0.5—2 | |
| 石盐 | 0.5—0.3 | 当厚度大、成分均一，可放大到2—5米 |
| 石灰岩 | 2—5 | |

样槽的布置原则是样槽的延伸方向要与矿体的厚度方向或矿产质量变化的最大方向相一致，同时，要穿过矿体的全部厚度。在探槽中样品大多布置在探槽底部。在垂直矿体走向的探槽中，当矿体陡时在槽底取样，当矿体缓倾斜时在槽底或槽壁取样，当矿体近似水平时在槽壁作阶梯状取样（图3-18）。在浅井及竖井等垂直坑道中，一般在井壁上取样。当矿化均匀时，一壁取样即可（图3-19）。当矿化不均匀，两壁矿化情况相差较大时，则可以在相对两壁上同时取样，甚至在四壁同时取样，然后把相应位置的样品合并为一个样品进行化验。在穿脉坑道中，一般在坑壁上取样。矿体倾角较缓时，样槽沿矿体厚度方向布置，矿体倾角较陡时，则可

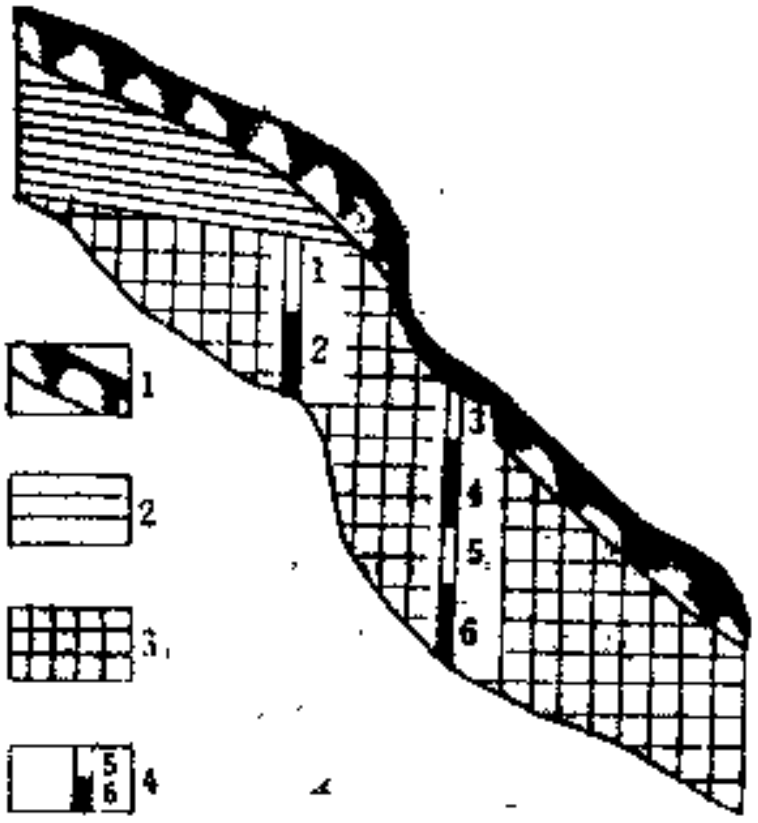



图3-18 探槽中阶梯状刻槽取样

1—浮土 2—围岩 3—矿体 4—样槽及编号

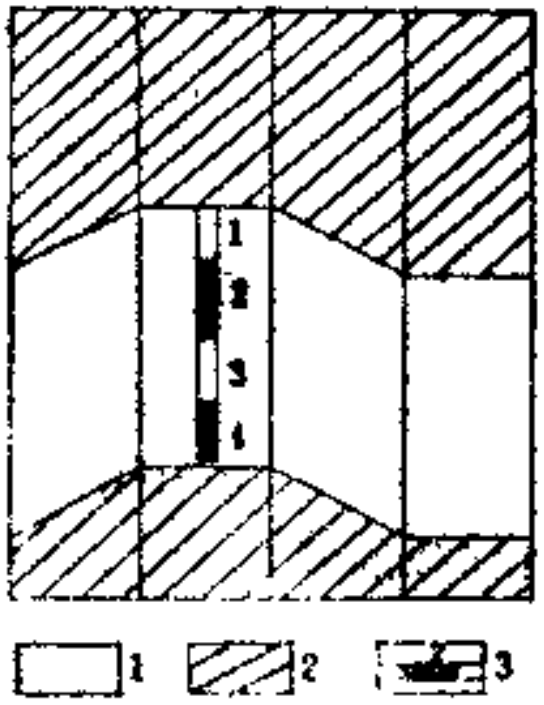



图3-19 浅井一壁上取样

1—矿体 2—围岩 3—样品及编号

沿水平方向布置（图3-20，图3-21）。如矿体厚度大时，则连续分段取样，这时水平刻槽更为有利。在沿脉坑道中，当

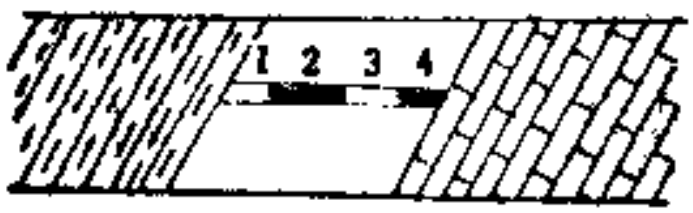



图3-20 穿脉壁上的水平刻槽

1—矿体 2—页岩 3—灰岩 4—样槽及编号

矿体产状较缓时，在坑壁上取样（图3-22）。当矿体产状较陡时，可在顶板上取样（图3-23），但在顶板刻槽时，须进

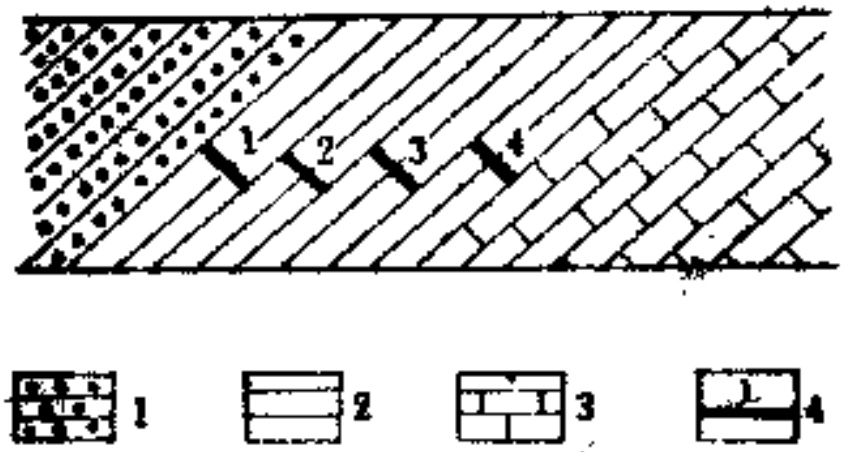



图3-21　穿脉壁上沿矿体厚度方向刻槽

1—砂岩　2—矿体　3—灰岩　4—样槽及编号

行顶板的修整工作，否则影响代表性。在掌子面上取样

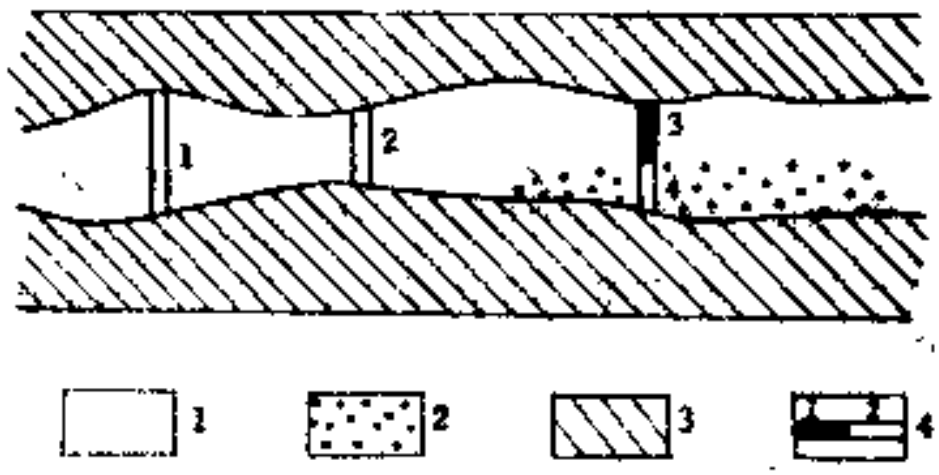



图3-22　沿脉壁上的刻槽位置

1—致密状矿石　2—浸染状矿石　3—围岩　4—样槽及编号

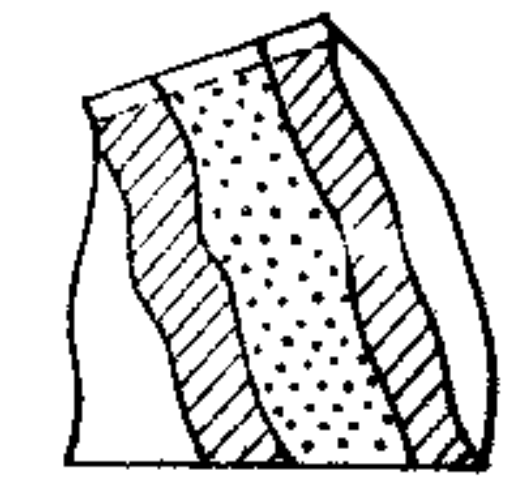



图3-23　沿脉坑道顶板刻槽位置

1—围岩　2—富矿　3—贫矿　4—样槽及编号

时，若矿体倾角大于60度就刻水平样槽（图3-24（*a*））；如矿体倾角小于30度，可刻垂直样槽（图3-24（*b*））；如果矿体倾角在60°—30°之间，可刻水平样槽，也可刻沿厚度方向

的样槽（图3-25）。连续刻槽分段取样是在矿体很厚，而所定样品长度小于厚度甚多的情况下的一种采样方法。当矿体

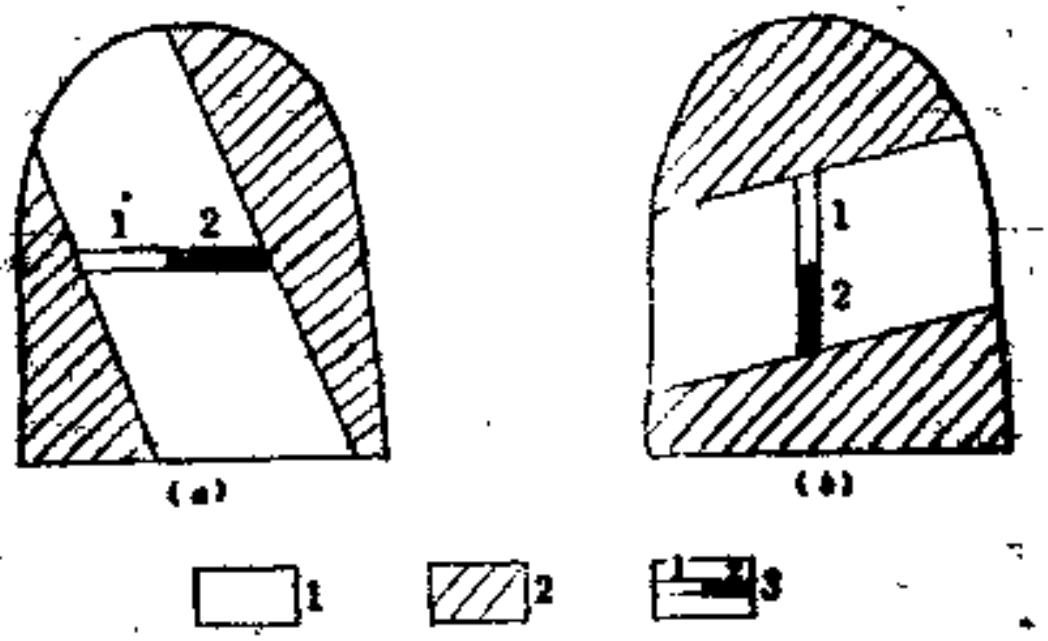



图3-24 (a) 陡倾斜矿体的水平刻槽取样
(b) 缓倾斜矿体的垂直刻槽取样
1—矿体 2—围岩 3—样槽及编号

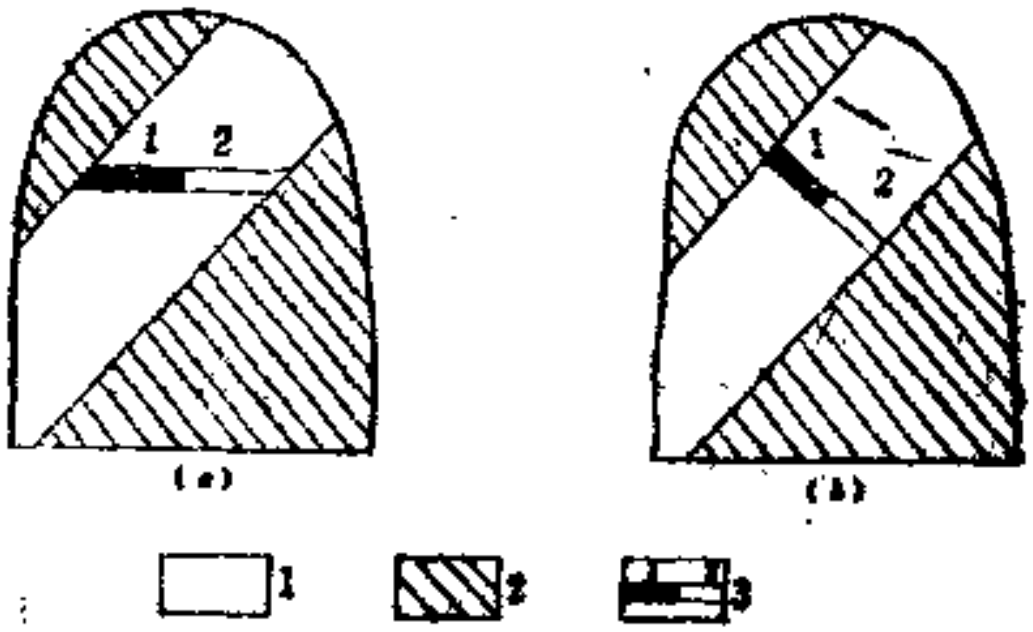



图3-25 (a) 中等倾斜矿体的水平刻槽取样
(b) 中等倾斜矿体的沿厚度方向刻槽取样
1—矿体 2—围岩 3—样槽及编号

具有带状构造时，也须进行连续刻槽分段取样(图3-26)。在

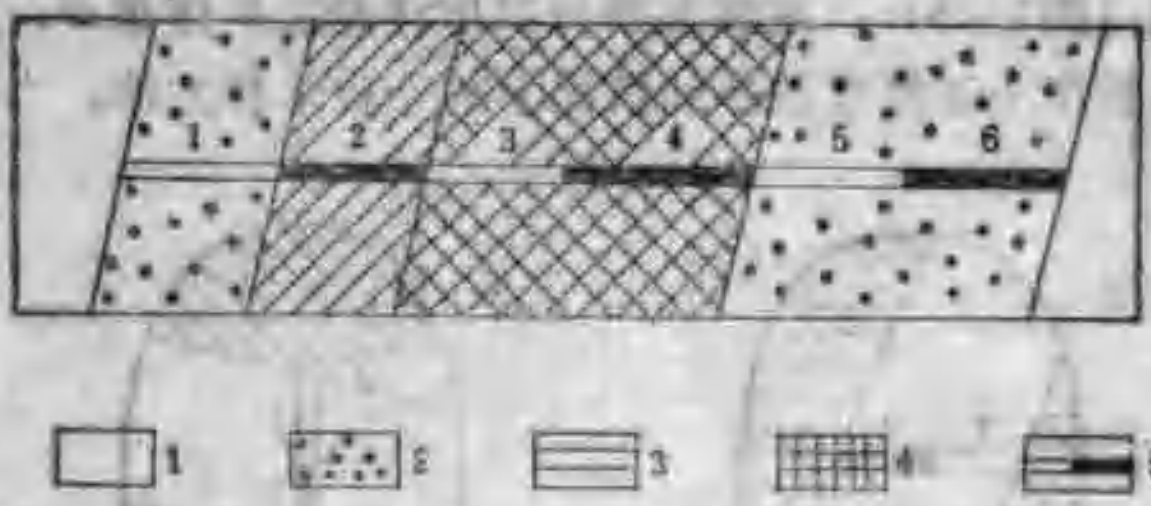



图3-26 矿体具有带状构造时的连续分段刻槽取样

1—围岩 2—浸染状矿石 3—稠密浸染状矿石 4—致密状矿石
5—样槽及编号

已停止生产的老硐中取样时，或者因为年久而表面风化，失去代表性，或者由于过去手工挖掘常挑富剔贫，也失去代表性，因此需要爆破到一定深度再进行取样，以保证样品的代表性。一般爆破深度为0.3—0.5米。

（2）刻线法 是在矿体上刻几条线形小沟以采取矿石样品的一种采样方法。这种小沟窄而浅，其断面呈三角形，高和宽均为2厘米，样沟长度参照刻槽法而定。具体采集方法是在矿体出露面上选定采样地点，平整采样范围（约0.5米宽），然后在此样面内刻六条小沟，把采下来的矿石合并为一个样品（图3-27）。取样间距(L)以样面中心线或第一线为准进行度量都可以（图3-28）。

还有一种简化了的刻槽法，叫点线刻取法。具体作法是沿矿体出露的厚度方向，隔一定距离用铁锤打下一小块矿石，连续数小块合并为一个样品。采样时要求每小块矿石的体积大致相等，小块矿石的打取点距离要相同。本方法经济、迅速，但精度较低。

（3）方格法 是在露头上或坑探工程中的矿体出露部

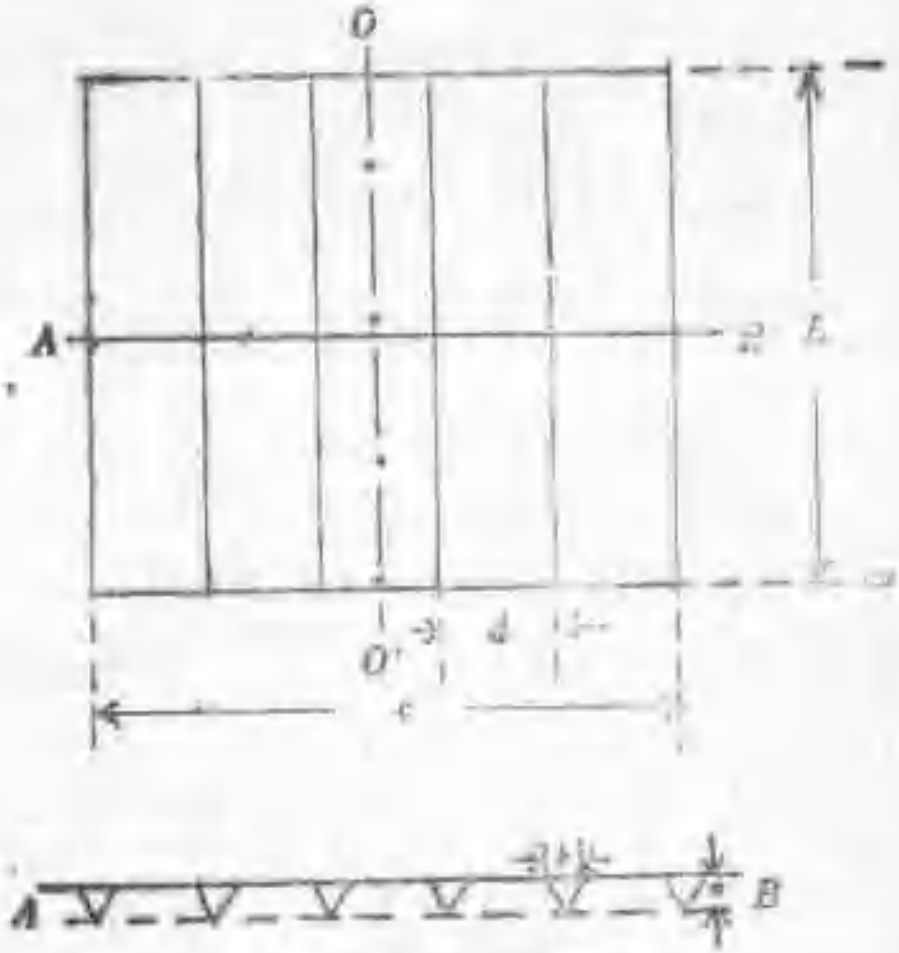



图3-27 线形样槽的分布

L—样品长度 OO'—样品中心线
$a=b=2cm$ $c=50cm$ $d=10cm$

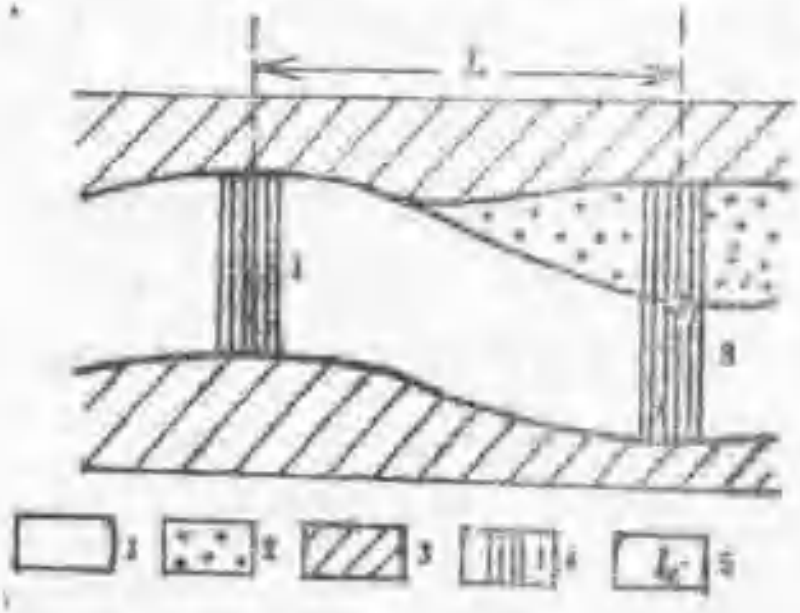



图3-28 线形样槽在坑道壁上的布置和取样间距

1—致密矿石 2—浸染状矿石 3—围岩
4—样品及编号 5—取样间距

位按一定网格打取矿石碎块，再合并为一个样品的取样方法。网格形状有菱形、正方形、长方形等（图3-29）。网格边长10—25厘米。矿石在网边的交结处采取，每个点采下总碎块，其大小应近于相等。一个样由15—50个点的



图3-29 方格法取样

a—正方形网 b—菱形网 c—长方形网

碎块合成，一个样品的质量约为2—3公斤。

（4）拣块法（又称摇取法） 用一定规格的绳网，铺在所需采样的矿堆上，从每个网眼中拣出大致相等的小块矿石合并成一个样品。每个样品质量1—3公斤。其优点是效率高，操作简便，并有一定的代表性。在矿车中，有时还采用五点梅花状或三点对角线的形式布置取样点。

以上各种采样方法所采的原始样品，质量一般都在0.2—50公斤，样品颗粒直径也大小不等，有粉末，有碎块，而化验室要求送样的质量只需100克左右，最后化验时所取的质量只是1—2克，颗粒直径不得大于0.1毫米，因此必须把原始样品进行破碎，缩减，使样品在粒度和重量方面满足分析的要求。样品加工是一个科学的生产过程，要注意保证样品的代表性。样品经过加工以后，要填写送样单，提出化验分析的种类和分析项目等要求，送化验室作分析。

样品的化学分析又分为基本分析、多元素分析、组合分析、合理分析和全分析等五种。基本分析又叫普通分析，目的是查明矿石中主要有用组分的含量及其变化情况，以了解矿石质量，划分矿石类型，圈定矿体和计算储量。基本分析项目可参考表3-6。

表 3-6　　常见矿产基本分析项目

| 矿种 | | 基本分析项目 |
|---|---|---|
| 铁矿 | | TFe、SFe、S、P、$SiO_2$ |
| 锰矿 | 冶金用锰 | Mn、Fe、$SiO_2$、P |
| | 干电池用锰 | $MnO_2$、Fe<br>放电时间（分） |
| 铬铁矿 | | $Cr_2O_3$、FeO、TFe、$SiO_2$、S、P、 |
| 钛 | | $TiO_2$、$V_2O_5$、TFe |
| 钒矿 | | $V_2O_5$ |
| 铜矿 | | Cu |
| 铅锌矿 | | Pb、Zn |
| 金矿 | | Au |
| 银矿 | | Ag |
| 磷矿 | | $P_2O_5$ |
| 硫铁矿 | | S |
| 自然硫 | | S |
| 明矾矿 | | $K_2O$、$SO_3$、$Al_2O_3$、$Na_2O$、$K_2O$ |
| 砷矿 | | As |
| 铝矿 | | $Al_2O_3$、$SiO_2$ |
| 镍矿 | | Ni、Cu |
| 铋矿 | | Bi |
| 钴矿 | | Co |
| 钨矿 | | $WO_3$、Mo、Bi、Sn |
| 锡矿 | | Sn |
| 钼矿 | | Mo |
| 汞矿 | | Hg、Sb |
| 锑矿 | | Sb、Hg |

表3-6（续1）

| 矿种 | | 基本分析项目 |
|---|---|---|
| 硼(内生)矿 | | $B_2O_3$ |
| 石灰岩矿 | 制碱用 | CaO、MgO、$CO_2$ |
| | 电石用 | CaO |
| | 熔剂用 | CaO、MgO、$SiO_2$ |
| | 水泥用 | CaO、MgO |
| | 陶瓷、电瓷用 | CaO、MgO、$Fe_2O_3$、$SO_3$ |
| | 玻璃用 | CaO、$Fe_2O_3$ |
| 白云岩矿 | 耐火材料用 | MgO、CaO、$SiO_2$、酸不溶物 |
| | 熔剂用 | MgO、CaO、$SiO_2$ |
| | 玻璃用 | MgO、CaO、$Fe_2O_3$ |
| | 电瓷陶瓷原料 | CaO、MgO、$Fe_2O_3$ |

| 矿种 | | 基本分析项目 |
|---|---|---|
| 石英砂矿 | 玻璃原料用 | $SiO_2$、$Fe_2O_3$、$Al_2O_3$ |
| | 电瓷陶瓷用 | $SiO_2$、$Fe_2O_3$、$Al_2O_3$ |
| | 铸型用砂 | $SiO_2$ |
| 石英(砂)岩矿 | 光学玻璃用 | $SiO_2$、$Fe_2O_3$、$Al_2O_3$、$Cr_2O_3$、$TiO_2$ |
| | 硅砖 | $SiO_2$、$Fe_2O_3$、$Al_2O_3$、CaO、耐火度 |
| | 熔剂 | $SiO_2$、$Al_2O_3$、$Fe_2O_3$ |
| 蛇纹岩、橄榄岩 | 耐火材料 | $SiO_2$、MgO、CaO、耐火度 |
| | 硝酸钙镁肥及化工硝镁盐 | MgO |
| 重晶石矿 | | BaO、$SO_3$、$CO_2$ |
| 石墨矿 | | C、S、$H_2O$、灰份、挥发份 |

| 矿种 | | | 基本分析项目 |
|---|---|---|---|
| 粘土矿 | 玻璃、电瓷、陶瓷用高岭土矿 | | $Al_2O_3$、$Fe_2O_3$、$SiO_2$、$TiO_2$ |
| | 冶金用耐火粘土 | | $Al_2O_3$、$TiO_2$、$Fe_2O_3$、耐火度 |
| | 陶瓷用粘土 | | $Al_2O_3$、$SiO_2$、$Fe_2O_3$、$TiO_2$、烧失量 |
| | 硅酸盐水泥用粘土矿 | | $SiO_2$、$Al_2O_3$、$Fe_2O_3$ |
| 萤石矿 | 熔剂用 | | $CaF_2$ |
| | 玻璃陶瓷用 | | $CaF_2$、$Fe_2O_3$ |
| 钾长石、含钾岩石 | | | $K_2O$ |
| 长石矿 | 研磨材料 | | $K_2O$ |
| | 玻璃、电瓷、陶瓷原料 | | $Al_2O_3$、$SiO_2$、$Fe_2O_3$、$K_2O$、$Na_2O$ |

表3-6（续2）

| 矿种 | | 基本分析项目 |
|---|---|---|
| 菱镁矿 | 制金属镁 | MgO、CaO、$SiO_2$ |
| | 镁砖用 | MgO、CaO、$SiO_2$ |
| 滑石矿 | | MgO、$SiO_2$、$Fe_2O_3$ |
| 石膏矿 | | CaO、$SO_3$、$H_2O^+$ |
| 硼酸盐（盐湖） | | $B_2O_3$ |
| 硅藻土 | | $SiO_2$ |
| 钾石 | | $SiO_2$、$Al_2O_3$、$Fe_2O_3$、FeO、CaO、MgO、$K_2O$、$Na_2O$、$H_2O$、$Cr_2O_3$、$TiO_2$烧失量 |
| 盐类矿床 | 钾镁盐类 | K、Mg、Ca、Cl、$SO_4$、$H_2O$及不熔于水的残余物 |
| | 石盐矿 | Na、Cl、Mg、$SO_4$、$H_2O$、不熔于水的杂质 |
| | 芒硝 | Na、$SO_4$、$H_2O$、不熔于水的残余物 |
| | 天然碱矿 | Ca、Cl、$SO_4$、Na、$SO_3$、$HCO_3$、$H_2O$、不熔于水的残余物 |
| 盐类矿床 | 硼水及卤水 | K、Na、Ca、Cl、$SO_4$、$CO_3$、Mg、$B_2O_3$、Li、$HCO_3$、pH值、矿化度 |
| 珍珠岩矿 | | $SiO_2$、$Al_2O_3$、$Fe_2O_3$、$Fe_2O$、$K_2O$、$Na_2O$、MgO、CaO、$H_2O$、MnO、$TiO_2$ |
| 蛭石矿 | | $SiO_2$、$Al_2O_3$、$Fe_2O_3$、CaO、MgO、$Na_2O$、$K_2O$、MnO、$H_2O$、烧失量 |
| 叶腊石矿 | | $SiO_2$、MgO、CaO、$Fe_2O_3$、FeO、$TiO_2$、$Al_2O_3$、$H_2O$、烧失量、$K_2O$、$Na_2O$、As |
| 膨润土 | | $SiO_2$、$Al_2O_3$、$Fe_2O_3$、FeO、CaO、MgO、$K_2O$、$Na_2O$、$H_2O$、$TiO_2$、烧失量 |
| 漂白土 | | |

2. 技术取样　又称物理取样，是为了测定矿石和近矿围岩的物理机械性质，如矿石的体重、湿度、孔隙度，矿石和围岩的抗压强度、松散系数等，为矿产储量计算、矿山建设和开采提供必要的资料。常常是采取不同规格的标本进行测试。某些非金属矿产，如石棉、云母、水晶等，是通过技术取样来确定矿产质量和工业用途，评定矿床价值。例如采取石棉物理技术性能的测试样品，要在同一矿体内按棉脉类型分别采取；对测定机械性能和电绝缘性的样品，应采原状石棉样，要求纤维长度大于20毫米，保持原有结构的块状棉或原纤维束，样品无风化变质现象，质量在200克左右；测定耐酸性、耐碱性、导热性时，可用一般手选样，要洁净，杂质少，质量在两公斤左右。

3. 加工技术取样　又称工艺取样，是为了了解矿石的选矿加工冶炼性能和加工技术条件。取样的质量取决于矿石类型复杂程度、试验项种类、选矿方法和工艺流程等因素。一般可选性试验的矿样质量为：磁选50—100公斤，浮选100—300公斤，联合流程300—500公斤。实验室流程试验为磁选200—400公斤，浮选500—1000公斤，重选及联合流程2000—3000公斤。中间试验和工业试验所需样重更大，5—10吨或更多。原样块度一般40—60毫米，最大不超过100毫米。取样时要注意代表性。

4. 岩矿鉴定取样　是指系统或选择性地采取矿石标本以供直接观察矿产质量的取样。样品采集后用矿物学、矿相学及岩石学等方法进行研究。这种取样又叫矿物取样，砂矿取样也属此类。矿物样品的规格以能反映实际情况和满足切制光片、薄片及手标本观察的需要为原则。一般陈列标本为

3×6×9厘米。要注意标本编号、登记，填写标签，以防混乱。

### （四）矿产储量计算

矿产储量简称储量，就是指矿产在地下的埋藏量。计算矿产在地下埋藏量的工作称矿产储量计算。

1．矿产储量的单位　不同的矿产储量计算的数量单位往往不同。多数矿产的储量单位以吨（t）表示；贵金属用公斤(kg)；宝石矿物用克（g）、克拉(car)等表示；一般建筑材料，通常只计算矿产的体积，其单位用立方米($m^3$)表示。

黑色金属及非金属矿产只计算矿石储量，而有色金属及稀有、分散、伴生元素除计算矿石储量外，还要计算金属（或有用组分）储量。

反映矿石质量指标值，如矿石的平均品位的单位，黑色、有色、稀有、分散及伴生元素用质量百分数（$w_B$%）表示，即每吨矿石中含该种金属（或金属氧化物）量的吨数的百分数。对砂矿来说，一般用每立方米松散沉积物中含有的矿物的克数（$g/m^3$）表示。

2．储量计算的一般过程　应用探矿工程揭露矿体之后，通过取样和分析可以获得大量有关矿产储量计算的参数，如品位、厚度、面积、各种品级矿石的体重等，这样则可按下述过程进行储量计算。

（1）在地质图（剖面图或平面图）上根据工业指标圈定工业矿体的边界线。用取样分析的原始数据计算出代表性的基本参数值（如平均品位，平均厚度，平均体重等），用算术平均法或加权平均法进行计算。

（2）计算矿体的体积是利用地质图上所圈定的矿体面

积乘以平均厚度而得。即

$V = S \cdot \overline{M}$

$V$—— 矿体体积，单位立方米；

$S$—— 矿体面积，单位平方米；

$\overline{M}$—— 矿体的平均厚度，单位米。

（3）计算矿体的矿石量，由矿体体积乘以矿石的平均体重而得。即：

$Q = V \cdot \overline{D}$

$Q$——矿体的矿石储量，单位吨；

$\overline{D}$——矿石的平均体重，单位吨/米³。

（4）计算矿石内有用组分的储量，是通过矿石的储量乘以矿石的平均品位面得。即

$P = Q \cdot \overline{C}$

$P$——矿石中的金属储量，单位吨、公斤；

$\overline{C}$——矿石平均品位，单位%、克/吨、吨/米³。

3．储量计算方法　固体矿产储量计算方法的基本原则，是把形状复杂的矿体变为与该矿体体积大致相等的简单形体，从而确定体积和储量。常用的方法有算术平均法、地质块段法、开采块段法、断面法和多角形法。

例如算术平均法，实质是将整个形状不规则的矿体变为一个厚度和质量一致的板状体，即把各探矿工程查明的矿体厚度、品位、矿石体重等数值，用算术平均法加以平均，分别求出各项平均值，然后按圈定的矿体面积算出整个矿体的储量。

当矿体比较小时（如图3-30），进行储量估算可以直接用皮尺（或测绳）量出矿体长度、厚度和延深长度，再行计算。矿体边界不清楚，就要以化验分析资料为准。如矿体延深长度没有工程控制，也可以根据矿体变化性大小，用矿体长度的二分之一或三分之一进行估算。工作初期，矿石体重可

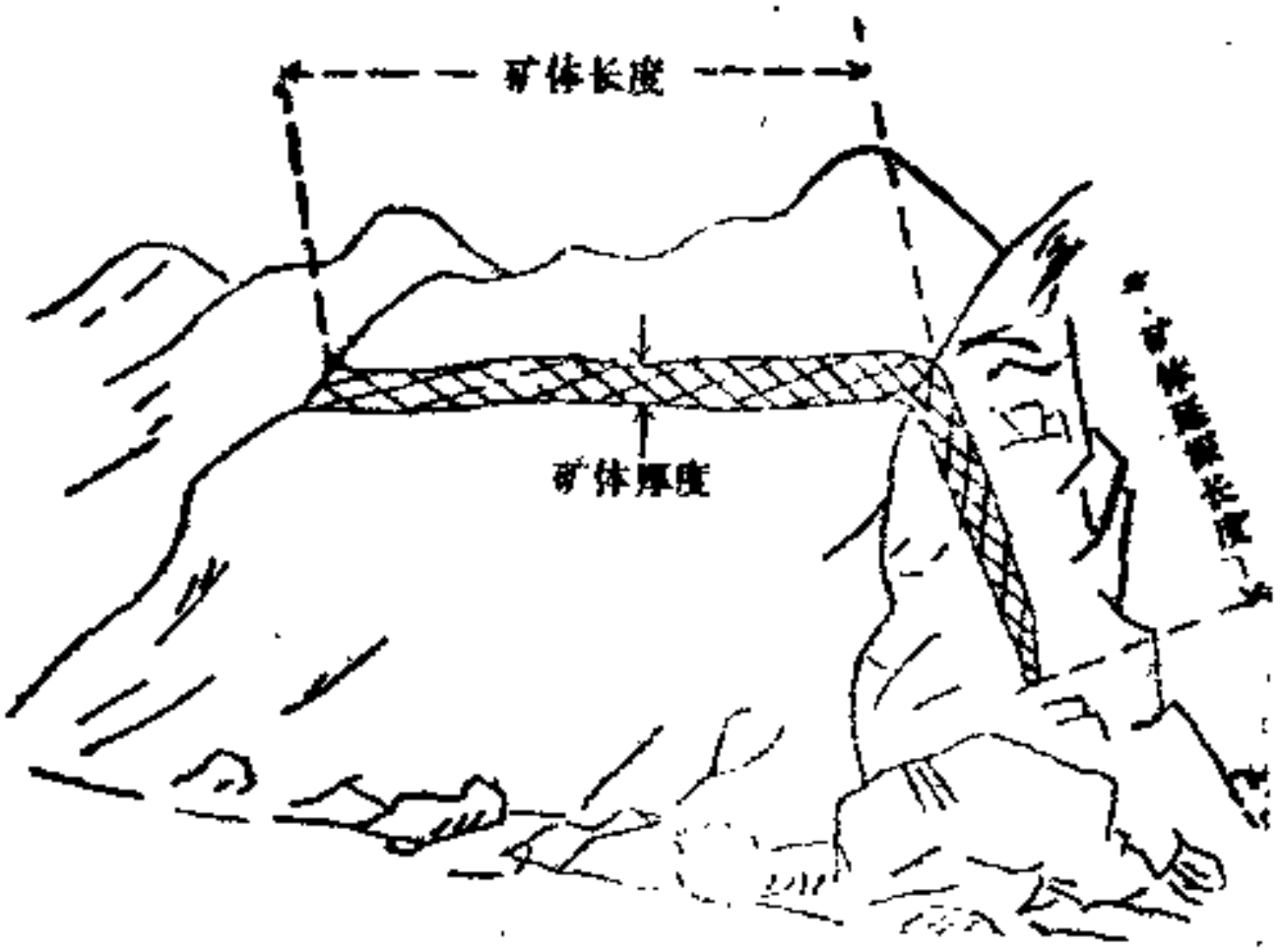



图3-30 矿体长度、延深长度、厚度示意图(3)

用类比法求得。几种常见矿石体重参见表3-7。

表3-7 几种常见矿石体重表

| 矿石名称 | 矿石体重(吨/米³) | 矿石名称 | 矿石体重(吨/米³) |
|---|---|---|---|
| 铁矿石 | 3.4—6 | 磷块岩 | 2.5 |
| 锰矿石 | 3.8—3 | 煤 | 1.3—1.5 |
| 铜、铅、锌 | 2.7左右 | 油页岩 | 2.2 |

试举一例说明：某地有一个小型铜矿，地表见到和工程控制矿体的总长为600米；矿体的平均厚度为2.3米；通过坑探工程了解到矿体的延深长度为200米；化验结果，矿石的平均品位为1.5%；矿石体重采用2.7；经计算

铜矿石量：600米×200米×2.3米×2.7吨/米³

≈745,200吨

金属铜：745200吨×1.5%≈11,178吨

4．矿产储量的分类分级　根据我国当前技术经济条件，并考虑远景发展的需要，可将矿产储量划分为两类：能利用（表内）储量——符合当前生产技术经济条件的储量；暂不能利用（表外）储量——由于有益组分或矿物含量低、矿体厚度薄、矿床开采技术条件或水文地质条件特别复杂或矿产加工技术方法未解决等原因，工业上暂不能利用而将来可能利用的储量。

在储量分类的基础上，按矿产储量的勘探研究程度及其工业用途的不同，又可将储量分为不同等级。目前，我国将固体金属及非金属矿产储量分为A、B、C、D四级。A级，研究或控制程度最高，是矿山编制采掘计划的依据；B级和C级次之，是矿山建设设计的依据；D级的研究或控制程度相对最低，是矿山远景规划和部署地质勘探工作的依据。预测资源也有分级问题，现已初步分为E、F、G三级。

### （五）采矿常识①

矿床开采方式分露天开采和地下开采两种。

1．地下开采

（1）几个有关的概念[8]　以下着重阐述与地方办矿有关的八个基本概念：

①开采单位及其划分　在进行矿床开采时，必需有步骤有计划的进行，应将矿床划分为由大到小的开采单位。

在一个矿山中划归一个矿井或坑口开采的全部矿床或其中一部分叫做井田。

---

① 河南地质科技咨询服务公司，1985．地方常见矿产开采技术

在开采倾斜和急倾斜矿床时，在井田中每隔一定的垂直距离掘进，与走向一致的主要运输巷道，将井田在垂直方向上划为一个个的矿段，它的范围是上下以相邻的两个阶段平巷为界，左右以井田的边界为界，这样的矿段叫做阶段（图3-31）。相邻上下两个阶段平巷和相邻两个天井之间所包围的矿段，叫做采区。在开采水平和微倾斜矿床时，与阶段和采区对应的术语是盘区和矿壁。

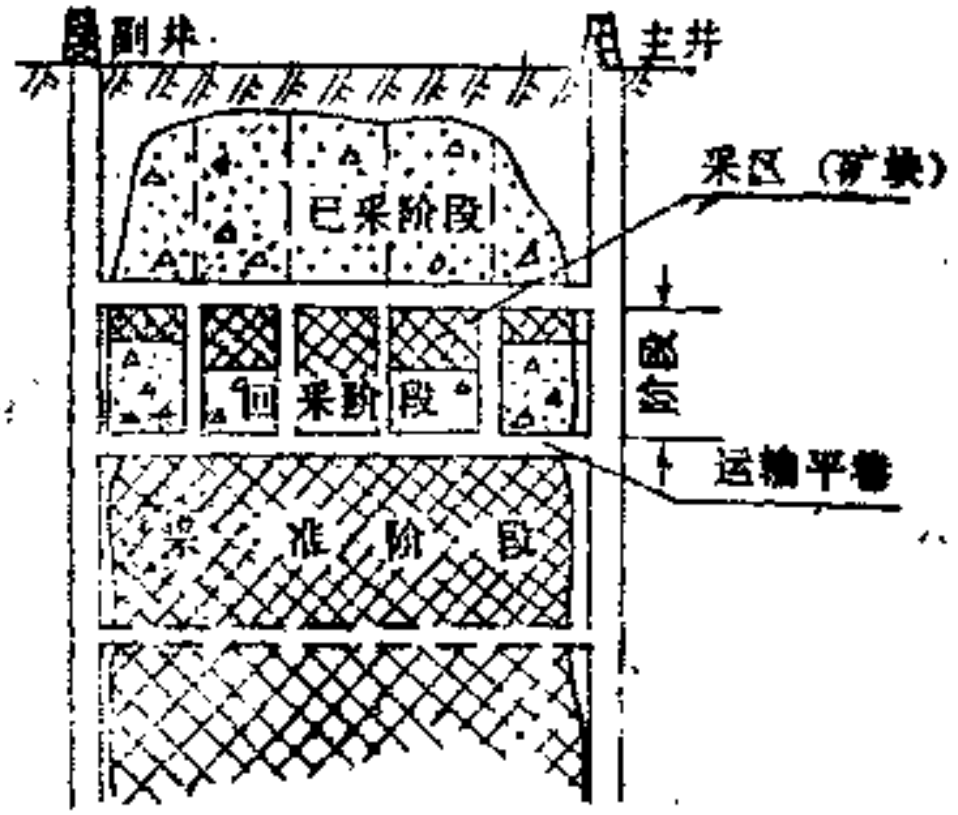



图3-31　阶段、采区划分示意图

②开采顺序　井田中阶段的开采顺序有两种，即下行式和上行式。下行式的开采顺序是先采上部阶段后采下部阶段的由上而下逐个阶段开采的方式；上行式则相反。在生产实际中，一般多用下行式开采顺序。因为下行式投入生产快，初期投资少，有探矿作用，安全性好等。

阶段中采区的回采顺序，按回采工作相对主要开拓巷道的位置可分为三种：

一是前进式，即从靠近主井的采区开始向井田边界前进，依次回采；

二是后退式，即从井田边界的采区开始向主井方向后退，依次回采；

三是混合式，即开始时用前进式，待阶段平巷掘完后，改为后退式。

③矿床开采的步骤　矿床开采的步骤，一般按开拓、采准和切割、回采三个步骤来进行。这三个步骤反映了不同的工作阶段和不同的采矿准备程度。

矿床开拓就是从地面掘进一系列的基本巷道和硐室通达矿体，构成一个完整的运输、通风、排水、压气、供风和供水等系统，以便在矿床中进行采准、切割和回采工作（见图3-32）。为了开拓矿床而掘进的巷道，叫做开拓巷道，这些

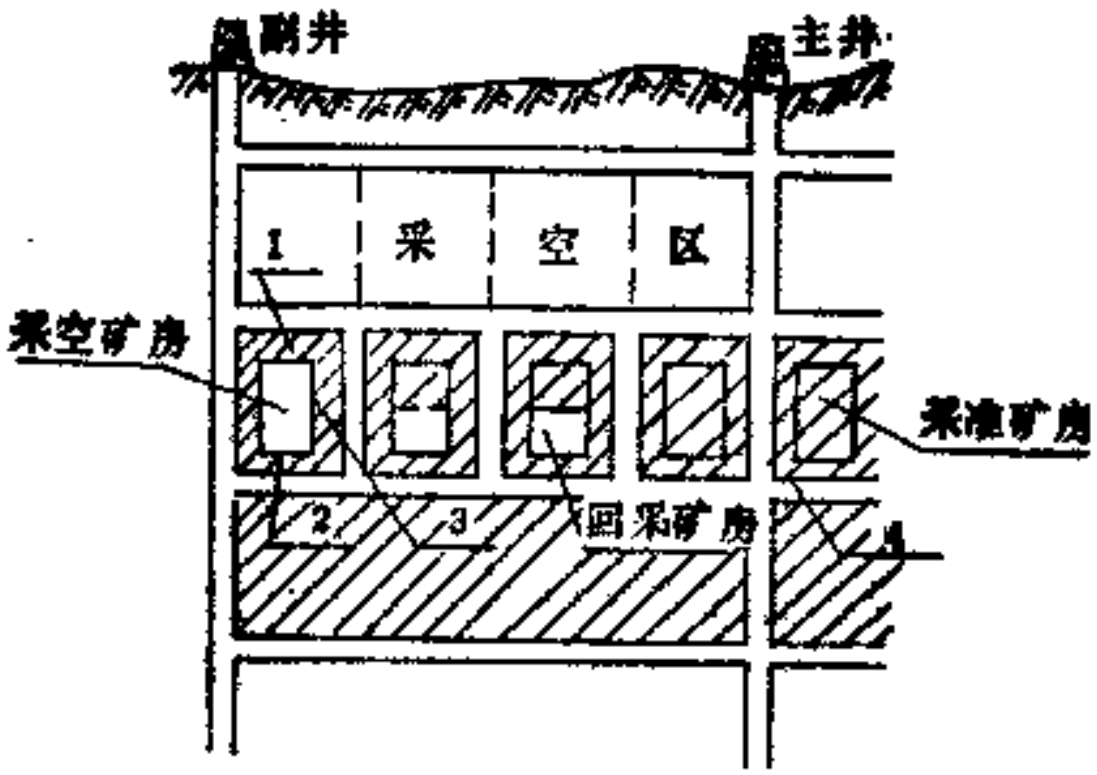



图3-32　矿房及矿柱示意图

巷道是用来运输矿石、废石、材料、设备以及通风、排水和行人的。属于开拓巷道的有：井筒（竖井和斜井）、平硐、

石门、井底采场及其硐室、阶段平巷、主溜井和充填井等。

采准和切割，是在阶段和盘区内，掘进采准和切割巷道。掘进采准巷道的目的，一方面是为了划分采区或矿壁，另一方面是解决采区和矿壁中的行人、运输和通风等问题。掘进切割巷道的目的，则是在已掘好采准巷道的采区或矿壁中，进一步创造必要的回采条件，以便能够开始大量的回采工作。

在已经做好采准、切割工作的采区或矿壁中，进行大量采矿工作的所有生产过程，叫做回采。它包括崩矿、矿石运搬和地压管理三项主要作业。

④三级储量　按矿床开采的准备程度，矿石储量可划分为三级，即开拓储量、采准储量和备采储量。这三种储量称为三级储量。

通过掘进开拓巷道，形成了一定的运输、通风、排水系统，在这些开拓巷道所控制范围内的矿床储量叫做开拓储量。

采准储量是开拓矿量的一部分。凡采区或矿壁，完成了采矿方法所规定的采准工程量，这些采区或矿壁中的储量叫做采准储量。

备采储量是采准储量的一部分。凡采区或矿壁中完成了采矿方法所规定的切割工程量的储量叫做备采储量。

在矿床开采初期，各个矿床开采步骤是依次进行的，即按基建进度计划形成规定的三级储量才能投产；在正常生产时期（即投产以后），应切实贯彻执行“采掘并举、掘进先行”的方针。一般要确保三级储量规定的指标，否则将会出现采掘失调，使矿山生产陷于混乱和被动局面。因此要随时

注意正确安排开拓、采准和切割、回采工作量。必须遵循开拓超前采准，采准超前回采的原则。只有这样才能保证矿山生产持续、稳定、均衡地进行。

⑤对矿床开采的要求　对矿床开采，要求确保矿床开采工作的安全及良好的劳动条件，劳动生产率要高，开采强度（是指矿床、井田、阶段、采区的开采速度）要大，矿石的损失和贫化要小，矿石成本要低等。

矿石损失的原因很多。例如由于矿体受地质构造（断层、褶皱）的破坏和水文地质条件的影响，矿体埋藏条件复杂，在当前采矿技术条件下，尚不能进行回采而造成的矿石损失；还有，为了保护井筒、保护地表建筑物或河流等回留下的保安矿柱所造成的矿石损失；为了保护井下巷道而留下的顶底柱，以及采矿方法设计规定丢弃不采的矿柱；回采过程中，由于工作粗心大意采矿不到边，已采下的矿石碎块或粉矿丢失在采空区内或混入矿房的充填料中；在运输和装卸过程中所造成的矿石损失；由于井下火灾（特别是含铀煤矿床）、水灾及地压管理不当发生大冒顶、垮帮等突然事故所造成的矿石损失等。矿床是采后不能再生的国家宝贵资源，除当前采矿技术条件所难以回采的和永久性保安矿柱的矿石损失外，回采和运输过程中的损失应尽量减少，不应超过国家规定的指标。

减少矿石损失的措施有：加强采场地质工作；加强顶板管理工作，防止顶板冒落，以免有矿不能采或采后不能出的事故发生；加强对小矿体和盲矿体的勘探和回采工作，坚持小大兼采、难易兼采的原则；严格遵守保安规程和操作规程，杜绝突然事故的发生；加强装车、运输、卸车的管理工作；

正确选择采矿方法，尽量少留或不留矿柱；采用充填采矿法时，提高假底、隔离层的质量，确保各种矿柱（顶底柱、间柱）回采时的安全；每分层充填必须到边，充填料必须打水泥垫板，出矿时底板要清扫干净等。

矿石贫化的原因包括，采矿时开采了矿体以外的围岩；开采含有夹石的矿体时，对夹石与矿石未能分采分运，致使夹石混入矿石之中；当采用充填采矿法时，由于工作不慎，将部分充填料掺入矿石之中；围岩（特别是上盘围岩）稳固性差，由于其自然冒落而混入矿石中；对于易溶性矿石，由于地下水或生产用水的作用，部分有用元素被淋浸而丢失。

减少矿石贫化的措施有：正确选择采矿方法，薄矿体要严格控制采幅，对含夹石的矿体进行分采分运；正确确定矿房边界的凿岩爆破参数；充分发挥地质工作的作用，严格控制矿体边界；注意分辨矿石与废石；有条件的地方，实行手选废石。

⑥矿石损失率和回收率　矿石损失的大小用损失率表示。与损失率相对应的是回收率。其两者之和为100%。

设计采区的工业储量$Q$与开采后所得的矿石量$Q'$之差叫做矿石的损失或损失量。损失量与工业储量的百分比，叫做损失率。

$$q=\frac{Q-Q'}{Q}\times 100\%$$

如果$Q'$代表开采后所得的纯净矿石量，$q$就叫做实际损失率；如果$Q'$代表出窿矿石量（即包括混入的废石在内的矿石量），则$q$叫做视在损失率。

开采后所得到的矿石量$Q'$与矿石工业储量$Q$的百分比叫

做回收率，即：

$$p = \frac{Q'}{Q} \times 100\%$$

如果$Q'$代表开采后所得到的纯净矿石量，$p$就叫做实际回收率；如果$Q'$代表出窿矿石量，则$p$叫做视在回收率。

⑦矿石的贫化和贫化率　采下的矿石，其中总要混入一些废石，因此它的品位必然要比未采下的工业矿石的品位有所降低，这就是叫做贫化。贫化的程度通常用贫化率$\rho$来表示。贫化率也有实际贫化率$\rho$和视在贫化率$\rho'$之分。视在贫化率，就是指矿石品位降低的百分数，即

$$\rho' = \frac{a - a'}{a'} \times 100\%$$

式中　$a'$——原生工业矿石品位；

$a'$——采下后的矿石品位。

实际贫化率，就是指混采下来的废石与采下的矿石（包括混入的废石在内）的百分比，即

$$\rho = \frac{R}{Q'} \times 100\%$$

式中　$Q'$——采下的矿石量（包括混入的废石）；

$R$——采下的矿石中所包含的废石量。

实际贫化率也叫做废石混入率。

生产现场的损失率和贫化率，一般是指实际的损失率和实际的贫化率。因为实际损失率和实际贫化率指标对采矿生产作业指导意义较大。

⑧矿山年产量的确定　矿山的产量规模（即年产量），是决定开采设计的重要依据，因此，在进行开采设计时，首

先要确定矿山的年产量。

确定矿山产量规模时，首先要考虑国民经济的需求，同时也要考虑矿山地质条件和开采技术经济条件的可能性与合理性。

应当根据矿床的地质条件，结合采用的开采技术等因素，计算可能达到的开采强度，以便从开采技术方面确定可能达到的年产量。常用下面两种方法：

a．用矿床年下降深度校验年产量，年下降深度是开采强度的一个指标，其单位为米/年，即每年能向下开采的深度，我国金属矿山目前开采强度为 10—20 米/年。如果可采面积$S$、矿石容重$\gamma$、回收率$p$，废石混入率$\rho$都是已知数，只要按类似矿山条件确定年下降深度$h$后，便可估算出矿井年产量$A$。

$$A=h\frac{S\gamma p}{1-\rho}\quad(\text{吨/年})$$

b．按同时可能回采的采区数校验年产量，由于矿床赋存条件复杂多变，品位很不均一，所以按照矿床的具体情况进行采区按排，确定出可能同时生产的采区数，这样就可以算出可能达到的年产量。安排采区时，通常同时生产的采区数为可能布置采区数的$\frac{1}{2}$—$\frac{1}{3}$。其余采区作为生产探矿、采矿准备、品位调配和备用采区。用这种方法来确定年产量虽然工作量较大，但工作比较细致，结果也比较切合实际，也是设计中经常采用的方法。

当矿床储量一定时，年产量$A$、矿山计算服务年限$t$，与矿床储量$Q$三者关系是：

$$A = \frac{Q}{t_1}\left(\frac{p}{1-\rho}\right) \quad (吨/年)$$

式中：$p$——矿石的回收率（%）；

$\rho$——废石混入率（%）；

$t_1$——计算服务年限（年）。

从上述关系中可看出，当矿量一定时，产量大，服务年限则短，产量小，服务年限则长。在一般情况下，产量小，基建投资少，生产费用高。如果采用较大的年产量，虽然会增加基建投资，但生产费用低，其总成本比较低。如果产量过大，服务年限过短，就会造成每吨矿石成本所摊销的基本建设折旧费用过分增加，从而总成本加大，而造成经济上不合理。因此，从经济上考虑，储量、年产量、服务年限三者要相适应，使采矿和矿石加工的生产费用与基建费用的摊销额配合适当，使得产品成本达到最小。

（2）矿床开拓方法[10] 根据主要开拓巷道的类型及它与矿床的相对位置，开拓方法可以分为单一开拓法和联合开拓法两类。用一种主要开拓巷道开采整个矿床的开拓方法属于单一开拓法，并可细分为平硐开拓法、斜井开拓法和竖井开拓法(见图3-33)。联合开拓法则可分为平硐与井筒联合开拓法、斜井与盲竖井联合开拓法、竖井与盲竖井联合开拓法（见图3-33中右侧图示）等。

（3）采矿方法 由于矿床赋存地质条件复杂，矿石和围岩物理力学性质多变，采矿机械设备日益更新，回采工艺不断改进，所以采矿方法多种多样。选择采矿方法主要是根据地质条件，同时考虑技术条件和经济因素。

按回采时的地压管理方法，可将地下开采方法分为三

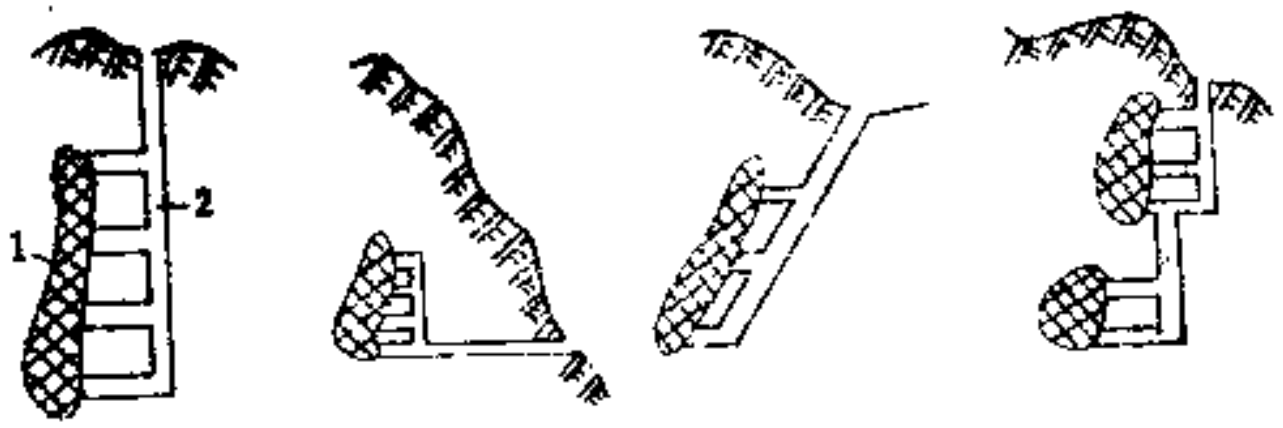



图3-33　矿床开拓示意图

1—矿体　2—坑道

类：

①自然支撑采矿法，包括空场采矿法和留矿采矿法；

②人工支撑采矿法，包括充填采矿法、支柱采矿法、支柱充填采矿法，后两者使用较少；

③崩落采矿法，包括无底柱分段崩落法、有底柱分段崩落法、单分层崩落采矿法。

自然支撑采矿法，是把采区划分为矿房和矿柱，分两个步骤回采采区，先采矿房，后采矿柱。矿房回采时所形成的采空区是利用矿柱支撑。因此，矿石和围岩均稳固是使用本类采矿方法的基本条件。在采场中暂时留矿的留矿法也划归这一类，是因为留矿仅起辅助支护作用，采区主要还是依靠周围的矿柱来支撑。由于本类采矿方法矿房回采后的采空区，在回采时未加以处理，故在回采矿柱以前或同时，这些采空区必须进行处理，这样才能保证下阶段开采时的安全。

人工支撑采矿法是在采区中随着回采工作面的推进，用人工支撑的方法来维护采空区和形成工作场地。

崩落采矿法不是以支护采空区作为回采时管理地压的基本手段，而是随着矿石的崩落，同时崩落上下盘围岩或者滞

后崩落上盘围岩来充填采空区，达到控制和管理采区地压的目的。

各种采矿方法的适用条件和主要技术经济参考指标，参见表3-8。

**表3-8**

| 采矿方法 | | | 适用条件 | 主要技术经济参考指标 | | | 矿种举例 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 损失率(%) | 贫化率(%) | 出矿能力(吨/日) | |
| 自然支撑采矿法 | 空场采矿法 | 全面采矿法 | 围岩稳固，厚度小于5—7米的缓倾斜矿体 | 5—15 | 5—10 | 90—120 | 铜、锡 |
| | | 房柱采矿法 | 开采厚度小于8—10米，上盘岩石稳固的缓倾斜矿体 | 8—12 | 5—10 | 120—150 | 锑、铁 |
| | | 分段空场采矿法 | 矿石和围岩稳定，矿体倾角一般大于50°，厚度大于6—8米 | 10—15 | 7—15 | 140—300 | 铜、铁 |
| | 留矿采矿法 | 浅孔留矿法 | 矿石围岩稳定，厚度小于5—8米的急倾斜矿体 | 5—10 | 5—10 | 100—300 | 铜、钨 |
| | | 深孔留矿法 | 形状规则的中厚以上矿体，围岩稳固，矿石稳固性稍差 | 5—10 | 10—20 | 250—450 | 铁、铜、钨 |
| 人工支撑采矿法 | 充填采矿法 | 水砂充填采矿法 | 地表需要保护的稀有、贵重或高品位矿床，有自然性的硫化矿床，矿石较稳固 | 5—10 | 5—8 | 100—300 | 铅、锌、铜、锰、铁 |
| | | 胶结充填采矿法 | 地表需要保护的稀有、贵重或高品位矿床，有自然性的硫化矿床，矿石较稳固，急倾斜矿体和任何倾斜角的极厚矿体。 | 6—8 | 3—8 | 50—80 | 锑、铅、锌 |
| 崩落采矿法 | | 无底柱分段崩落法 | 矿体厚度大于5—6米；急倾斜矿体或厚度较大的缓倾斜矿体；矿石无粘结性，价值低，品级多，中等稳固；围岩不稳固 | 15—20 | 15 | 200—400 | 钒、钛、铁、硫铁矿 |
| | | 有底柱分段崩落法 | 矿体厚度大于5—6米；矿石不稳固，不含或少含夹石，矿体倾角较缓 | 15—20 | 15—20 | 300—400 | 铜、铁 |
| | | 单层崩落采矿法 | 矿体厚度小于3—4米的水平或缓倾斜矿体；顶板易于崩落；地表及围岩允许崩落 | 5—10 | 4—5 | 90—200 | 铝土矿、粘土矿、层状铁矿、锰 |

2．露天开采　也称露天采矿，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击矿岩，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硐直接敞露于地表，此法适用于开采非金属矿、金属矿、煤矿和化工原料等矿床，是目前使用最广泛的一种开采方法。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，相继转入凹陷露天开采。地方常见矿产大多裸露在地表或埋藏较浅，剥采比系数小，露采效率高，经济效益好。

露天开采所形成的采坑、台阶和露天沟道总称为露天矿场（图3-34）。露采时，通常把露天矿田内的矿岩划分成一定厚度的水平层，自上而下逐层开采并保持一定的超前关

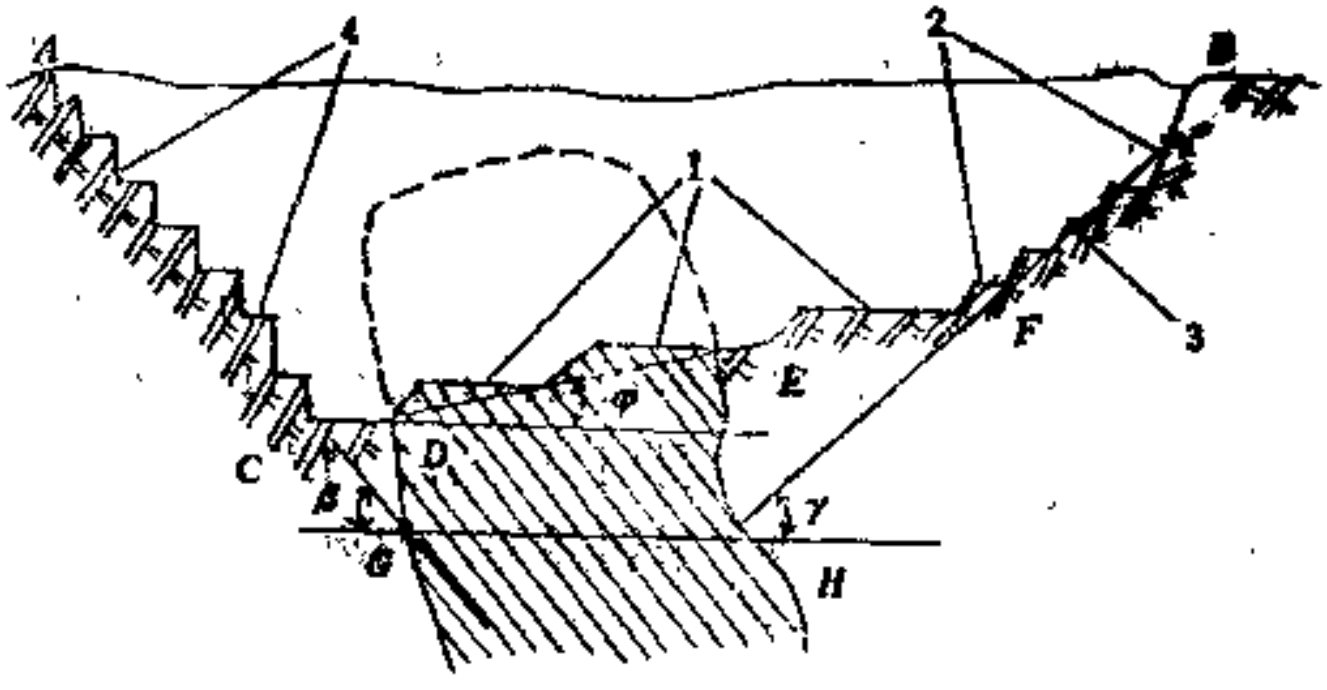



图3-34　露天矿场构成要素

1—工作平台　2—安全平台　3—清扫平台　4—运输平台

系，在开采过程中始终形成台阶状。这样的水平层称为台阶或阶段。它是露天矿场的基本构成要素之一，是进行独立采掘作业的单元体。有时还将工作台阶划分成若干具有一定宽度的条带顺次开采，这些条带称为采掘带。正在和将要进行开采的台阶称为工作台阶，其下的平台称为工作平台。已经结束开采的台阶称为非工作台阶，其上的平台视其用途分别称为安全平台、清扫平台或运输平台。安全平台设在露天矿场四周的边帮上(图3-32中 2 )，用于缓冲和阻截滑落的岩石，还可减缓最终帮坡角，以增大最终边帮的稳定和下部水平工作的安全，其宽度约为台阶高度的1/3。在四周边帮上每隔2—3个台阶设一个清扫平台或运输平台，用于阻截滑落的岩石并用清扫设备进行清理，其宽度决定于所使用的清扫设备。$AC$、$BF$为最终边帮；$AG$、$BH$为最终帮坡面；最终帮坡面与水平面的夹角称为最终帮坡角（$\beta$ 、 $\gamma$），其大小决定于最终边帮岩体的稳定性；$DF$为工作帮；$DE$为工作帮坡面；工作帮坡面与水平面的夹角，称为工作帮坡角($\varphi$)，其大小变化于7°—17°，有时达23°—27°。上部最终境界线（$AB$）所在水平与下部最终境界线（$GH$）所在水平之间的垂直距离，称为露天矿场的最终深度。

开采一个露天矿要经历一定步骤，一般是开采设计、地面准备、矿床疏平、矿山基本建设、日常生产以及生产期间和生产结束后地表的恢复与利用等。采矿与剥岩之间的关系，可概括成一句话，即“采剥并举、剥离先行”，这是露天矿生产的主要规律之一。

当前，露天开采已有一套比较成熟的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，剥采比为0.5：1；矿石最低可采厚度：大中型矿8米，小型矿4米；矿层夹石剔除厚度2米；矿床开采最终边坡角50°—60°；下部最终境界线长40—60米；矿床开采边界对公路、铁路、高压线、居民点、工厂等的爆破安全距离不小于400米。

露天开采优点很多：①有较大的空间便于采用大型机械化设备，提高开采强度，安全可靠，劳动生产率一般比地下开采高出2—10倍；②矿山基建速度快，基建时间约为地下开采的一半；③开采成本一般比地下开采低2—3倍，有利于大规模开采低品位矿床；④矿山开采的损失率不超过3—5%，废石混入率不超过5—10%；⑤木材用量少，每采一千吨矿石，露采平均用木材约为0.1立方米（汽车运输时），地下开采约为15立方米；⑥便于进行改建、扩建。

但是，露采也存在一些缺点：①占用土地面积较大；②产生的粉尘和释放的有害气体污染大气，排土场的有害成分流入江、河、湖泊和农田，会带来不良后果；③爆破造成的地震波和空气冲击波较大，如果措施不力，可能会给人身、设备和建筑物带来威胁；④受气候条件影响较大。

我国目前露天开采的比例见表3-9。[8]

表3-9

| 矿石种类 | 露天开采占总开采量的比例 |
|---|---|
| 铁矿石 | 85% |
| 有色金属 | 35% |
| 煤炭 | 5% |
| 建筑材料 | 100% |
| 冶金辅助原料 | 100% |

应当指出，露天矿开采境界的确定具有重要意义。露天开采境界就是露天开采完毕时的空间范围。境界的圈定决定于露天开采最终深度、底平面和帮坡角三个要素。

矿床的埋藏条件不同，使用的开采方法也不一样。有的矿床，只适合用露天开采；有的适合用地下开采；也有的矿床上部适于露天开采，下部则用地下开采。上述的第一种和第三种情况，都要确定露天开采最终境界。

在露天开采中，为了采出矿石往往需要剥离大量的岩石，而采出单位数量的矿石所需要剥离的岩石量，叫做剥采比或叫做剥离系数。

表示剥采比的数量单位常用的有体积剥采比(米$^3$/米$^3$)和重量剥采比（吨/吨）。

剥采比的大小，标志着露天开采的经济效果，剥采比越大，矿石成本越高，反之矿石成本越低。

在设计和生产中常用的剥采比有：

（1）平均剥采比$n_{平均}$　露天开采境界内的全部岩石量与矿石量之比。

$$n_{平均}=\frac{V_{岩}}{A_{矿}}\ (米^3/米^3)$$

式中　$V_{岩}$——露天开采境界内的全部岩石量，单位：米$^3$；

$A_{矿}$——露天开采境界内的全部矿石量，单位：米$^2$。

（2）分层剥采比$n_{层}$　一个开采分层内的剥岩量与矿石量之比。

$$n_{层} = \frac{V_{层}}{A_{层}} \text{（米}^3/\text{米}^3\text{）}$$

式中 $V_{层}$——分层岩石量，单位：米$^3$；

$A_{层}$——分层矿石量，单位：米$^3$。

（3）生产剥采比$n_{生}$ 某一生产时期剥岩量与采矿量之比。

$$n_{生} = \frac{V_{生}}{A_{生}} \text{（米}^3/\text{米}^3\text{）}$$

式中 $V_{生}$——某一生产时期的剥岩量，单位：米$^3$；

$A_{生}$——同一生产时期的采矿量，单位：米$^3$。

（4）境界剥采比$n_{境}$ 将露天开采深度由某一水平延深至另一水平时，增加的岩石量与矿石量之比。

$$n_{境} = \frac{V_{境}}{A_{境}} \text{（米}^3/\text{米}^3\text{）}$$

式中 $V_{境}$——境界延深时增加的岩石量，单位：米$^3$；

$A_{境}$——境界延深时增加的矿石量，单位：米$^3$。

在露天矿境界设计中，常用境界剥采比不大于经济合理剥采比的原则，确定露天开采最终深度。

所谓经济合理剥采比$n_{经}$，就是按该剥采比开采的矿石成本$C_{露}$不大于地下开采的矿石成本$C_{井}$。

$$C_{露} \leqslant C_{井} \text{（元/米}^3\text{）}$$

露天开采的矿石成本是由采出单位矿石的费用和摊在单位矿石上的剥岩费用所组成。

$$C_{露} = a + nb \text{ (元/米}^3\text{)}$$

式中 $a$ ——采出单位矿石的费用，单位：元/米$^3$；

$b$ ——剥掉单位岩石的费用，单位：元/米$^3$；

$n$ ——剥采比，单位：米$^3$/米$^3$。

综合以上两式可得：

$$a + nb \leqslant C_{井}$$

$$n \leqslant \frac{C_{井} - a}{b} \text{ (米}^3\text{/米}^3\text{)}$$

经济合理剥采比的最大值是：

$$n_{经} = \frac{C_{井} - a}{b} \text{ (米}^3\text{/米}^3\text{)}$$

所以，境界剥采比应当是：

$$n_{境} \leqslant \frac{C_{井} - a}{b} \text{ (米}^3\text{/米}^3\text{)}$$

表3-10为经济合理剥采比的参考数值。

**表3-10**

| 矿床类别 | 经济合理剥采比（米$^3$/米$^3$） | | |
|---|---|---|---|
| | 大型矿山 | 中型矿山 | 小型矿山 |
| 铁、锰、铜、铅、锌、菱镁矿等 | 8—10 | ≤6—8 | ≤5—6 |
| 铝土矿、粘土矿 | 13—16 | 13—16 | 13—16 |

按照境界剥采比等于或小于经济合理剥采比的原则确定露天开采深度之后，只要能确定露天矿底平面（露天矿底平面最小宽度应根据采掘运输设备正常工作所要求的宽度及保证深部开采时的安全来决定，一般不小于10—30米）和露天

矿的边坡角（可参看表3-11），便能确定露天开采的最终境界。

露天矿床开拓，就是按照一定的方式建立地面与采矿场各生产水平之间的运输通路。开拓方法主要以运输方式作为分类的特征，如公路运输开拓、斜坡卷扬开拓、平硐溜井开拓等。

露天矿山的生产工艺是完成露天矿山工程（掘沟、剥岩、采矿）的重要手段。在金属矿山中生产工艺一般包括穿孔爆破、采装、运输和排土四个环节。各工艺之间是密切配合的。因此，应使各工艺的生产设备合理配套，加强组织管理工作，提高设备的完好率、开动率和设备的生产效率，才能保证露天矿生产任务的完成。

### （六）采矿安全

矿山开采是多工种多工序作业，工作场所经常转移和变化，客观条件比较复杂，常发生坍塌、冒顶片帮事故，井巷涌水，瓦斯和煤尘爆炸，其他有害气体（如CO、$H_2S$、$SO_2$、$NO_2$等）引起窒息和中毒，爆破事故，机电设备的辗压和触电等，都威胁着人身的安全和生产的正常进行。因此，必须认真加强安全技术教育，普及矿山安全技术知识，遵守安全操作规程，减少和防止事故的发生。

1．露天开采安全技术

（1）凿岩：人工凿岩中的单手锤、双手锤和半机械化工具凿岩，目前仍为地方办矿所采用。常见的事故主要是跑锤或锤把折断伤人，及粉尘和冲洗炮眼时被岩屑伤害等。预防措施是：打眼时扶钎和打锤的人要分别站立在适当位置上，避开锤子的运行范围；开眼时，轻锤慢打，眼深15—20毫

米左右，再稳、准、狠地打；打锤时精力要集中；扶钎要稳，钎刃要落到眼底；加强照明；使用的锤重要匹配并及时检查锤把。

（2）爆破：根据有关规程规定，应遵守：①露天大、中、小爆破应按规定时间进行。雷雨天气不得用电气放炮（国内外曾发生多起由雷电造成的早爆事故）。在黄昏、夜间和大雾时，禁止爆破。②安全距离视地形而定，一般水平距离至少200米以外，下坡距离400米以外。③在林区施工，爆破前应清理工作面的干枝、干叶等，以防火灾。④严禁在山坡上、下或相邻地区同时放炮。⑤深孔爆破时，炮孔周围的碎石和杂物应清除，只准用电雷管或导爆索起爆。⑥装药前，距爆区50米内要撤出一切与装药无关的设备，装药时禁止在200米内进行其它爆破。⑦掌握炮眼方向，使爆破后抛掷的岩块不致危及建筑物、农田水利及人员安全。必要时采用定向爆破、松动爆破，减少装药量或在炮眼上放置复盖物。⑧复土爆破禁止用石块压盖药包。

（3）边坡稳定：露天矿的最终边坡角，对露天矿安全生产与经济效益有很大的影响。合理确定边坡角有分析法和比拟法两种方法，又以比拟法为主。比拟法是根据类似露天矿的实际稳定边坡角，由设计者按经验选取，再加以适当修正。露天矿最终边坡角参数见表3-11。

（4）露天矿环境保护：露天开采造成的环境污染是多方面的，如粉尘和有害气体的污染、废水污染、噪声和冲击波等，但特别突出的是露天矿场及废石场占用大量土地、破坏自然景观、破坏生态平衡，甚至造成泥石流和滑坡。例如在菲律宾南部的碧瓦塔山，由于淘金工人的狂掘乱挖，于

## 表8-11　露天矿台阶坡面角及最终边坡角①

| 岩石类别 | 普氏系数 | 岩石名称 | 台阶坡面角 | | 边坡高度为下列值时的稳定角（度） | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 工作的 | 非工作的 | <90m | 90～180m | 180～240m | 240～300m |
| 极硬 | 15～20 | 石英岩、玄武岩、花岗岩、石英斑岩、砂质页岩、极硬的砂岩和石灰岩 | 80°～90° | 75°～85° | 60～68 | 57～65 | 53～60 | 48～54 |
| 坚硬 | 8～14 | 花岗岩、特硬砂岩及石英岩、特硬铁矿、石灰岩、硬大理岩、白云岩 | 70°～80° | 70°～75° | 50～60 | 48～57 | 45～53 | 42～46 |
| 中硬 | 3～7 | 铁质石碳灰砂岩、砂矿、砂岩、泥灰岩、泥岩 | 60°～70° | 60°～65° | 43～50 | 41～48 | 39～45 | 36～42 |
| 软 | 1～2 | 含石的粘砾状粘有和重土、小碎石质漂砾土、砂土、土 | 45°～60° | 45°～60° | 30～43 | 28～41 | 26～39 | 24～36 |
| 极软 | 0.5～0.9 | 卵的黄植炭、土粘土、湿散种泥石、植松土、土腐 | 35°～45° | 25°～40° | 21～30 | 20～25 | — | — |

1985年10月下旬的一天发生滑坡，120名淘金工人和他们的妻儿全部丧生，几天后又有100人因滑坡而死亡。所以，要注意在采场周围进行绿化，搞好通风和大气监测，制定和实施环境保护的规划和措施，严防乱采乱挖。

（5）防水和排水：露天矿防水目的在于防止地表水和地下水涌入采场，维护边坡稳定性。地面防水有截水沟、河流改道和构筑防洪堤等三种措施；地下防水则有防渗挡水墙和矿床疏干等两种。以截水沟应用最广泛。截水沟常采用梯形断面，其高度一般为0.3—0.5米，纵坡度一般不应小于3‰，土沟最大纵坡度不应大于8‰；截水沟的布置因地制宜。

露天矿场经采取防水措施后，但仍会有少量地表和地下水渗入采场，需予以排除，以保证正常生产。对于开采范围较小、开采深度不大的露天矿，应以自流排水和采场底部集中排水为主。常用的排水方式参见表3-12。

2．地下开采安全技术

（1）巷道瓦斯：是巷道空气中最危险的混合气体。爆炸瓦斯主要成分是沼气，其次是二氧化碳和氮气等。沼气即甲烷（$CH_4$），是无色、无味、无嗅的气体，当含重碳化合物时，稍有气味。由于它相对密度较小（0.554），常聚集在坑道顶板，极易引起爆炸。空气中沼气含量达19%时，人体呼吸感觉困难。沼气可以燃烧，与空气混合后能形成爆炸性气体，给矿山生产带来严重威胁。一般情况下瓦斯爆炸限浓度为5—6%，上限浓度为14—16%，爆炸威力最强的浓度为9.5%。值得注意的是，如果有其他可燃性气体或煤尘混入，或者混合气体的温度、压力发生变化时，都会使瓦斯爆炸的界限扩大。瓦斯的点燃温度为650—750°C。

表3-12 露天矿常用的排水方式及其使用条件①

| 排水方法 | 优点 | 缺点 | 使用条件 |
|---|---|---|---|
| 1.自流排水 | （1）安全可靠；<br>（2）基建投资少；<br>（3）经营费低；<br>（4）管理简单。 | 受地形条件严格限制 | 山坡露天矿 |
| 2.露天采矿场底部集中排水<br>（1）半固定式泵站<br>（2）移动式泵站 | （1）基建工程量小投资少；<br>（2）移动式泵站不受淹没高度限制；<br>（3）施工简单。 | （1）泵站移动频繁；<br>（2）露天矿底部工作条件差，新水平准备工程受水的影响；<br>（3）经营费高；<br>（4）半固定式泵站受淹没高度影响。 | （1）汇水面积小、水量小的露天矿；<br>（2）开采深度浅，下降速度慢或干旱地区的大型露天矿都可以使用。 |
| 3.露天采场分段截流永久泵站排水 | （1）露天矿底部水平积水较少，开采作业条件和新水平准备工程条件较好；<br>（2）排水经营费低。 | （1）泵站多，分散；<br>（2）最低工作水平的需有临时泵站配合；<br>（3）需开挖大容积贮水池、水沟等工程，基建工程最大。 | （1）汇水面积大，水量大的露天矿；<br>（2）开采深度大，下降速度快的露天矿。 |

根据瓦斯的特性，瓦斯爆炸须具备两个条件：①瓦斯含量达到爆炸范围；②引爆火源（明火接触）。

因此，预防措施有：①及时检查巷道内瓦斯的浓度，我国煤矿系统广泛使用国产AQG-1型和SG-2型光学瓦斯检定器检查，巷道内瓦斯含量不得超过0.75%，达到1%时不许放炮，1.5%时停止送电，2%时停止工作，3%时应进行封闭；②加强通风，用新鲜空气将瓦斯冲淡，并排出地表；③防止坑内明火，禁止携带点火工具下井；④保持坑内电气设备完好；⑤采用安全爆破材料和爆破方法。

（2）预防冒顶：冒顶是井下采掘过程中较常见的事故。出现冒顶常有各种预兆，如①顶板发出断裂声；②顶板连续掉碴，尘雾加大；③采空区不断听见闷雷声；④支柱受压下缩量急剧增加；⑤木支柱压损折断，金属支柱发出“咯咯”响声；⑥片帮增多；⑦在瓦斯煤层中，瓦斯涌出量突然增加；有淋水的顶板，淋水增加。

预防措施，除加强领导，依靠群众，严格加强工程质量管理外，要根据地质条件进行施工。如页岩、薄层石灰岩顶板容易冒落，可采用陷落法管理顶板；较厚的煤层可采用垒矸石带充填的方法管理顶板；又如，将工作面调整到与主要裂隙走向方向保持15°—20°斜交的位置；在断层带应增加支柱密度，加顶梁、托板；在淋水地段加强顶板控制；尤其是要掌握工作面回采后经历初次来压、正常顶板自然压力和周期压力三个顶板活动过程，选择相应的支架形式、控顶距和放顶方法。此外，敲帮问顶也是防止冒顶事故的经常性措施。

（3）瞎炮的预防和处理：炮眼经装药放炮而产生不爆炸的现象叫做瞎炮(或拒爆)。产生瞎炮不仅浪费材料，扰乱作业，还往往因处理不当造成重大伤亡事故。瞎炮的预防主要是做好爆破材料的保管和质量检查，细心加工起爆药包，搞好装药放炮的操作技术，按操作规程办事。

处理瞎炮的方法有：①无炮泥瞎炮（包括残炮），可直接装入起爆药包，重新引爆；②有炮泥瞎炮，允许用竹片或铜制掏勺轻轻掏出炮泥。掏炮泥时不得用力拉动起爆药包的导火线或脚线，掏至预定标志时应立即停止，再装入起爆药包重新引爆。操作时禁止用铁制掏勺掏出炮泥，并严禁从炮眼中强力拔出雷管。

地下开采中还应注意支护安全、矿车运输安全、提升安全、防火防水、采空区处理等多项要求，认真贯彻执行国家颁布的《矿山安全条例》和《矿山安全监察条例》，以确保人身安全和生产的正常进行。

## 四、地方常见矿产的用途、工业要求和价格

### （一）矿产分类及一般工业要求

1. 矿产分类

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、锑、金、银；

（4）冶金辅助原料矿产10种：熔剂石灰岩、熔剂白云岩、硅石、菱镁矿、耐火粘土、萤石、铁矾土、锌型用砂、储型用粘土、高铝矿物原料（蓝晶石、红柱石、矽线石）；

（5）化工原料非金属矿产14种：硫（含伴生硫）、磷、钾长石、富钾岩石、明矾石、蛇纹石和橄榄石、化工用硅藻土、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）、陶瓷粘土、硅灰石、大理岩、花岗岩、建筑石材、冰洲石、铸石用玄武岩和辉绿岩、珍珠岩、沸石、镍石、硅藻土、膨润土、浮石、凹凸棒石、

叶腊石、刚玉、柘榴子石、天然油石、金刚石、宝石、玉石。

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。

2．矿产的一般工业要求：

（1）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。

（2）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。

（3）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。

（4）伴生有益组分——与主组分相伴生的，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分，可以提高矿床的价值，有时还可适当降低对主组分的要求。伴生有益组分的折算，可用等价比方法，换算的参考公式如下：

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

（5）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。

（6）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。

（7）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，可连入矿体一并计算储量，但必须保证矿段内平均品位不能因此低于工业品位。

## （二）矿产各论[②][③]

### 煤

1．性质与用途

煤炭是植物遗体在沉积地层中形成的一种特殊的可燃性有机岩。煤炭由有机成分、无机成分两者组成。前者是煤的可燃部分，后者是成煤过程中混入的泥砂和水。煤的有机成分主要由碳、氢、氧、氮等元素组成。随着碳化程度和变质程度不同，这些元素含量及煤的性质也有所不同，详见下表：

表4-1[②]

| 种　类 | 碳 | 氢 | 氧 | 氮 | 发热热量（卡/克*） |
|---|---|---|---|---|---|
| 泥　炭 | 59 | 6 | 33 | 2 | 5400 |
| 褐　煤 | 69 | 5.5 | 24 | 1.5 | 6700 |
| 烟　煤 | 82 | 4.5 | 12 | 1.7 | 8400 |
| 无烟煤 | 95 | 2.3 | 2 | 0.8 | 8100 |

* 卡/克为cal/g；1卡(cal)≈4.1868焦耳(J)

煤炭是当今五大能源支柱之一，它主要用作工业动力燃料，在冶金、火力发电、交通运输和民用燃料等方面，都需

② 陕西省地矿局科技处，1985．陕西及全国矿产简介等。

③ 河南地质科技咨询服务公司，1985．几十一种矿产工业要求及经济技术参考手册。

要它；煤又是重要的化工原料，通过焦化、加工等过程，可以得到许多重要的化工原料及化工产品，如：煤气、煤焦油、氮肥、医药品、农药、染料、塑料、合成纤维、合成橡胶、糖精、香料等上百种产品；含油率较高的煤，还可以用来提炼石油；煤燃烧剩下的煤渣还可制耐火砖或煤渣砖，也可作水泥的配料。不同类型的煤的性质及用途见表4-2。

表4-2③

| 名称 | | 性质 | 用途 |
|---|---|---|---|
| 无烟煤 | 石煤 | 我国南方几省下古生界内含的一种高变质（部分变成微晶质石墨）、高灰分(灰分一般大于40%)的煤。 | 有些地区或单位将发热量大于1300卡／克的用来发电，大于2000卡／克的用来造煤气和试烧工业锅炉，大于4000卡／克的用于炼白口铁和造氮肥，一般可民用、烧石灰和烧砖瓦。 |
| | 无烟煤 | 变质程度深，含碳量高，化学反应性较低，光泽强，硬度高，比重较烟煤大。 | 用作民用和动力燃料，若化学反应性较大，热稳定性较高，可作合成氨的原料，或用于炼铁、气化。低灰分、低硫分的高变质无烟煤可用作电极炭素材料。 |
| 烟煤 | 贫煤 | 变质程度最高的烟煤，加热不产生胶质体，不结焦，燃烧时火焰短。 | 民用、动力燃料和气化用煤。 |
| | 瘦煤 | 加热产生少量的胶质体，一般能单独炼焦，焦炭块大，但耐磨强度低。 | 均可作为配焦用煤，炼焦用煤要求灰分、硫、磷的含量愈低愈好，一般要求灰分小于10%，硫小于1%，磷小于0.05%。灰分、硫、磷高的炼焦用煤经过选选后也可利用。<br>焦炭除供冶金工业用外，也可用于气化动力和制氮肥等。 |
| | 焦煤 | 加热形成稳定性很高的胶质体，单独结焦，焦炭性能最好。 | |
| | 肥煤 | 中等变质程度，加热产生大量胶质体，单独结焦良好，强度稍差。 | |

表4-2（续）

| 名称 | | 性质 | 用途 |
|---|---|---|---|
| 烟煤 | 气煤 | 加热有较多的挥发分和焦油析出，胶质体的热稳定性差，能单独结焦，但块小易碎。 | 可作为配焦用煤 |
| | 弱粘结煤 | 低-中等变质程度，胶质体很少，能单独结焦，但焦块小而易碎。 | 主要作为火力发电厂、机车和气化用煤。 |
| | 不粘结煤 | 低-中等变质程度，不结焦，发热量较一般烟煤低。 | 作为民用和动力燃料及气化用煤。 |
| | 长焰煤 | 变质程度最低的烟煤，不具或具弱粘结性。 | 作为民用及动力燃料、低温干馏和气化用煤。 |
| 褐煤 | | 褐色，水分高，发热量低，含原生腐植酸 | 作民用及电厂用煤，若焦油产率大于8%，可作低温干馏和气化，有的还适于生产合成氨。 |
| 泥煤（泥炭、草煤、柴煤） | | 褐色、水分和腐植酸含量较褐煤高，发热量较褐煤低。 | 作燃料、肥料、化工原料，有的用以打铁、浇铸。 |

2。一般工业要求

工业要求取决于不同的煤质、煤层产状和开采方法，以及各地区的煤炭资源情况。

现将炼焦用煤、非炼焦用煤（包括动力用煤、炼油用煤、气化用煤和民用煤）及褐煤的一般工业要求列于表4-3中。

**表4-3**

| 煤的种类 | 不同倾角的煤层最低可采厚度 | | | | | 最高绝对干燥灰分(%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 井下开采 | | | | | |
| | 倾角 | <25° | 25°—45° | >45° | 露天开采 | |
| 炼焦用煤 | 厚 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | | |
| 非炼焦用煤 | 度 | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 1 | 40 |
| 褐　煤 | (米) | 1.0 | 0.9 | 0.8 | | |

煤炭资源缺少地区的要求参见表4-4：

**表4-4**

| 煤的种类 | 不同倾角煤层最低可采厚度 | | | | 最高绝对干燥灰分(%) | 最低发热量(千卡/公斤) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 井下开采 | | | | | |
| | 倾角 | <25° | 25—45° | >45° | | |
| 炼焦用煤 | 厚 | 0.6 | 0.5 | 0.4 | 40 | |
| 非炼焦用煤 | 度 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 50 | 5000 |
| 褐　煤 | (米) | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 4 | 2000 |

注：a. 据煤炭工业部1980年颁布的"煤炭资源地质勘探规范"。

b. 非炼焦用煤和褐煤，在灰分和发热量两项指标中有一项符合标准即可。

对工业用煤来说，除了一般工业要求（煤层厚度及灰分）外，还按不同用途提出了一些特殊要求。

（1）炼焦用煤：一般是用气煤、肥煤、焦煤、瘦煤炼焦。要求具有一定的粘结性和结焦性；有害杂质（灰分、硫、磷）的含量低；炼出的焦炭有较高的机械强度（抗碎性、耐磨性）。通常要通过结焦试验，测定胶质层最大厚度（Y），了解煤岩成分。配煤后灰分不超过10%，硫分不超过1%，磷小于0.01%，并要确定灰分成分。

（2）动力用煤：进行评价的主要条件是发热量。它与灰分关系密切，因而通常按灰分含量加以评定。交通运输及工业锅炉用煤，要求灰分小于25%，火力发电用煤的灰分要求可以放宽，但要求煤的质量不要波动太大。

（3）炼油用煤：不同的炼油方法，要求不同的指标。常用的低温干馏法，需测含油率（一般＞7%）、耐热强度（＞40%）、粘结性（胶质层厚度小于9毫米）及块度（6—13毫米，最好20—80毫米）；用氢化法则要求碳氢比(C/H)小于16，挥发分不低于有机质的35%，灰分不大于5%，丝炭含量不大于2%。

（4）气化用煤：一般用不粘结煤或粘结煤，也可用焦炭、半焦炭做气化原料，对气化煤的要求取决于煤气的种类（发生炉煤气、水煤气、半水煤气等）和发生炉的型式。目前我国常用的煤气发生炉型式大体可分为固定层与沸腾层两种。用固定层发生炉要求：块度25—75毫米，耐热度大于50—60%，灰熔点大于1250°C，灰分小于20%，挥发分小于10%，含硫量小于2%等；沸腾层发生炉用褐煤、泥煤及低变质烟煤，一般要求：化学活性大于60%，煤的粘结性为不粘或弱粘结，灰熔点大于1200°C，水分小于10%，灰分小于25%，全硫小于2%。

3．价格*

1985年2月，国内部分城市原煤供应价：北京27.5元/吨，天津32.9元/吨，南京36.8元/吨，郑州25.1元/吨，武汉50.3元/吨。

---

* 本书矿产价格大多引用1984年或1985年的价格，由于矿产价格随着矿产资源形势的发展，经常波动，本书所列矿产价格仅供参考。

洗精煤基本价格和焦炭价格分别参见表4-5、表4-6③，

表4-5

| 等级 | 灰分范围(%) | 冶炼用炼焦精煤150% | | 价③回题 |
|---|---|---|---|---|
| | | 比价(%) | 价格(元) | |
| 一 | 5.01—5.5 | 115 | 53.93 | |
| 二 | 5.51—6.0 | 113.5 | 53.22 | |
| 三 | 6.01—6.5 | 112 | 52.52 | |
| 四 | 6.51—7.0 | 110.5 | 51.82 | |
| 五 | 7.01—7.5 | 109 | 51.11 | |
| 六 | 7.51—8.0 | 107.5 | 50.41 | |
| 七 | 8.01—8.50 | 106 | 49.71 | |
| 八 | 8.51—9.0 | 104.5 | 49.00 | |
| 九 | 9.01—9.5 | 103 | 48.30 | |
| 十 | 9.51—10.0 | 101.5 | 47.60 | |
| 十一 | 10.01—10.5 | 100 | 46.89 | |
| 十二 | 10.51—11.0 | 98.5 | 46.19 | 84.7 |
| 十三 | 11.01—11.5 | 97 | 45.49 | |
| 十四 | 11.51—12.0 | 95.5 | 44.78 | |
| 十五 | 12.01—12.5 | 94 | 44.08 | |

表4-6

| 焦炭种类 | 灰分(%) | 硫分(小于%) | 挥发分(不大于%) | 焦末含量(%) | 出厂价格(元/吨) | 价格倍数 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 冶金焦炭(YB287-64) | | | | (粒度<25毫米) | | |
| >40毫米 | 15 | 1 | 1.2 | 4 | 80 | |
| >25毫米 | 15 | 1 | 1.2 | 5 | 86 | |
| 25—40毫米 | 15 | 1 | 1.5 | 12 | 76 | |
| 其它焦炭 | | | | (粒度<10毫米) | | 84.7 |
| <25—10毫米 | 16 | 1 | 1.5 | 14 | 62 | |
| 5—15毫米 | | | | | 46 | |
| <10毫米 | | | | | 28 | |
| 全焦 | 15 | 1 | 1.2 | (粒度>25毫米) | 63 | |

注：1. 各类焦炭一律以干基为计价标准。

3，灰分每增、减0.6%，焦末含量每增、减1%，价格每减、加1%；灰分增、减不足0.6%，焦末增、减不足1%，价格不加不减。

3．西南地区(包括酒钢)因受煤炭资源的限制，粒度≥25毫米的焦炭灰分为15.5%，硫分为1.2%，价格不变。

4．如用户要求焦炭粒度＞60毫米(质量与＞40毫米相同)每吨加价23元。

## 油 页 岩

1．性质与用途

海湖成因的腐泥质沉积岩叫油页岩。它是一种棕色至黑色纹层状页岩，含液态及气态的碳氢化合物，含油率一般为4—20%，最高可达30%。质轻，具油腻感。用指甲刻划时，划痕呈暗褐色；用小刀沿层面切削时，常呈刨花状薄片，用火柴点燃时冒烟，具油味。

油页岩主要用来提炼石油和化工原料。气化、高温干馏后可获得高温气体燃料。低温干馏生产煤焦油。油页岩还可以直接燃烧，作蒸汽机的动力燃料和烧制陶器的燃料等。此外还可提取硫酸铵、水泥原料、氧化铝等300多种副产品。

2．一般工业要求〔11〕

目前没有统一的工业要求，现按几个矿区的情况提出下列参考指标。

炼油用：最低含油率（相当边界品位），

露天4%，坑采5%

平均含油率（相当最低工业品位：

露天＞6%，坑采＞6%

燃烧用：最低发热量：露天1700大卡/公斤

最低可采厚度：1米

夹石剔除厚度：露天0.7米，坑采0.5米

剥离比：＜5

3. 价格

表4-7②

| 产品名称 | 产地 | 单位 | 出厂价（元） | 备注 |
|---|---|---|---|---|
| 人造原油 | | | | 依石油部1980年7月所编《1980年石油产品出厂价格》 |
| 页岩原油 | 辽宁 | 吨 | 140 | |
| 页岩原油 | 广东 | 吨 | 150 | |
| 页岩回收轻质油 | | 吨 | 300 | |

## 铁

1. 用途

铁矿是钢铁工业最基本的原料。铁用于铸造和炼制各种碳素钢、合金钢和特种钢。纯磁铁矿可作合成氨的催化剂；赤铁矿、镜铁矿、褐铁矿是天然的矿物颜料。

2. 一般工业要求

（1）矿石的质量要求①

根据用途不同，其工业要求分别见表4-8，表4-9。

表4-8　　炼钢用铁矿石

| 矿石类型 | 全铁% (TFe) | 二氧化硅% ($SiO_2$) | 硫% (S) | 磷% (P) | 铜% (Cu) | 铅、锌、砷、锡% (Pb, Zn, As, Sn) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 磁铁矿石<br>赤铁矿石 | ≥56—60 | ≤6—13 | ≤0.1—0.15 | ≤0.1—0.15 | ≤0.2 | 均≤0.04 |

矿石入炉块度：平炉一般为25—250毫米；转炉一般为10—50毫米。

表4-9　　炼铁用矿石

| 矿石类型 | 全铁%(TFe) | 二氧化硅(%)($SiO_2$) | 硫(%)(S) | 磷(%)(P) | 其他有害杂质% |
|---|---|---|---|---|---|
| 磁铁矿石、赤铁矿石、褐铁矿石、菱铁矿石（注） | ≥50 | | ≤0.3 | ≤0.25 | 铜(Cu)≤0.1—0.2<br>铅(Pb)≤0.1<br>锌(Zn)≤0.05—0.1<br>砷(As)≤0.04—0.07 |
| 自熔性矿石 | ≥40 | ≤10 | ≤0.3 | ≤0.25 | 锡(Sn)≤0.08<br>氟(F)≤1.0 |

注：表中所列含量，是指扣除烧损折算后的含量。

按所炼生铁品种不同，对铁矿石含磷另有要求：

（1）酸性转炉炼钢生铁　≤0.08%

（2）碱性平炉炼钢生铁　0.03—0.15%

（3）碱性侧吹转炉炼钢生铁　0.2—0.3%

（4）托马斯生铁　0.3—1.2%

（5）普通铸造生铁　0.05—0.15%

（6）高磷铸造生铁　0.15—0.6%

炼铁用铁矿石入炉块度：一般为8—40毫米。

对于需选矿石，根据铁矿石选矿难易程度及技术经济条件，评价铁矿床的一般指标如表4-10。

表4-10

| 矿石工业类型 | TFe% | |
|---|---|---|
| | 边界品位 | 工业品位 |
| 磁铁矿石 | 20 | 28 |
| 赤铁矿石 | 25 | 28—30 |
| 菱铁矿石 | 20 | 25 |
| 褐铁矿石 | 25 | 30 |

(2)对铁矿石(床)中伴生组分综合评价要求(见表4-11)：

表4-11

| 元素 | Co | Cu | Ni | Pb | Zn | Mo |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 含量(%) | 0.02 | 0.1—0.2 | 0.1—0.2 | 0.2 | 0.5 | 0.02 |

| 元素 | S | $V_2O_5$ | $P_2O_5$ | U | Sn | $TiO_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 含量(%) | 2—4 | 0.15—0.20 | 1—2 | 0.005 | 0.1 | 5 |

3. 价格

表4-12

| 含铁量(%) | 出厂价（元/吨） | | | | 贵指日期 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 高炉原矿 | 粉矿 | 高炉合格块矿 | 精选矿粉 | |
| 60—65 | 27.5—35.0 | 32.5—40.0 | 30.5—38.0 | 44.5—52.5 | 84.7 |
| 55—59 | 23.0—26.5 | 28.5—31.5 | 26.0—29.5 | 35.0—40.5 | 84.7 |
| 50—54 | 20.5—22.5 | 26.0—28.0 | 23.5—25.5 | 34.0 | 84.7 |
| 46—49 | 18.0—20.0 | 23.5—25.5 | 21.0—23.0 | | 84.7 |
| 42—44 | 16.5—17.5 | 22.0—23.0 | 19.5—20.5 | | 84.7 |

1985年2月下旬，我国部分城市生铁供应价格：北京304元/吨，南京375元/吨，郑州375元/吨，武汉400元/吨。

## 锰

1. 用途

锰主要用于冶金工业，其用量占锰产量90%。在钢中加入少量锰，能增加钢的硬度、延展性、韧性和抗磨性。锰钢是制造飞机、船舶、车辆、铁轨、桥梁及大型厂房的必要材料。锰与铜、镍、铅、钴等制成合金，可用于机械部件、飞机和船舶器材及标准电阻丝。软锰矿(二氧化锰粉)可用作电池的去极剂。锰在陶瓷、搪瓷生产中作氧化剂和釉色，在玻璃生产中用以消除绿

色和制装饰玻璃。锰的化合物如硫酸锰、碳酸锰、高锰酸钾是化学试剂、医药、染料、油漆合成工业等的重要原料。

2．一般工业要求

按用途有不同要求。⑧

（1）放电锰矿石工业要求（见表4-13）：

表4-13

| 品　级 | 二氧化锰%<br>($MnO_2$) | 铁%<br>(Fe) | 放电时间(分钟) |
|---|---|---|---|
| Ⅰ | ≥75 | ≤2.8 | ≥570 |
| Ⅱ | ≥70 | ≤3.5 | ≥510 |
| Ⅲ | ≥65 | ≤4.5 | ≥450 |
| Ⅳ | ≥60 | ≤5.5 | ≥340 |
| Ⅴ | ≥55 | ≤6.5 | ≥330 |

为了制得高质量电池，一般不用Ⅳ、Ⅴ级品，Ⅰ级品也要搭配使用；氧化铁在酸的作用下，形成通电介质，造成电池自动放电；其它杂质为：铜、镍、钴、砷等如呈可溶物存在，就会引起电池腐蚀。

（2）冶金用锰矿石工业要求（见表4-14）：

表4-14

| 矿石类型 | | 锰(Mn)% | | 锰铁比<br>(Mn/Fe) | 锰铁和%<br>(Mn+Fe) | 有害杂质平均含量% | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 边界品位 | 工业品位 | | | 二氧化硅($SiO_2$) | 磷(P) |
| 氧化锰矿 | 富　矿 | ≥20—25 | ≥30 | ≥4 | — | ≤25 | 每1%的锰含P 0.005% |
| | 贫　矿 | ≥10—15 | ≥20 | — | — | ≤35 | |
| 碳酸锰矿 | 富　矿 | ≥15—20 | ≥25 | ≥4 | — | ≤25 | |
| | 贫　矿 | ≥8 | ≥10—15 | | — | ≤35 | |
| 铁锰矿 | | — | ≥10—15 | — | ≥30 | ≤35 | |

可采厚度要求：0.5—0.7米；堆积锰矿露天开采0.3—0.5米，含矿率≥20%。

夹石剔除厚度：0.2—0.3米。

锰铁比的要求：冶炼高标号锰铁，要求锰铁比6—10；当锰：铁＞0.6—2.5，锰＋铁＞30—40%时，可用来冶炼镜铁、硅镜铁。

含锰较低的碳酸锰矿石（含锰4—8%），用作炼钢熔剂。

二氧化硅（$SiO_2$）含量高时，增加冶炼困难，使大量的锰消耗在炉渣中，增加炉渣量，降低生产效率，同时增加燃料、熔剂的消耗。磷、硫、砷都是有害杂质，其危害性与在铁矿石中相同。

氧化钙（CaO）、氧化镁（MgO）对冶炼有益，但含量太多会增加炉渣量。

3，价格

①富锰渣（湖南省冶金工业局1979年调整后的出厂价）

表4-15

| 富锰渣含锰% | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 价格(元/吨) | 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 195 | 200 | 210 | 220 |

注：富锰渣含磷0.04—0.06%，含铁5%以下为交货标准；富锰渣含锰28%以下，含磷0.07%以上，含铁8%以上为废品，不能出厂，如用户需要可由双方议价。

②冶金用锰矿石（YB319—65）②

表4-16

| 品级 | 含锰量(%) | 出厂价(元/吨) 原矿 | 出厂价(元/吨) 焙烧烧结矿 | 备注 |
|---|---|---|---|---|
| 一级 | 40 | 98 | 133 | |
| 二级 | 39 | 93 | 128 | |
| | 38 | 88 | 123 | |
| | 37 | 83 | 118 | |
| | 36 | 78 | 113 | |
| | 35 | 73 | 108 | |
| 三级 | 34 | 69 | 104 | |
| | 33 | 65 | 100 | |
| 四级 | 32 | 61 | 96 | |
| | 31 | 57 | 92 | |
| | 30 | 53 | 88 | |
| | 29 | 50 | 85 | |
| | 28 | 47 | 82 | |
| | 27 | 44 | 79 | |
| | 26 | 41 | 76 | |
| | 25 | 38 | 73 | |
| | 24 | 36 | — | |
| | 23 | 34 | — | |
| | 22 | 32 | — | |

1. 碳酸锰含格原矿按表列加价5元；

2. 含锰大于40%的原矿、焙烧矿、烧结矿，每增加1%的品位，加价6元；

3. 含锰低于20%的原矿，每降低1%的品位，减价3元；

4. 1984.7.出厂价

③其他用锰矿石价格② (1984.7)

表4-17

| 品名 | 规格 | 出厂价(元/吨) | 备注 |
|---|---|---|---|
| 电池用锰粉 | 一级品$MnO_2$>75% | 320 | |
| | 二级品$MnO_2$>70% | 300 | |
| | 三级品$MnO_2$>65% | 260 | |
| | 四级品$MnO_2$>60% | 150 | |
| | 五级品$MnO_2$>55% | 135 | |

表4-17(续)

| 品　名 | 规　格 | 出厂价（元/吨） | 备　注 |
|---|---|---|---|
| 化工锰粉 | 含$MnO_2$50—59% | 125 | 麻袋包装费由用户负担 |
| | 含$MnO_2$60—64% | 140 | |
| | 含$MnO_2$65—69% | 160 | |
| | 含$MnO_2$70—74% | 185 | |
| | 含$MnO_2$75—79% | 220 | |
| | 含$MnO_2$80—85% | 280 | |
| 碳碳锰粉 | 含Mn20% | 64 | 含锰26%以上，每增加1%的品位，加价2元/吨 |
| | 含Mn21% | 65 | |
| | 含Mn22% | 66 | |
| | 含Mn23% | 67 | |
| | 含Mn24% | 68 | |
| | 含Mn25% | 69 | |
| | 含Mn26% | 71 | |
| 金属锰 | | | |
| JMn0 | 含Mn量不小于99.7% | 5800 | |
| JMn1 | 含Mn量不小于98% | 3700 | |
| JMn2 | 含Mn量不小于95% | 3500 | |
| JMn3 | 含Mn量不小于93% | 3200 | |

## 铬

1. 用途

铬用来炼铬铁。铬铁主要应用于冶金工业(制特种钢)。其次为耐火材料工业（铬镁砖）和化学工业（铬盐）。

铬对国防工业尤为重要，它是战略元素之一。潜水艇船体、航空母舰、驱逐舰的外板及强力甲板等重要结构部位，坦克、飞机、炮筒的螺栓、燃料和氧化剂的贮缸、电器材料、火箭发动机外壳、导弹尾盖等，都是用铬合金钢制造的，

2．一般工业要求

（1）冶金用铬铁矿〔11〕

表4-18

| 类型 | | 三氧化二铬% ($Cr_2O_3$) | | 有害杂质允许含量% | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 边界品位 | 工业品位 | 二氧化硅 ($SiO_2$) | 磷(P) | 硫(S) |
| 原生矿 | 富矿 | ≥25 | ≥32 | ≤10 | ≤0.07 | ≤0.05 |
| | 贫矿 | ≥5—8 | ≥8—10 | — | — | — |
| 砂矿 | | ≥1.5 | ≥3 | | | |

可采厚度≥0.3—1米

夹石剔除厚度≥0.3—0.5米

铬铁比对铬铁合金产品中的铬含量影响很大。比值低的矿石，即使其$Cr_2O_3$含量较高，也难以炼出高标号的铬铁合金。一般在火法冶炼时，其比值最低应在2以上；湿法提炼铬金属时则不受此限。火法冶炼铬铁合金用富矿（或精矿）的工业指标如表4-19。〔11〕

表4-19

| 品级 | 三氧化二铬 ($Cr_2O_3$)% | 铬铁比值 ($Cr_2O_3/FeO$) | 磷 (P)% | 硫 (S)% | 二氧化硅 ($SiO_2$)% | 用途 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ⅰ | ≥50 | ≥3 | — | — | <1.2 | 用于氮化铬铁 |
| Ⅱ | ≥45 | ≥2.5—3 | <0.03 | <0.05 | <6 | 中低碳和微碳铬铁 |
| Ⅲ | ≥40 | ≥2.5 | <0.07 | <0.05 | <6 | 电炉碳素铬铁 |
| Ⅳ | ≥32 | ≥2.5 | <0.05 | <0.05 | <6 | 高炉碳素铬铁 |

对矿石块度要求：电炉冶炼铬铁合金时，块度<60—40毫米；高炉冶炼碳素铬铁时，块度为20—75毫米。

氧化镁的含量在一般工业指标中未做规定，但如矿石中含氧化镁（MgO）过高，将使炉渣熔点升高，粘度增大，冶炼操作困难。

（2）耐火材料用铬铁矿〔11〕

表4-20

| 品　级 | 三氧化二铬 ($Cr_2O_3$)% | 二氧化硅 ($SiO_2$)% | 氧化钙 (CaO)% | 用　　途 |
|---|---|---|---|---|
| I | ≥35 | ≤6 | ≤2 | 用作天然耐火材料 |
| II | ≥32 | ≤11 | ≤3 | 制造铬砖及铬镁砖 |

最低可采厚度＞0.5—1米；

夹石剔除厚度＞0.3—0.5米。

（3）化工制铬盐用铬铁矿，三氧化二铬 ($Cr_2O_3$) ≥30%；铬铁比 ($Cr_2O_3/FeO$) ≥2—2.5；二氧化硅 ($SiO_2$) 少量。

（4）辉绿岩铸石用铬铁矿：三氧化二铬 ($Cr_2O_3$) ≥10—20%，二氧化硅 ($SiO_2$) ＜10%。

3．价格② （见表4-21）

表4-21

| 品　名 | 规　　格 | 出厂价(元/吨) | |
|---|---|---|---|
| 铬矿石 | 含三氧化二铬 15—20% | 50 | 表内价格一律散装 |
| | 含三氧化二铬 21—24% | 70 | |
| | 含三氧化二铬 25—29% | 90 | |
| | 含三氧化二铬 30—34% | 120 | |
| | 含三氧化二铬 35—40% | 160 | |
| | 含三氧化二铬 41—45% | 200 | |
| | 含三氧化二铬 46—50% | 240 | |
| | 含三氧化二铬 51—55% | 280 | |
| | 含三氧化二铬 56—60% | 320 | |
| 金属铬 | 含铬不小不99.5% | 14000 | JCr1 |
| | 含铬不小于98% | 13000 | JCr2 |
| | 含铬99—99.5% | 15000 | |

## 钒

1．用途

钒主要用于钢铁工业，炼制优质合金钢和各种合金，钢中加入千分之几的钒就能显著增加钢的强度和韧性。钒钢和各种钒合金，用于制造各种切削工具、发动机、舰艇、飞机、坦克、机动车辆及各种机器的部件。含钒的钛合金在宇宙火箭上制造发动机喷嘴。钒在化学工业上，用做生产硫酸、精炼石油、制造染料的催化剂，也用以制造化学药剂，色玻璃、彩色胶片、墨水等。

2．一般工业要求〔11〕

（1）钒的单独矿床边界品位$V_2O_5$≥0.5%；工业品位$V_2O_5$0.7%；可采厚度≥0.7米；夹石剔除厚度0.7米。

（2）钒的伴生状态的矿床$V_2O_5$≥0.1—0.5%。

3．价格②

（价格日期：1984年7月）

钒矿石　$V_2O_5$>0.78%　　50元/吨

金属钒：钒含量不小于98%　300元/公斤

钒含量不小于99%　350元/公斤

钒含量不小于99.5%　400元/公斤

氧化钒：$V_2O_5$≥60%　　20000元/吨金属

$V_2O_5$≥85%（红色）　22000元/吨金属

$V_2O_5$≥98%（黑色）　23000元/吨金属

## 铬

1．性质与用途

钛是银白色金属。钛和钛合金具有熔点高、相对密度小、强度大、耐高温和抗腐蚀等性能。在现代化国防工业中，它用于制造飞机、舰船、潜艇及火箭等。在炼钢时，钛可以排除残余氧、氮等杂质，并能增加钢的强度和抗张力。钛矿石可以制取人造金红石，利用金红石和人造金红石又可以制取优质电焊条。另外，钛在石油、化工、化学肥料、合成纤维、染织等工业上都有重要用途。

2．一般工业要求（见表4-22）〔11〕

表4-22

| 矿石类型 | | 边界品位（%） | 工业品位（%） | 可采厚度（米） | 夹石剔除厚度（米） |
|---|---|---|---|---|---|
| 原生矿（$TiO_2$） | 金红石 | ≥2 | ≥3—4 | 0.5—1 | 0.5—1 |
| | 钛磁铁矿 | ≥5—6 | ≥8—10 | | |
| 砂矿矿物（公斤/立方米） | 金红石 | ≥1 | ≥2 | 0.5—1 | 0.5—1 |
| | 钛铁矿 | ≥10 | ≥15 | | |

注：制优质电焊条对金红石的要求为：二氧化钛 $TiO_2$ ≥90%，硫(S)≤0.05%，磷(P)≤0.05

3．价格（表4-23）②

表4-23

| 品名 | 规格 | 出厂价（元/吨） | 价格日期 |
|---|---|---|---|
| 钛铁矿 | 二氧化钛不小于46%，磷≤0.02% | 270 | 1984.7 |
| | 二氧化钛不小于46%，磷≤0.025% | 260 | |
| | 二氧化钛不小于46%，磷≤0.03% | 250 | |
| | 二氧化钛不小于46%，磷≤0.04% | 240 | |
| | 二氧化钛不小于46%，磷≤0.05% | 230 | |
| 海绵钛 | 一级品 | 25000 | |
| | 二级品 | 24000 | |
| | 三级品 | 20000 | |
| | 四级品 | 15000 | |
| 钛白粉 | | 8000（进口价8000元） | |

## 铜

1．性质与用途

铜具有良好的导电性、导热性、延展性、抗张性，能与锌、铅、镍、铝、铬　钛等金属组合成为合金。在电气工业中用以制造电线、电缆、电机设备等，无氧铜还用来制造超高频电子管。黄铜用来造枪弹和炮弹，白铜（铜锌镍合金）用于制造舰艇，铍青铜用来制造航空仪表的弹性元件等，锡青铜用来制造轴承、轴套。

铜的化合物在农业上用来作杀虫剂和除草剂。铜还是制造防腐油漆的主要成分。

2．一般工业要求（见表4-24）〔11〕

**表4-24**

| 项　　目 | 硫化矿石 | | 氧化矿石 |
|---|---|---|---|
| | 坑采 | 露采 | |
| 边界品位　铜(Cu)% | 0.2—0.3 | 0.2 | 0.5 |
| 最低工业品位铜　(Cu)% | 0.4—0.5 | 0.4 | 0.7 |
| 最低可采厚度　（米） | ≥1—2 | ≥2—4 | ≥1 |
| 夹石剔除厚度、（米） | ≥2—4 | ≥4—8 | ≥2 |

伴生有益组分评价指标见表4-25：

**表4-25**

| 元素 | Pb | Zn | Mo | Co | $WO_3$ | Sn | Ni | Bi | Au | Ag | Cd、Se、Te、Ge、Ga、Re、In、Tl |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 含量% | 0.2 | 0.4 | 0.01 | 0.01 | 0.05 | 0.05 | 0.1 | 0.05 | 0.1 g/T | 1 g/T | >0.001 |

3．价格

1985年3月15日，中国金属交易中心向市场投放2.5万

吨铜，挂牌市场价6900元/吨。

铜的矿产品及冶炼产品价格见表4-26。②

**表4-26**

| 产品名称 | 规格 | 出厂价格(元/吨) | | 价格日期 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 现行价 | 调整价 | | |
| 铜矿 | | | | | 执行标准：YB(112-75) |
| 铜精矿 | | | | | |
| 特级 | 含铜不小于28%(30%) | | 4540(4560) | | 品位每增加1%，加价8元 |
| 一级 | 含铜不小于24%(25%) | 4450 | (4510) | | 品位每增加1%，加价10元 |
| 二级 | 含铜不小于22% | 4410 | | | |
| 三级 | 含铜不小于20% | 4360 | 4430 | | 品位每增加1%，加价16元 |
| 四级 | 含铜不小于19% | 4330 | | | |
| 五级 | 含铜不小于18% | 4300 | | | |
| 六级 | 含铜不小于17% | 4270 | | | |
| 七级 | 含铜不小于16% | 4235 | | | |
| 八级 | 含铜不小于15% | 4200 | 4290 | 84.7 | 品位每增加1%，加价28元 |
| 九级 | 含铜不小于14% | 4160 | | | |
| 十级 | 含铜不小于13% | 4120 | | | |
| 十一级 | 含铜不小于12% | 4080 | | | |
| 十二级 | 含铜不小于10% | 3960 | 4040 | | 品位每增加1%，加价50元 |
| 十三级 | 含铜不小于 8% | 3760 | | | |
| 粗铜 | | | | | |
| 一级 | 含铜不小于99.3% | 4870 | 4950 | | 执行标准：YB740-70 |
| 二级 | 含铜不小于99% | 4850 | 4940 | | |
| 三级 | 含铜不小于98.5% | 4830 | 4920 | | |
| 四级 | 含铜不小于97.5% | 4780 | 4880 | | |
| 五级 | 含铜不小于96% | 4700 | 4800 | | |
| 硫酸铜 | | | | | |
| 工业用 | 含硫酸铜不小于98% | 1750 | 1760 | | |
| | 含硫酸铜不小于96% | 1730 | 1760 | | |
| | 含硫酸铜不小于95% | 1700 | 1730 | | |
| | 含硫酸铜不小于93% | 1650 | 1680 | | |
| 农业用 | 含硫酸铜不小于98% | 1550 | | | |

表4-26(续)

| 产品名称 | 规格 | 出厂价格(元/吨) | | 价格日期 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 现行价 | 调整价 | | |
| 农业用 | 含硫酸铜不小于96% | 1630 | | | |
| | 含硫酸铜不小于95% | 1560 | | | |
| | 含硫酸铜不小于93% | 1450 | | | |
| 铜块矿 | 含铜不小于(30%)25% | 3940 | (3940)3890 | | 品位每增加1%，加价10元 |
| | 含铜不小于22% | 3820 | | | |
| | 含铜不小于20% | 3590 | 3810 | | 品位每增加1%，加价16元 |
| | 含铜不小于18% | 3590 | | | |
| | 含铜不小于14% | 3560 | | | |
| | 含铜不小于16% | 3490 | 3670 | | 品位每增加1%，加价28元 |
| | 含铜不小于12% | 3490 | | | |
| | 含铜不小于10% | 3410 | 3120 | | 品位每增加1%，加价60元 |
| | 含铜不小于 8% | 3320 | | | |
| 铜 | | | | | |
| 一号 | 含铜不小于99.95% | 5500 | | 84.7 | 执行标准： |
| 二号 | 含铜不小于99.9% | 5400 | | | GB466-64 |
| 三号 | 含铜不小于99.7% | 5300 | | | GB466-64 |
| 四号 | 含铜不小于99.5% | 5200 | | | |
| 铜线锭 | 含铜不小于99.9% | 5650 | | | |
| 阳极铜 | 含铜不小于99.5% | 4950 | | | 表中除“硫酸铜”和“铜”产品外，计量单位均用纯金属 |
| 金精矿、银精矿及铜硫矿含铜 | 含铜不小于 1% | 1500 | | | |
| | 含铜不小于 2% | 2100 | | | |
| | 含铜不小于 3% | 2450 | | | |
| | 含铜不小于 4% | 2650 | | | |
| | 含铜不小于 5% | 2840 | | | |
| | 含铜不小于 6% | 3000 | | | |

## 铅

### 1. 性质与用途

铅是蓝灰色金属，具有硬度小、相对密度大（11.34）、熔点较低（32°C）及易挥发（500°C以上便能显著挥发，故冶炼时要防铅中毒）的特点。铅能同许多金属组合成重要的合金，展性良好。在干燥空气中不发生化学变化，但在潮湿空气中表面易被氧化铅薄膜覆盖。铅对碱、氨、氟酸及有机盐具有较好的防腐蚀能力，并有吸收放射线的能力。金属铅除大量用来制造蓄电池、电缆包皮和保险丝外；还用于制造弹头；与锡、锑等金属形成的各种合金，是焊接、印刷、建筑等部门所不可缺少的材料。

2．一般工业指标〔11〕

表4-27

| 项　目 | 硫化矿 | 混合矿 | 氧化矿 | 备　注 |
|---|---|---|---|---|
| 边界品位（Pb%） | 0.3—0.5 | 0.5—0.7 | 0.5—1.0 | （1）边界品位指单样，工业品位，指单项工程平均品位。厚度指标为真厚度。 |
| 工业品位（Pb%） | 0.7—1.0 | 1.0—1.5 | 1.5—2.0 | （2）当品位较低规模较大伴生组分较多，矿石又易选，矿山开采条件和外部建设条件较好时，可取其上限值。 |
| 可采厚度（米） | 1.0—2.0 | 1.0—2.0 | 1.0—2.0 | （3）当矿体倾角平缓时取上限值；反之取其下限值。适于露采矿床的可采厚度，还可适当增大。 |
| 夹石剔除厚度（米） | 2.0—4.0 | 2.0—4.0 | 2.0—4.0 | |

3．价格②

表4-28　　单位：元

| 产品名称 | 规　格 | 计量单位 | 出厂价格 | | 备　注 | 价格日期 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 现行价 | 调整价 | | |
| 铅矿 | | | | | | |
| 铅精矿 | | | | | | |
| 一　级 | 含铅不小于70% | 每吨纯金属 | 1690 | 1650 | 品位每增加1%加价2元 | 84.7 |
| 二　级 | 含铅不小于65% | 每吨纯金属 | 1670 | 1610 | 品位每增加1%加价4元 | |
| 三　级 | 含铅不小于60% | 每吨纯金属 | 1650 | 1600 | 品位每增加1%加价6元 | |
| 四　级 | 含铅不小于55% | 每吨纯金属 | 1600 | 1560 | 品位每增加1%加价8元 | |
| 五　级 | 含铅不小于50% | 每吨纯金属 | 1570 | 1510 | 品位每增加1%加价10元 | |

表4-28(续)

| 产品名称 | 规格 | 计量单位 | 出厂价格 现行价 | 出厂价格 调整价 | 备注 | 价格日期 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 六级 | 含铅不小于45% | 每吨纯金属 | 1510 | 1440 | 品位每增加1%加价12元 | |
| 七级 | 含铅不小于40% | 每吨纯金属 | 1460 | 1380 | 品位每增加1%加价14元 | |
| 粗铅 | | | | | | 84.7 |
| 一级 | 含铅不小于98% | 每吨纯金属 | 1820 | 1800 | 品位小于40%者或大于75%者供需方协议 | |
| 二级 | 含铅不小于96.5% | 每吨纯金属 | 1815 | 1795 | 执行标准：YB738-70 | |
| 三级 | 含铅不小于95% | 每吨纯金属 | 1810 | 1790 | | |
| 四级 | 含铅不小于93% | 每吨纯金属 | 1805 | 1785 | | |
| 铅 | | | | | | |
| 一号 | 含铅不小于99.994% | 吨 | 2130 | | 执行标准：GB469-64 | |
| 二号 | 含铅不小于99.99% | 吨 | 2100 | | | |
| 三号 | 含铅不小于99.98% | 吨 | 2070 | | | |
| 四号 | 含铅不小于99.95% | 吨 | 2040 | | | |
| 五号 | 含铅不小于99.9% | 吨 | 1970 | | | |
| 六号 | 含铅不小于99.5% | 吨 | 1900 | | | |

## 镍

1．性质与用途

镍化学性质稳定，熔点1453°C，沸点2732°C，延伸率25—45%，具有良好的抗蚀、韧性和机械强度。主要用于制造不锈钢和合金钢，广泛应用在飞机、雷达、导弹、坦克、潜艇、宇宙飞船、原子能反应堆和常规武器等国防工业。在民用工业中，特种钢常以结构钢、耐酸钢和耐热钢形式用于制造拖拉机、汽车、船舶和机械等。

镍钴合金是当前主要的一种永耐材料，用于电子工业、遥控装置、雷达设备、原子能工业和超声工艺等领域。

纯镍主要用作镀镍和各种金属制品。此外，镍还用作陶瓷颜料、催化剂、彩色电视、磁带录音机和通讯器材等。

2．一般工业要求（见表4-29）〔11〕

表4-29

| 矿石类型及开采方法 / 工业指标 / 项目 | 硫化镍矿 | | | 氧化镍-硅酸镍 |
|---|---|---|---|---|
| | 原生矿石 | | 氧化矿石 | |
| | 坑采 | 露采 | | |
| 边界品位(Ni)(%) | 0.2—0.3 | | 0.7 | 0.6 |
| 最低工业品位Ni(%)（单工程单矿统计 | 0.4—0.5 | | 1 | 1 |
| 最低可采厚度(米) | 1 | 2 | 同原生矿石 | 1 |
| 夹石剔除厚度(米) | ≥2 | ≥4 | 同原生矿石 | 1—2 |

硫化镍矿石按品位可分为：特富矿石 含Ni>3%；富矿石含Ni1—3%；贫矿石含Ni0.3—1%。另外，硫化镍矿石按硫化率（呈硫化物状态的镍与全镍之比）又可分为：原生矿石>70%；混合矿石45—70%；氧化矿石<45%。

硅酸镍矿石按氧化镁含量分为：铁质矿石MgO<10%；铁镁质矿石MgO10—20%；镁质矿石MgO>20%。

矿床伴生有用组分评价参考指标为，Pt、Pd0.03克/吨；Os、Ru、Rh、Ir为0.02克/吨；Au0.05—0.1克/吨；Co0.01%；Se0.0005%；Te0.0002%。

3．价格（见表4-30）②

表4-30　　单位：元

| 产品名称 | 规　　格 | 计量单位 | 出厂价格 现行价 | 出厂价格 调整价 | 备　　注 | 调价日期 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 镍　矿 | | | | | | |
| 镍矿石 | 含镍不小于1% | 每吨纯金属 | 5500 | 5500 | 品位每增加1%，加价55元 | |
| 镍精矿 | 含镍5% | 每吨纯金属 | 8350 | 8350 | 品位每增加1%，加价150元 | |
| | 含镍不小于4% | 每吨纯金属 | 8150 | 8200 | 执行标准：YB743-79 | |
| | 含镍不小于3% | 每吨纯金属 | 8000 | 8000 | 品位每增加1%加价100元 | 85.7 |
| 高冰镍 | 含镍55% | 每吨纯金属 | — | 13100 | 品位每增加1%加价180元 | |
| | 含镍50% | 每吨纯金属 | 11000 | 12200 | 品位每增加1%加价200元 | |
| | 含镍45% | 每吨纯金属 | 10000 | 11200 | 品位每增加1%加价240元 | |
| | 含镍40% | 每吨纯金属 | 9200 | 10000 | 执行标准：YB127-72 | |
| 镍 | 特号含镍不小于99.90% | 吨 | 25000 | 23000 | | |
| | 一号含镍不小于99.0% | 吨 | 22700 | 21500 | | |
| | 二号含镍不小于99.5% | 吨 | 21300 | 21000 | | |
| | 三号含镍不小于99.2% | 吨 | 20500 | 20500 | | |
| 氧化镍 | 含镍86% | 吨 | 13600 | | | |
| 镍钴精矿 | | | | | | |
| 一　级 | 含镍不小于65% | 每吨纯金属 | 14600 | — | 执行标准：YB744-79 | |
| 二　级 | 含镍不小于62% | 每吨纯金属 | 13500 | — | | |

## 钴

1．性质与用途

钴具有耐热、耐磨、高强度和强磁性等性能，几乎都用作制合金，如精密合金、热强合金、硬质合金，焊接合金以及各种钴的合金粉。是制造飞机、导弹和火箭发动机部件，以及汽车、火车的燃气轮机等不可缺少的材料。

含钴的永久磁铁，广泛用于电机设备、袖珍电路、磁连接器、永磁电动机、测量仪器和声学器材等。

化学工业上用钴作为氢化作用的一种催化剂以及水化、脱硫、氧化和还原作用的催化剂。

2. 一般工业要求（见表4-31）〔11〕

表4-31

| 项　　目 | 硫化矿及砷化钴 | 钴土矿 |
|---|---|---|
| 边界品位(钴，%) | 0.02 | 0.3 |
| 工业品位(钴，%) | 0.03—0.06 | 0.5 |
| 边界含矿率(钴土矿物，公斤/立方米) | — | 1 |
| 工业含矿率(钴土矿物，公斤/立方米) | — | 3—5 |
| 可采厚度(米) | 1 | 0.3—1 |
| 夹石剔除厚米(米) | 1 | — |

注：1. 一般对钴土矿粒度要求大于0.3厘米。

2. 边界和工业含矿率系指钴土矿物在矿层中的含量，边界和工业品位系指钴金属在钴土矿物中的含量。

3. 钴土矿开采时其剥离比一般要小于1。

3. 价格（见表4-32）②

表4-32　　单位：元

| 产品名称 | 规　格 | 计量单位 | 出厂价格 | | 备　注 | 价格日期 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 现行价 | 调整价 | | |
| 钴矿 | | | | | 执行标准： | |
| 钴放精矿 | | | | | YB826-75 | |
| 一　级 | 含钴不小于0.45% | 每吨金属 | 40000 | 38000 | 品位每增加0.01%加价300元 | |
| 二　级 | 含钴不小于0.40% | 每吨金属 | 37000 | 35000 | 品位每增加0.01%加价300元 | |
| 三　级 | 含钴不小于0.35% | 每吨金属 | 33000 | 31000 | 品位每增加0.01%加价700元 | |
| 四　级 | 含钴不小于0.30% | 每吨金属 | 30000 | 27000 | 品位每增加0.01%加价900元 | 84.7 |
| 五　级 | 含钴不小于0.25% | 每吨金属 | 26000 | 21000 | 品位每增加0.01%加价1100元 | |
| 六　级 | 含钴不小于0.20% | 每吨金属 | 22000 | 15000 | 品位每增加0.01%加价1300元 | |
| 钴　铁 | 含钴不小于10% | 每吨金属 | 54500 | | | |
| | 含钴不小于12% | 每吨金属 | 55000 | | | |

表4-32(续)

| 产品名称 | 规格 | 计量单位 | 出厂价格 | | 备注 | 价格日期 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 现行价 | 调整价 | | |
| 钴铁 | 含钴不小于14% | 每吨金属 | 56800 | | | |
| | 含钴不小于16% | 每吨金属 | 59300 | | 品位增加按65000/65比例加价 | |
| 氧化钴 | 含钴65% | 吨 | 65000 | | | |
| 钴(金属钴) | | | | | | |
| 一号 | 含钴不小于99.98% | 吨 | 130000 | | 执行标准：YB141-65 | |
| 二号 | 含钴不小于99.25% | 吨 | 120000 | | | |
| 三号 | 含钴不小于98% | 吨 | 110000 | | | |
| 四号 | 含钴不小于97% | 吨 | 105000 | | | |

## 铝

1．性质与用途

铝土矿是炼铝的主要矿石。铝土矿和氧化铝还用于耐火材料，高级磨料（人造刚玉）、陶瓷材料、化工制品和电子工业、建筑材料工业以及日常生活用具等许多方面。因此在国民经济中占有极重要地位。

铝在20°C时相对密度为2.7，熔点660°C。由于铝及其合金具有体轻、坚韧、导电性能强等特点，而被广泛地应用于飞机、车辆、电器、机械、导弹等方面，还可代替铜作高压电线。铝及其合金的粉末能迅速燃烧放出强光而被用作燃烧弹、照明弹及信号弹、火箭等。

2．一般工业要求（见表4-33）〔11〕

表4-33

| 项目 \ 矿石类型 / 矿床类型 | | 一水硬铝石型 | |
|---|---|---|---|
| | | 沉积型矿床 | |
| | | 露　　采 | 坑　　采 |
| 边界品位 | 铝硅比值 | 1.8—2.0 | 1.8—2.0 |
| | $Al_2O_3$(%) | ≥40 | ≥40 |
| 块段最低工业品位 | 铝硅比值 | ≥3.5 | ≥3.8 |
| | $Al_2O_3$(%) | ≥65 | ≥65 |
| 最低可采厚度(米) | | 0.5—0.8 | 0.8—1.0 |
| 夹石剔除厚度(米) | | 0.5—0.8 | 0.8—1.0 |
| 剥采比(米³/米³) | | 10—15 | |

说明：上表为铝土矿床一般工业指标要求。这是根据我国已知铝土矿床工业指标及数理统计资料和生产实践经验制定的。对于堆积型、红土型铝土矿床，因缺乏生产实践经验，目前尚未制定出工业指标要求。

铝土矿石品级标准（GB3497-83）⑧，见表4-34。

表4-34

| 品级 | 品位 | | 用途 |
|---|---|---|---|
| | $Al_2O_3/SiO_2$(不小于) | $Al_2O_3$(%)(不小于) | |
| Ⅰ | 12 | 78 | 研磨料、高铝水泥、铝氧 |
| | | 69 | 铝氧 |
| | | 68 | 铝氧 |
| | | 60 | 铝氧 |
| Ⅱ | 9 | 71 | 铝氧、高铝水泥 |
| | | 67 | 铝氧 |
| | | 64 | 铝氧 |
| | | 50 | 铝氧 |
| Ⅲ | 7 | 69 | 铝氧 |
| | | 66 | 铝氧 |
| | | 62 | 铝氧 |

表4-34(续)

| 品级 | 品位 | | 用途 |
|---|---|---|---|
| | $Al_2O_3/SiO_2$(不小于) | $Al_2O_3$(%)(不小于) | |
| Ⅳ | 6 | 62 | 铝氧 |
| Ⅴ | 4 | 58 | 铝氧 |
| Ⅵ | 3 | 54 | 铝氧 |
| Ⅶ | 6 | 48 | 铝氧(三水铝石) |

3. 价格

1985年3月15日，中国金属材料交易中心向市场投放2.5万吨铝，挂牌市场价5000元/吨。铝矿石及其生产品价格参见表4-35。②

表4-35

| 产品名称 | 规格 | 出厂价格(元/吨) | | 价格日期 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 现行价 | 调整价 | | |
| 铝矿 | | | | | |
| 金属铝 | | | | | |
| 高一号铝 | 含铝不小于99.996% | | 5200 | | |
| 高二号铝 | 含铝不小于99.99% | 5000 | 4800 | | |
| 高三号铝 | 含铝不小于99.97% | | 4400 | 84.7 | |
| 高四号铝 | 含铝不小于99.93% | | 4000 | | |
| 高五号铝 | 含铝不小于99.8% | 4100 | 2820 | | |
| 特一号铝 | 含铝不小于99.7% | 3000 | 2760 | | 执行标准：GB1196-75 |
| 特二号铝 | 含铝不小于99.6% | | 2750 | | |
| 一号铝 | 含铝不小于99.5% | | 2700 | | |
| 二号铝 | 含铝不小于99% | | 2650 | | |
| 三号铝 | 含铝不小于98% | | 2570 | | |
| 四号铝 | 含铝不小于95% | | 2400 | | 执行标准：YB/Z4-75 |
| 特一号铝锭铸 | 含铝不小于99.7% | | — | | |

表4-35(续)

| 产品名称 | 规格 | 出厂价格(元/吨) 现行价 | 出厂价格(元/吨) 调整价 | 价格日期 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|
| 特二号铝线锭 | 含铝不小于99.6% | | 2610 | | 执行标准：GB1197-75 |
| 一号铝线锭 | 含铝不小于99.6% | 2800 | 2770 | | |
| 普通铝 | 含铝96 | 2550 | — | | |
| 铝矿石 | 铝硅比 氧化铝 | | | | |
| 山东、露天 | 3.5 55% | | | | |
| 坑下 | 3.6 55% | | | | |
| 郑铝 | 4 55—60% | | 12 | | |
| 阳泉 | 9 70% | | 22.8 | | |
| 贵铝 | 5 70% | | 12 | | |
| 化合铝 | 10 70% | | 20 | | |
| 氧化铝一级 | 含三氧化二铝不小于98.6% | 400 | 400 | | 执行标准：YB814-78 |
| 氧化铝二级 | 含三氧化二铝不小于98.5% | 390 | 390 | 84.7 | |
| 氧化铝三级 | 含三氧化二铝不小于98.4% | 380 | 380 | | |
| 氧化铝四级 | 含三氧化二铝不小于98.3% | 360 | 360 | | |
| 氧化铝五级 | 含三氧化二铝不小于98.2% | 335 | 335 | | |
| 氧化铝六级 | 含三氧化二铝不小于97.8% | 325 | 310 | | |
| 氢氧化铝一级 | 含三氧化二铝不小于64% | | 235 | | 执行标准：YB828-75 |
| 氢氧化铝二级 | 含三氧化二铝不小于64% | | 225 | | |
| 氢氧化铝三氧 | 含三氧化二铝不小于63.5% | | 210 | | |
| 氟氧化铝一级 | 含氟不小于60% | | 1900 | | |
| 氟氧化铝二级 | 含氟不小于59% | | 1850 | | 执行标准：YB591-76 |

# 钨

1．用途

钨主要用来生产碳化钨（硬质合金），广泛用于切削工具、模具和耐磨零件等。碳化钨粉又是优质的喷涂材料，能提高工件的耐磨、抗蚀、抗热震等性能。钨在钢铁生产中作添加剂，增加钢的回火稳定性、红硬性、高温强度、硬度和抗蚀性。还可用渗入10-15%银的钨制作火箭的燃料喷嘴等。

钨有极强的抗张性，可制造灯泡中的钨丝、X-射线管中的阴极靶和其它电子元件。钨化合物用于制染料、油漆和化学试剂。

2．一般工业要求（见表4-36）③

表4-36

| 项　　目 | 黑钨石英脉型 | 白钨砂卡岩型 | 砂钨矿床 |
|---|---|---|---|
| 边界品位（三氧化钨$WO_3$%） | 0.08—0.1 | 0.10—0.12 | 0.02 |
| 工业品位（三氧化钨$WO_3$%） | 0.12—0.18 | 0.15—0.2 | 0.04 |
| 可采厚度（米） | 0.8—1 | 1 | 0.5 |
| 夹石剔除厚度（米） | 2—3 | 2—3 | 2 |
| 剥离系数 | — | — | ≤1 |

3. 价格（见表4-37）②

表4-37

单位：元

| 产品名称 | 规格 | 计量单位 | 出厂价格 | | 价格日期 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 现行价 | 调整价 | | |
| 钨矿 | | | | | | |
| 钨精矿 | | | | | | 执行标准：GB2825-81 |
| 特级品 | 黑(白)钨特Ⅰ-3，含$WO_3$不小于76% | 每吨度 | | 160 | | |
| | 黑(白)钨Ⅰ-3含$WO_3$不小于72% | 每吨度 | | 160 | | 品位每增加1%，每吨度的基价加价0.5元 |
| | 黑(白)钨Ⅰ-2含$WO_3$不小于70% | 每吨度 | | 155 | | |
| | 黑(白)钨Ⅰ-2含$WO_3$不小于70% | 每吨度 | | 155 | | |
| | 黑(白)钨Ⅰ-1含$WO_3$不小于68% | 每吨度 | | 150 | 84.7 | |
| | 黑(白)钨Ⅰ-1含$WO_3$不小于70% | 每吨度 | | 150 | | |
| 一级一类 | 含三氧化钨65% | 吨 | 8500 | | | 麻袋内衬布袋。1.供外贸出口的部分另加税金；2.品位增加按6650/65或6360/65比例加价；3.白钨精矿与黑钨精矿同质同价；4.质量均按部标准(YB504-65)执行 |
| 一级二类 | 含三氧化钨65% | 吨 | 8500 | | | |
| 二级 | 含三氧化钨65% | 吨 | 8200 | | | |
| 钨细泥 | $WO_3$不小于20% | 每吨度 | | 75 | | |
| 氧化钨 | 含氧化钨99.5% | 吨 | 23000 | | | |

## 锡

1. 性质与用途

锡金属延展性好，防锈、耐腐蚀，熔点低。其各种盐类无毒。主要用来制造白铁皮，可做食品和饮料容器。锡还用来制造各种合金。青铜（是铜、铝、镍、锰、铅、锡、铁等的合金），用于制造机器零件、衬套、轴承等。焊锡（锡铅合金），用于电器和电子元件及金属焊料。低熔合金（锡、铋、铅、镉的合金），用于电机制造、机械工程、无线电的

制动装置等。

锡的氧化物用于制造染料、颜料、搪瓷、瓷器、玻璃等。近代原子反应堆中，也用锡代替锆作包套材料。

2．一般工业要求（见表4-38）〔11〕

表4-38　　单位：元

| 项　目 | 原生矿 | 砂矿 | |
|---|---|---|---|
| | | 用化验方法确定品位时 | 用淘洗方法确定锡石含量时 |
| 边界品位 | Sn0.1% | Sn0.02% | 矿物100—150克/立方米 |
| 工业品位 | Sn0.2% | Sn0.04% | 矿物200—300克/立方米 |
| 可采厚度(米) | >0.8 | ≥0.5 | ≥0.5 |
| 夹石剔除厚度(米) | >2 | ≥2 | ≥2 |

3．价格（见表4-39）②

表4-39　　单位：元

| 产品名称 | 规　格 | 计量单位 | 出厂价格 现行价 | 出厂价格 调整价 | 出厂价格 价格日期 | 备　注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 锡矿 | | | | | | |
| 锡精矿 | 含Sn不小于65% | 每吨纯金属 | 14100 | | | 精矿标准调整后价格尚未调整，略有差别。 |
| | 含Sn不小于60% | 每吨纯金属 | 14000 | | | |
| | 含Sn不小于55% | 每吨纯金属 | 13850 | | | |
| | 含Sn不小于50% | 每吨纯金属 | 13650 | | | |
| | 含Sn不小于45% | 每吨纯金属 | 13400 | | 84.7 | |
| | 含Sn不小于40% | 每吨纯金属 | 13100 | | | |
| 高纯锡 | Sn-05含锡不小于99.999% | 公　斤 | 50 | 58 | | |
| 锡 | | | | | | |
| 特一号 | 含Sn不小于99.95% | 吨 | 19100 | | | 执行标准：GB728-65 |
| 一号 | 含Sn不小于99.9% | 吨 | 18500 | | | |
| 二号 | 含Sn不小于99.75% | 吨 | 18000 | | | |
| 三号 | 含Sn不小于99.5% | 吨 | 17800 | | | |
| 四号 | 含Sn不小于99% | 吨 | 17500 | | | |

## 铋

1．用途

铋在航空工业上用作制造飞机上的薄质软管及雷达设备的零件等，铋与锡、锑、铜、铅、汞、镉等的低熔合金用于制造电气工业上的保险丝，锅炉上的安全阀，防火的自动喷水器插头，轴衬里，电热偶等。由于铋还具备凝固时体积膨胀的特性，最适合制适合金铅字。

铋的盐类广泛用于医药和化装品工业。在印染术和制强折光玻璃等方面也有一定用途。

2．一般工业要求

铋在单独开采时的最低工业品位：铋（Bi）≥0.5%。

矿床实例：广东某石英脉型铋矿床

边界品位：Bi 0.2%；

块段平均最低平均品位：Bi 0.4%；

最低可采厚度：0.8米（不够可采厚度时采用米百分率计算）；

夹石剔除厚度：0.5米。

由于铋的单独矿床很少，因此大部分铋都是在处理铜、铅、钴、镍、钨、铝、锡等多金属矿石时附带提取的。手选矿石中含铋最低工业品位为0.05%—0.1%，机选时最低工业品位0.1%—0.2%。

3．价格（见表4-40）②

表4-40

单位：元

| 产品名称 | 规格 | 计量单位 | 出厂价格 | | 价格日期 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 现行价 | 调整价 | | |
| 铋矿 | | | | | | |
| 铋精矿 | 含铋 60% | 每吨纯金属 | 8500 | 8800 | | 品位每增加1%加价5元 |
| （执行标准：YB498-65） | 含铋 55% | 每吨纯金属 | 8300 | 8750 | | 品位每增加1%加价10元 |
| | 含铋 50% | 每吨纯金属 | 8130 | 8650 | 84.7 | 品位每增加1%加价20元 |
| | 含铋 45% | 每吨纯金属 | 7950 | 8500 | | 品位每增加1%加价30元 |
| | 含铋 40% | 每吨纯金属 | 7680 | 8300 | | 品位每增加1%加价40元 |
| | 含铋 35% | 每吨纯金属 | 7100 | 8000 | | 品位每增加1%加价60元 |
| 铋精矿 | 含铋 30% | 每吨纯金属 | 6660 | 7600 | | 品位每增加1%加价80元 |
| （执行标准：YB498-65） | 含铋 25% | 每吨纯金属 | 6350 | 7100 | | 品位每增加1%加价100元 |
| | 含铋 20% | 每吨纯金属 | 5900 | 6500 | | 品位每增加1%加价120元 |
| | 含铋 15% | 每吨纯金属 | 5340 | 5860 | | 品位每增加1%加价140元 |
| 铋 | | | | | 84.7 | |
| 一号 | 含铋不小于 99.99% | 吨 | 13800 | | | |
| 二号 | 含铋不小于 99.95% | 吨 | 13400 | | | 执行标准：GB915-86 |
| 三号 | 含铋不小于 99.9% | 吨 | 13000 | | | |

## 锌

1．性质与用途

锌是一种蓝白色金属，熔点419°C，沸点906°C。在室温下，锌于干燥空气中不起变化，但在潮湿空气中，锌表面生成一种很致密的碱性碳酸锌薄膜，保护其内部不再受腐蚀。正由于锌具有这一优良特性，世界上所产锌大部分用在镀锌工业上。锌与其他许多金属的合金，广泛用在机械、汽车制造和国防等工业上。40%锌含量的铜锌合金（黄铜），使用价值最大。氧化锌用于橡胶及医药工业，硫酸锌用于制革、陶器、棉织、医药工业，氯化锌用于木材防腐。近年来锌还用以制微晶锌版，用于传真制版和压铸合金等新技术。锌铝超塑性合金是一种很有发展前途的金属材料。

2．一般工业要求（见表4-41表）[11]

表4-41

| 项　　目 | 硫化矿 | 混合矿 | 氧化矿 | 备　注 |
|---|---|---|---|---|
| 边界品位（Zn%） | 0.5—1.0 | 0.8—1.5 | 1.5—2.0 | |
| 工业品位（Zn%） | 1.0—2.0 | 2.0—3.0 | 3.0—6.0 | |
| 可采厚度（米） | 1.0—2.0 | 1.0—2.0 | 1.0—2.0 | |
| 夹石剔除厚度（米） | 2.0—4.0 | 2.0—4.0 | 2.0—4.0 | |

3．价格（见表4-42）②

表4-42　　单单：元

| 产品名称 | 规　格 | 计量单位 | 出厂价格 现行价 | 出厂价格 调整价 | 备　注 | 价格日期 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 锌　矿 | | | | | 执行标准YB114-79 | |
| 锌精矿 | | | | | | |
| 一　级 | 含锌不小于59% | 每吨纯金属 | | 1030 | | |
| 二　级 | 含锌不小于57% | 每吨纯金属 | | 1022 | | |
| 三　级 | 含锌不小于55% | 每吨纯金属 | 890 | 1010 | 品位增加1%加价6元 | 84.7 |
| 四　级 | 含锌不小于53% | 每吨纯金属 | 886 | 994 | | |
| 五　级 | 含锌不小于50% | 每吨纯金属 | 870 | 970 | 品位每增1%加价6元 | |
| 六　级 | 含锌不小于48% | 每吨纯金属 | 855 | 950 | | |
| 七　级 | 含锌不小于45% | 每吨纯金属 | 840 | 920 | 品位每增加1%加价10元 | |
| 八　级 | 含锌不小于43% | 每吨纯金属 | 825 | 896 | | |
| 九　级 | 含锌不小于40% | 每吨纯金属 | 810 | 860 | | |
| 锌焙烧矿 | 含锌不小于55% | 每吨纯金属 | 890 | 1010 | | |
| 锌一次矿 | 含可溶锌 | | | | | |
| 锌矿 | 不小于40% | 每吨纯金属 | 1060 | 1160 | | |
| 氧化锌（直接法） | | | | | | |
| 一级(甲) | 含氧化锌不小于99.5% | 吨 | 2200 | | 执行标准，YB758-70 | |

表4-4续(续)　　单位：¹元

| 产品名称 | 规格 | 计量单位 | 出厂价格 现行价 | 出厂价格 调整价 | 备注 | 价格日期 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 一级(乙) | 含氧化锌不小于99% | 吨 | 2200 | | | |
| 二级 | 含氧化锌不小于98% | 吨 | 1900 | | | |
| 三级 | 含氧化锌不小于93% | 吨 | 1500 | | | |
| 氧化锌（副产） | 含氧化锌不小于90% | 吨 | 660 | 930 | 执行标准：YB810-77 | |
| | 含氧化锌不小于85% | 吨 | 610 | 860 | 品位每增加1%加价14元 | 84.7 |
| | 含氧化锌不小于80% | 吨 | 540 | 785 | 品位每增加1%，加价15元 | |
| 氧化锌（副产） | 含氧化锌不小于75% | 吨 | 470 | 705 | 品位每增加1%，加价16元 | |
| | 含氧化锌不小于70% | 吨 | 390 | 600 | 品位每增加1%，加价21元 | |
| | 含氧化锌不小于65% | 吨 | 310 | 490 | 品位每增加1%，加价21元 | |
| 锌 | | | | | | |
| 特一号 | 含锌不小于99.995% | 吨 | 1950 | | | |
| 一号 | 含锌不小于99.99% | 吨 | 1930 | | | |
| 二号 | 含锌不小于99.96% | 吨 | 1900 | | | |
| 三号 | 含锌不小于99.9% | 吨 | 1860 | | | |
| 四号 | 含锌不小于99.5% | 吨 | 1710 | | | |
| 五号 | 含锌不小于98.7% | 吨 | 1660 | | | |
| 六号 | 含锌不小于97.5% | 吨 | — | | | |

## 钼

1。用途

钼主要用于生产各种具有优良机械性能的合金钢，能增加钢的可能性、抗断性、抗撞性、高硬度及提高可焊性等。在航运、交通和军工方面；钼和镍、铬合金用于制造飞机的金属构件、机车和汽车上的耐蚀零件。钼和钨、铬、钒的合金钢适用于制高速切削刃具、军舰甲板、坦克炮身、枪膛的零件等；将钼制成钼酸铵和钼酸钠，可作医疗中的消毒剂、纺织和陶瓷工业中的染料以及化学试剂、食品加工、脱盐等；在电器工业上，钼可以代替铱、钠，制造电灯泡中吊丝、真空管中的金属栅极、电线中的断续接触器。

2。一般工业要求（见表4-43）(11)

表4-43

| 指标 / 矿石类型及开采方式 / 项目 | 硫化矿石 | |
|---|---|---|
| | 露采 | 坑采 |
| 边界品位 (Mo%) | 0.03 | 0.04—0.05 |
| 最低工业品位 (Mo%) | 0.06 | 0.08—0.09 |
| 最低可采厚度 (米) | 2—4 | 1—2 |
| 最小夹石剔除厚度 (米) | 4—8 | 2—3 |
| 矿区平均品位 (Mo%) | >0.1 | >0.12—0.15 |

钼矿床(石)中伴生有益组分一般评价参考指标

表4-44

| 元素 | $WO_3$ | Cu | Pb | Zn | Fe | S | Bi | Co |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 含量(%) | 0.06 | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 10 | 1 | 0.03 | 0.01 |

注：（1）表中Cu、Pb、Zn、Bi、Co的含量系指该组份赋存在硫化物中的含量要求；（2）表中Fe是指磁铁矿中铁的含量要求；（3）表中S是指矿石中赋存在硫铁矿中硫的含量要求；（4）其他有益组份如钼、金、银、稀有、铀等达到多少含量可以综合回收，应根据选矿试验效果，与有关部门商定。

3．价格（见表4-45）②

表4-45　　单位：元

| 产品名称 | 规格 | 计量单位 | 出厂价格 现行价 | 出厂价格 调整价 | 价格日期 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 钼矿 | | | | | | |
| 钼精矿 | | | | | | |
| 特级品 | 含钼 51% | 每吨度 | 14280 | 16320 | 84.7 | 品位每增加1%每吨度的基价加价2元 |
| 一级 | 含钼 47% | 吨 | 10810 | 14100 | | 执行标准：YB691-85 |
| 二级一类 | 含钼 45% | 吨 | 9990 | 13050 | | |
| 二级二类 | 含钼 43% | 吨 | | — | | |
| 焙烧钼精矿 | 含钼 45% | 吨 | 11500 | 14580 | | 执行标准：YB63-88 |
| 钼铁 | Mo551含钼55% | 吨 | 15600 | 19800 | | |
| | Mo551含钼55% | 吨 | 15300 | 19400 | | 执行标准：YB 2504-77 |
| 氧化钼铁 | 含钼 48% | 吨 | 13300 | 16850 | | |
| 氧化钼铁 | 45% | 吨 | 12380 | 15650 | | |
| 氧化钼铁 | 40% | 吨 | 10800 | 13660 | | |

1．钼精矿价格按实际含钼量计算如每吨含钼45.5%钼精矿价格是200元×45.5=18195元。

2．钼铁、氧化钼铁含钼量增加时，价格按比例增加。

3．钼精矿价格是在标准允许含水份范围内(即不大于4%)按干量计算的，如含水（包括油计在内）大于4%时每增加1%，每吨减价50元。

## 汞

1．用途

汞又名水银，最主要的用途有：

（1）在冶金上，用混汞法提取黄金，从炼铅的烟尘中提取铊，近年来又用于提取金属铝。

（2）在电器和仪器工业上，汞用来制造汞弧整流器、水银灯、反光镜、紫外线灯、自动电开关、交通信号的自动控制器等。

（3）在化学工业上，用汞作电极电解食盐，制造苛性钠。汞的化合物可制皮革和植物的防腐剂及防腐油漆（船舰水下部分的涂漆）。

（4）红色硫化汞是一种高贵颜料，广泛用于绘画、化妆制品、石印术等。

（5）在医药上，用氧化汞可制镇定剂、收敛剂。汞锡合金为重要的牙科材料。

（6）在军事工业上，用汞生产雷汞和化学武器。

（7）在动力技术上，用汞的高压蒸汽开动涡轮机，汞的蒸汽冷凝后重新回到锅炉，可以节约燃料。

（8）汞的新用途不断出现，如用于精密铸件的铸模，钚原子反应堆的冷却剂、镉基轴承合金等。

2．一般工业要求（见表4-46）

表4-46

| 一般工业要求 | 原　生　矿 | 砂　矿 |
|---|---|---|
| 边界品位(%) | 0.04 | 原砂矿物<br>100克/立方米 |
| 工业品位(%) | 块段0.08—0.10<br>矿床0.12—0.15 | |
| 可采厚度(米) | 0.8—1.2 | |
| 夹石剔除厚度(米) | 2—4 | |

3. 价格（见表4-47）②

表4-47　　单位：元

| 产品名称 | 规　格 | 计量单位 | 出厂价格 | | 价格日期 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 现行价 | 调整价 | |
| 汞 | | | | | |
| 汞一号 | 含汞不小于 99.999% | 吨 | 30000 | | 84.7 |
| 汞二号 | 含汞不小于 99.99% | 吨 | 29210 | | |
| 朱砂 | | | | | |
| 特级 | 硫化汞不小于 98% | 吨 | 45000 | | 84.7 |
| 一级 | 硫化汞不小于 97% | 吨 | 39000 | | |
| 二级 | 硫化汞不小于 96% | 吨 | 35000 | | |

## 锑

1. 用途

锑主要用于生产锑铅合金，制做车船蓄电池的电极板。含锑 4—11% 的合金具有高强度和耐腐特性。锑合金是良好的造形材料。高纯锑铟合金单晶用于半导体工业。铝锑用于光控电子开关和太阳能电池材料。

三氧化锑($Sb_2O_3$)称之为锑氧或锑白，是一种优良的白

色颜料，用于搪瓷、陶瓷、油漆和橡胶工业，以及军用和民用防火织物。三硫化锑（$Sb_2S_3$）应用于雷管和安全火柴的配料以及发火剂，摩擦剂、发烟剂等。三氯化锑（$SbCl_3$）用于涂镀钢铁，也用于医药和防腐剂。

2．一般工业要求（见表4-48）[11]

表4-48

| 工业要求 | | 边界品位（%） | 工业品位（%） | 可采厚度（%） | 夹石剔除厚度（米） | 含矿系数 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 一般工业要求 | | 0.7 | 1.5 | 1 | 2 | — |
| 矿床实例 | 贵州某大型似层状矿床 | 0.7 | 1.5 | 1 | 2 | 0.3 |
| | 安徽某小型脉状矿床 | 0.7 | 块段1.5<br>矿区3.5 | 1 | 2 | — |
| | 湖南某小型石英脉型金锑矿 | 0.4 | 1 | 0.6 | — | — |

3．价格（见表4-49）②

表4-49　　单位：元

| 产品名称 | 规格 | 计量单位 | 出厂价格 现行价 | 出厂价格 调整价 | 价格日期 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 锑矿 | | | | | | |
| 锑 | | | | | | |
| 一号 | | | | | | |
| 二号 | 含锑不小于 99.85% | 吨 | 3580 | | 84.7 | 执行标准：YB745-70 |
| 三号 | 含锑不小于 99.65% | 吨 | 3470 | | | |
| 四号 | 含锑不小于 99.5 % | 吨 | 3370 | | | |
| 三氧化二锑 | 99% | 吨 | 3270 | | | |
| 特号 | 含氧化锑不小于 99.5% | 吨 | 3540 | | | |
| | 含砷不大于 0.05% | | | | | |
| 一号 | 含氧化锑不小于 99% | 吨 | 3240 | | | |
| | 含砷不大于 1 % | | | | | 包括包装费 |
| 三硫化二锑 | | | | | | |
| 一号 | 含砷不大于 70 73% | 吨 | 2300 | | | 木箱包装在内 |
| 二号 | 含锑不小于 69 73% | 吨 | 2250 | | | |

## 金

1．性质与用途

金具有色泽美丽、不易氧化、耐酸碱(不溶于普通酸)、耐腐蚀、耐高温（熔点1064.43°C，沸点2707°C）、不挥发、高延性（可拉成0.5毫克/米的细丝）、强韧性等特点。

除用作首饰、货币、珠宝、装饰、陶瓷、镍牙、金笔等方面外，近年来随着工业的高度发展，黄金及其合金在化工、电子、电气、宇航（火箭、人造卫星）、核反应堆和国防尖端等工业部门的涂层、焊料、精密仪器的部件和镀层上都广泛应用。此外，黄金是许多国家货币的基础，并作为国际贸易最终结算手段之一。

2．一般工业要求(表4-50)③

表4-50

| 工业要求 | 岩　　金 | 砂　　金 |
|---|---|---|
| 边界品位 | 1—2　克/吨 | 0.1—0.15　克/立方米 |
| 工业品位 | 3—5　克/吨 | 0.2—0.3　克/立方米 |
| 矿床平均品位 | 5—8　克/吨 | |
| 最低可采厚度 | 0.8—1.5米 | |
| 夹石剔除厚度 | 2—4　米 | |
| 无矿地段剔除标准 | 上下坑道对应时10—15米<br>上下坑道不对应时20—30米 | 40—60　米 |

岩金矿床中伴生有用组分的综合评价指标见表4-51；

**表4-51**

| 元素 | 硫化物中 | | | | | 硫铁矿中 | 三氧化钨 | 银 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 铜 | 铅 | 锌 | 锑 | 钼 | 硫 | | |
| 含量（%） | 0.1 | 0.2 | 0.4 | 0.4 | 0.01 | 2.0 | 0.05 | 视回收情况而定 |

3．价格（见表4-52）②

**表4-52**

| 产品名称 | 规格 | | 出厂价格 元/公斤 现行价 | 出厂价格 元/公斤 调整价 | 价格日期 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 金矿 | | | | | | |
| 金精矿 | 含金不小于 | 10克/吨 | | 11340 | 84.7 | 1．金精矿小于10克/吨按铜精矿含金计算。 |
| 金精矿 | 含金不小于 | 15克/吨 | | 12020 | | 2．含铜在8%以上的按铜精矿计价，含铜小于8%的按金精矿含铜计价。 |
| 金精矿 | 含金不小于 | 20克/吨 | 4220 | 12410 | | |
| 金精矿 | 含金不小于 | 30克/吨 | | 12630 | | |
| 金精矿 | 含金不小于 | 40克/吨 | | 12800 | | 3．含铅在40%以上的按铅精矿计价。含铅<40%大于10%的每吨纯金属按以下价格计算： |
| 金精矿 | 含金不小于 | 50克/吨 | 4340 | 13000 | | |
| 金精矿 | 含金不小于 | 70克/吨 | | 13080 | | |
| 金精矿 | 含金不小于 | 80克/吨 | | 13160 | | 铅大于35% 1350元 |
| 金精矿 | 含金不小于 | 100克/吨 | 4460 | 13230 | | 铅大于30% 1270元 |
| 金精矿 | 含金不小于 | 120克/吨 | | 13290 | | 铅大于25% 1130元 |
| 金精矿 | 含金不小于 | 140克/吨 | | 13350 | | 铅大于20% 1080元 |
| 金精矿 | 含金不小于 | 160克/吨 | | 13400 | | 铅大于15% 900元 |
| 金精矿 | 含金不小于 | 200克/吨 | 4500 | 13500 | | 铅大于10% 800元 |
| 金精矿 | 含金不小于 | 240克/吨 | | 13570 | | 4．除含质金外，计量单位均为每公斤纯金属 |
| 金精矿 | 含金不小于 | 280克/吨 | | 13640 | | |
| 金 | | | | | | |
| 一号 | 含金不小于 | 99.99% | 16100 | 16100 | | |

表4-52(续)

| 产品名称 | 规格 | 出厂价格元/公斤 现行价 | 出厂价格元/公斤 调整价 | 价格日期 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|
| 二、号铜精矿、铅精矿含金 | 含金不小于 99.95% | 10100 | | | |
| | 含金不小于 1克/吨 | 2630 | 10040 | 84.7 | |
| | 含金不小于 2克/吨 | 3140 | 10530 | | |
| | 含金不小于 3克/吨 | 3380 | 10810 | | |
| | 含金不小于 5克/吨 | 3860 | 11110 | | |
| | 含金不小于 8克/吨 | 4100 | 11310 | | |
| 铅铜、粗铅阳极铜含金 | 含 金≥ 56克/吨 | | 14200 | | |
| | 含 金 40克/吨 | | 14050 | | |
| | 含 金 20克/吨 | | 13850 | | 铜、铅、阳极泥含金量小于200克/吨按金精矿、铜精矿、铅精矿含金计价 |
| | 含 金 10克/吨 | | 13650 | | |
| | 含 金 1—10克/吨 | | 13550 | | |
| 铜、铅、阳极泥含金 | 200—1000克/吨 | | 13900 | | |
| | 含 金> 1000克/吨 | | 14310 | | |
| | 含 金≥ 2000克/吨 | | 14510 | | |
| | 含 金≥ 3000克/吨 | | 14810 | | |
| | 含 金≥ 5000克/吨 | | 15010 | | |
| 合质含金量 | | | 10000 | | |

## 银

1．性质与用途

银具有不易氧化、导电性强、延展性好的特性。它在制造电子工业和发电设备为零件和制造物理、化学实验室中的仪器、工具等方面应用较广。在原子能工业中核控制棒含银达80%。在医药、化工、餐具、货币、摄影胶卷、工艺品和包银金属制品等方面也广为应用。

2．一般工业要求

银大多作为伴生组分赋存于其他矿产中，在提炼主要组

分的同时，对于银一般有多少回收多少，没有固定的工业指标。一般含Ag 达到 5—10克/吨，就具工业价值，有时银回收性优，还可适当降低指标。

当银作为单独矿床开采时，可参照下列工业指标（见表4-53）〔11〕

**表4-53**

| 类　别 | 边界品位（克/吨） | | 工业品位（克/吨） | | 可采厚度（米） | 夹石剔除厚度（米） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 单一银矿体 | Ag | 60 | Ag | 120 | 1 | 4 |
| 金银矿体 | Ag<br>Au | 50<br>3 | Ag<br>Au | 100<br>5 | 0.8 | 2 |

3．价格（见表4-54）②

**表4-54**　　**单位：元**

| 产品名称 | 规　格 | | 计量单位 | 出厂价格 | | 价格日期 | 备　注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 现行价 | 调整价 | | |
| 银　矿 | | | | | | | |
| 铜、铅、锌精矿；铜、铅、银块矿含银 | 含银不小于 | 20克/吨 | 每公斤纯金属 | 45 | 220 | 84.7 | 含银不小于10000克/吨每公斤纯金属260元 |
| | 含银不小于 | 50克/吨 | 每公斤纯金属 | 45 | 228 | | |
| | 含银不小于 | 100克/吨 | 每公斤纯金属 | 45 | 231 | | 含银不小于2000克/吨每公斤纯金属268元 |
| | 含银不小于 | 200克/吨 | 每公斤纯金属 | 45 | 238 | | |
| | 含银不小于 | 300克/吨 | 每公斤纯金属 | 45 | 241 | | |
| | 含银不小于 | 500克/吨 | 每公斤纯金属 | 45 | 245 | | |
| | 含银不小于 | 1000克/吨 | 每公斤纯金属 | 45 | 249 | | |
| | 含银不小于 | 1500克/吨 | 每公斤纯金属 | 54 | 253 | | |
| | 含银不小于 | 2000克/吨 | 每公斤纯金属 | 54 | 254 | | |
| | 含银不小于 | 3000克/吨 | 每公斤纯金属 | 54 | 256 | | |
| | 含银不小于 | 5000克/吨 | 每公斤纯金属 | 54 | 258 | | |

表4-54(续)　　单位：元

| 产品名称 | 规格 | 计量单位 | 出厂价格 现行价 | 出厂价格 调整价 | 价格日期 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 阳极泥含银 | 含银不小于 10000克/吨 | 每公斤纯金属 | 54 | 258 | | 含银小于2%，按粗铜粗铅含银计价 |
| | 含银不小于 20000克/吨 | 每公斤纯金属 | 54 | 260 | | |
| | 含　银 2%—5% | 每公斤纯金属 | — | 268 | | |
| | 含　银 ＞ 5% | 每公斤纯金属 | 54 | 300 | | |
| | 含　银 ＞ 10% | 每公斤纯金属 | 54 | 310 | | |
| | | | | 320 | | |
| 粗铜、粗铅、阳极泥含银 | 含银20克/吨以上 | 每公斤纯金属 | 45 | | | |
| | | | | 285 | | |
| 合质金含银 | 含银不小于 100克/纯 | 每吨纯金属 | 55 | 340 | | |
| 锌精矿、锌焙烧矿含银 | 含银不小于 200克/吨 | 每吨纯金属 | | 45 | | |
| | 含银不小于 300克/吨 | 每吨纯金属 | | 70 | | |
| | 含银不小于 400克/吨 | 每吨纯金属 | | 95 | | |
| | 含银不小于 500克/吨 | 每吨纯金属 | | 120 | | |
| | 含银不小于500克/吨以上 | 每吨纯金属 | | 145 | | |
| | | | | | | 双方商定 |

## 萤　石④

1．用途

在冶金工业中，用作炼钢熔剂，可以增强炉渣的流动性，并排除硫，磷等杂质；在化学工业上、是制造人造冰晶石（$Na_3AlF_6$）、氢氟酸及其它盐类，如氟化钠、氟硅酸钠等的原料。人造冰晶石是电解铝的熔剂。氢氟酸可用来浸蚀玻璃、净化石墨和制作镀铝硼氢氟酸电解液，还可用于制造氟化碳及合成高压设备用的高效绝缘气体——六氟化硫。此外，在制造氟化玻璃、光学仪器、珐琅、耐酸混凝土、粘合

④　陕西省地矿局，1985，非金属矿产资源介绍。

剂、防腐剂、杀虫剂、以及塑料工业中均有广泛用途。在生产核燃料过程中，无水氟化氢用于分离铀同位素。

2．一般工业要求[11]（见表4-55）

**表4-55**

| 用途 | 品级 | 化学成分含量（%） CaF₂ 边界品位 | CaF₂ 工业品位 | $SiO_2$ | S | $BaSiO_3$ | $CaCO_3$、$Fe_2O_3$ | 可采厚度（米） | 夹石剔除（米） | 包体剔除（米） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 冶金 | 富矿 | ≥55 | ≥65 | ≤20 | ≤1.0 | ≤1 | | 0.7 | 0.5—0.7 | 0.1 |
| | 贫矿 | ≥20 | ≥30 | | | | | 0.7—1 | 1—2 | 0.1 |
| 化工 | | ≥80 | >93—98 | <0.8—1.5 | <0.03—0.5 | <1 | <1—1.5 | 0.5 | 0.5 | 0.1 |
| 玻璃 | 一级 | ≥60 | >80 | | <0.3—0.5 | <1 | <1 | <0.2 | 0.5 | 0.5 | 0.1 |
| | 二级 | ≥45 | >60 | | | <1 | <1 | <0.3 | 0.5 | 0.5 | 0.1 |
| 陶瓷 | | | >95 | 2.5—3 | | | <1 | <0.12 | | | |
| 铸石 | | | >85 | | | | | | | | |
| 水泥 | | | >45 | | | | | | | | |

表4-55(续)

| 用途 | 品级 | 化学成分含量(%) | | | | | | 可采厚度(米) | 夹石剔除(米) | 包体剔除(米) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $CaF_2$ | | $SiO_2$ | S | $BaSiO_3$ | $CaCO_3$ | $Fe_2O_3$ | | | |
| | | 边界品位 | 工业品位 | | | | | | | | |
| | | 可用部分采取率（无缺陷部分占整个晶体或碎块的体积%） | | | | | | | 可用部分尺寸(毫米) | | |
| 化学萤石 | 特级 | ≥90 | | | | | | | ≥50×50×25 | | |
| | 一级 | ≥80 | | | | | | | ≥20×20×10 | | |
| | 二级 | ≥60 | | | | | | | ≥20×20×10 | | |
| | 三级 | ≥40 | | | | | | | ≥10×10×4 | | |
| | 四级 | ≥5，凡带有均匀的浅色者（不具有乳白色）均列入此级 | | | | | | | ≥6×6×4 | | |

注：（1）电炉用冶金萤矿S<0.2%；

（2）应了解Pb、Zn、P等有害杂质；

（3）包体是指矿种中含有≥0.1米的围岩碎块，开采时应手选剔除；

（4）评价时对符合化工、陶瓷、玻璃工业等要求的矿石应优先选出。

3．价格

1984年8月国际市场价⑧

英国：冶金级$CaF_2$≥70%　58.7—71.8美元/吨

制酸级$CaF_2$97%　130.6—143.6美元/吨

散装滤饼　110—130美元/吨

墨西哥：离岸价　制酸级滤饼　106—108美元/吨

冶金级　78—80美元/吨

1987年10月我国萤石的出口价格，块矿一般为60—70美元/吨，粉矿每吨100—135美元。

1986年4月浙江萤石销售价格见表4-56。

**表4-56　浙江萤石产品结构及销售价格（元/吨）（在矿山公路交货）**

| 品级 / 价格 | 特-1 98° | 特-2 95° | 1 90° | 2 85° | 3 80° | 4 75° | 5 70° | 6 65° | 7 60° |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 块精矿 | 110 | 100 | 90 | 75 | 65 | 55 | 50 | 45 | |
| 碎屑矿 | 90 | 75 | 65 | 55 | 50 | 40 | 35 | 30 | |
| 粉精矿 | | | 98° | 97° | 95° | 90° | | | |
| | | | 160 | 150 | 140 | 130 | | | |

（据吴自强）

## 蛇纹石石棉

1．性质与用途

石棉具有隔热、保温、耐酸、绝缘、防腐等特性。但不同种类的石棉，其纤维的物理化学性能也不相同，一般来说，蛇纹石石棉的纤维柔性、抗张性、劈分性、耐热和绝缘性能都比较好，但耐酸、碱及防腐能力不及角闪石石棉。

目前利用石棉制成的产品近2000种，其中较为重要的是

在汽车、拖拉机、化工、电器设备等工业上利用较长的石棉纤维织成的石棉线、石棉绳、石棉布，作为传动、制动、保温、隔热、防热、绝缘、隔音材料；同时，短纤维与水泥混合制成的石棉水泥瓦、屋顶板、墙板、石棉管等各种石棉水泥制品，可代替大量钢材用于建筑工程。此外，日常见到的防火衣、隔火幕、炼钢炉炉门的挡热板以及防高温、防腐、防酸用的劳保工作服等均是石棉制成的。

国防工业利用温石棉作飞机、坦克、潜艇中的隔热装置和隔音材料。近年来石棉在导弹、火箭等国防工业上还有许多新的用途。

2、一般工业要求

决定蛇纹石石棉工业价值的最主要是纤维长度和物理性质（坚固性、柔性），其次是纤维的劈分性、耐烈性及耐酸、耐碱等性能。

（1）纤维分级

目前地质工作中一般是按纤维的长度将石棉划分为八个等级，其中AA级（即特级）是人工手选出的块状或未经破坏的纤维束，其余七级是机械加工方法选出来的（见表4-57）③。

表4-57

| 品　级 | 筛　号 | 筛孔直径（毫米） | 纤维平均长度（毫米） | 备　注 |
|---|---|---|---|---|
| AA级 | 手　选 | | >18 | 纺 |
| I | 4 | 8 | 16 | 织 |
| II | 6 | 6.3 | 12 | 用 |
| III | 8 | 4 | 9 | |
| IV | 12 | 2.8 | 5.5 | 建筑材料用 |
| V | 20 | 1.6 | 2.5 | |
| VI | 60 | 0.5 | 1 | |
| VII | 80 | 0.25 | 0.7 | |

（2）矿石品位要求（表4-58）[11]

表4-58

| 品　　级 | 边界含棉率(%) | 工业含棉率(%) |
|---|---|---|
| AA(特)—Ⅷ级 | >0.4 | >1 |
| 其中AA—Ⅴ级>总含棉率25%时 | 0.3 | 0.5 |
| 其中AA—Ⅲ级>总含棉率25%时 | 0.2 | 0.4 |

（3）开采技术条件：

①与超基性岩有关的蛇纹石石棉矿床

可采厚度：1米

夹石剔除厚度：1米

②与白云岩有关的蛇纹石石棉矿床

可采厚度：0.5米

夹石剔除厚度：0.5米

应当指出，矿石品位按含棉率计算。含棉率系指样品中纯石棉与矿石重量的百分比，应分级计算含棉率。总含棉率（AA—Ⅷ级）为各级含棉率的总和。

此外，对石棉的物理性能一般应采取样品在实验室里测定。但在野外工作中，通常是用手折断石棉的办法来判断纤维的坚固性，即用粗约3—5毫米的纤维束，用手折5次，根据它折断的难易或用瓷钵研磨的办法即可初步确定是坚固的、半坚固的或易碎的石棉。

（4）综合评价：蛇纹石石棉矿床中的蛇纹岩是制造钙镁磷肥的重要原料，又可作耐火材料。在某些蛇纹岩矿区中常伴生有镍、铬、钴等，应注意综合评价。

### 3. 价格④

**表4-59**

| 企业名称 | 牌号 | 出厂价格(元/吨) | | 交货地点 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 现行价 | 调整价 | | |
| 涞源石棉矿 | 手选四级 | | 3500 | | |
| 涞源石棉矿 | 软-3 -60 | | 2580 | | |
| 涞源石棉矿 | 软-4 -10 | | 1680 | | |
| 涞源石棉矿 | 软-4 - 5 | | 1560 | | |
| 涞源石棉矿 | 软-5 -60 | | 1220 | | |
| 涞源石棉矿 | 软-5 -50 | | 1080 | | |
| 茫崖石棉矿 | 特-A | | 2490 | | |
| 茫崖石棉矿 | 特-B | | 2370 | | |
| 茫崖石棉矿 | 1*-A | | 2190 | 石 | 带 |
| 茫崖石棉矿 | 1*-B | | 2090 | | |
| 茫崖石棉矿 | 2*-A | | 1890 | 棉 | |
| 茫崖石棉矿 | 2*-B | | 1850 | | |
| 茫崖石棉矿 | 3*-A | | 1830 | 矿 | 包 |
| 茫崖石棉矿 | 3*-B | | 1730 | | |
| 茫崖石棉矿 | 3*-C | | 1630 | 仓 | |
| 茫崖石棉矿 | 4*-A | | 1490 | | |
| 茫崖石棉矿 | 4*-B | | 1230 | 库 | 装 |
| 茫崖石棉矿 | 4*-C | | 1160 | | |
| 茫崖石棉矿 | 软-5 -80 | | 1140 | | |
| 茫崖石棉矿 | 软-5 -70 | | 1110 | | |
| 茫崖石棉矿 | 软-5 -60 | | 1020 | | |
| 茫崖石棉矿 | 手 三 级 | | 5000 | | |
| 蓝石棉 | (一级) | 420000 | | | |
| | (二级) | 320000 | | | |
| | (三级) | 160000 | | | |
| | (四级) | 105000 | | | |

## 表4-59（续）

| 企业名称 | 牌号 | 出厂价格(元/吨) | | 交货地点 | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 现行价 | 调整价 | | |
| 四川新康石棉矿 | 手特一级 | 6500 | 12000 | 石棉矿棉矿仓库 | 包装 |
| | 手特二级 | 5900 | 10500 | | |
| | 硬-特-60 | 4600 | 8320 | | |
| | 硬-特-55 | 4200 | 6970 | | |
| | 软-1 -65 | | 6270 | | |
| | 软-1 -60 | | 5550 | | |
| | 硬-1 -50 | 4000 | 6460 | | |
| | 软-2 -40 | | 5020 | | |
| | 软-2 -30 | | 4730 | | |
| | 硬-2 -20 | 2200 | 4720 | | |
| | 软-2 -20 | | 3940 | | |
| | 半-3 -60 | 2000 | 3330 | | |
| | 软-3 -55 | 1650 | 2750 | | |
| | 半-3 -50 | 1900 | 2970 | | |
| | 软-3 -45 | | 2460 | | |
| | 软-4 -30 | | 2030 | | |
| | 软-4 -20 | | 1650 | | |
| | 软-4 -10 | 1420 | 1480 | | |
| | 软-4 - 5 | 1290 | 1360 | | |
| | 软-5 -60 | 870 | 1020 | | |
| 金州石棉矿 | 硬-1 -50 | 3000 | 6460 | | |
| | 硬-2 -20 | 2200 | 4720 | | |
| | 硬-3 -40 | 1600 | 2860 | | |
| | 软-5 -65 | | 1690 | | |
| | 软-5 -50 | | 880 | | |
| 沭源石棉矿 | 手选三级 | 3400 | 5000 | | |

# 云　母

1．性质与用途

白云母和金云母具有高的电绝缘性能和耐热、抗酸、抗碱、抗压等特性，并能分剥成有弹性的透明薄片，所以被广泛用作电气设备和电工器材的绝缘材料。在冶金工业和机械工业方面，可制作冶炼炉的炉窗和机械上的零件。碎云母可制成云母纸、云母板以代替大云母片用于电机制造中的绝缘材料，亦可作建材、橡胶填料及滑润料等。

锂云母和铁锂云母，则是提炼金属锂的矿物原料之一。

2．一般工业要求

（1）质量要求：

其一，工业原料云母的外观质量条件

①有效面积（≥4平方厘米）内不允许有裂缝、穿孔、粘结、皱纹、嵌填物、连生物和羽毛状梗子层；也不许有完全失去弹性和挠曲性能的风化云母。

②立方晶体不允许有易于脱落的云母碎块，也不允许晶体表面有非云母矿物和全片黑云母复盖层。

③云母晶体边缘上的非云母矿物，直径不得超过3毫米；凹入角的非云母矿物的深度不得超过7毫米。

④楔形云母最厚边的最大厚度不得超过10毫米，板状云母晶体的厚度不限。

其二，工业原料云母分类（见表4-60）③

表4-60

| 类　　别 | 最大有效面积（平方厘米） |
|---|---|
| 特类 | >65 |
| 1类 | 40—65 |
| 2类 | 20—40 |
| 3类 | 10—20 |
| 4类 | 4—10 |

注：有效面积是指按云母片内所能划出的最大内接矩形计算，矩形两相邻边的边长比为1:1—1:3

其三，厚片云母出成率：选有代表性的工业原料云母加工成厚片云母（厚度为0.1—2毫米，有效面积大于或等于4平方厘米的任意外形云母片），求出厚片云母出成率和各品级、各标号厚片云母的百分率。厚片云母的分级、分号标准如下：

①厚片云母按外观质量分三级（表4-61）⑧

表4-61

| 品　级 | 外　观　质　量　条　件 |
|---|---|
| 特　级 | 两面极光滑、平整、质地坚硬，允许有轻微波纹，不允许有任何斑点。 |
| 甲　级 | 两面光滑，质地坚硬，斑点面积不大于各该标号面积的25%。 |
| 乙　级 | 两面光滑、允许有波纹和轻微的皱纹，磁铁矿等斑点面积不大于各该标号面积的50%，其他斑点不限。 |

注：斑点面积在20—30微米厚的薄片云母上测定。

②厚片云母按其有效面积的大小分为九个标号：③

表4-62

| 标　号 | 有效面积(平方厘米) | 标　号 | 有效面积(平方厘米) |
|---|---|---|---|
| 特号 | >230 | 5号 | 20—40 |
| 1号 | 155—230 | 6号 | 10—20 |
| 2号 | 90—155 | 7号 | 6—10 |
| 3号 | 65—90 | 8号 | 4—6 |
| 4号 | 40—65 | | |

其四，电气性能要求：选有代表性的厚片云母，加工成薄片云母进行电气性能试验，其击穿电压要求见表4-63③：

表4-63

| 薄片云母厚度(微米) | 击穿电压（千伏） | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 白云母 | | 金云母 | |
| | 平均 | 最低 | 平均 | 最低 |
| 12—18 | 2.2 | 1.4 | 1.8 | 1.0 |
| 22—28 | 4.0 | 1.9 | 3.2 | 1.7 |

（2）品位要求：按工业原料云母含矿率计算。边界品位：含矿率1公斤/立方米　　工业品位：平均含矿率4公斤/立方米。

（3）开采条件：可采厚度≥1米，当含矿率高而矿体厚度不足1米时，按米含矿率计算。夹石剔除厚度≥0.5米。

3．价格④

据四川、新疆、内蒙等省（自治区）产品1984年出厂价

格为：

表4-64　　1.工业原料云母

| 类别 | 轮廓面积（平方厘米） | 计量单位 | 出厂价格（元） | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 新疆 | 四川 | 内蒙 |
| 特 | 200以上 | 吨 | 78000 | 78000 | 50000 |
| 1 | 100—200 | 吨 | 50000 | 50000 | 33000 |
| 2 | 50—100 | 吨 | 21000 | 30000 | 15000 |
| 3 | 20—50 | 吨 | 7000 | 13000 | 8500 |
| 4 | 4—20 | 吨 | 2800 | 5500 | 3600 |

表4-65　　2.薄片云母

| 型号 | 型号面积（平方厘米） | 计量单位 | 出厂价格（元） | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 新疆 | | | | 四川 | | | | 内蒙 | | | |
| | | | 特 | 甲 | 乙 | 丙 | 特 | 甲 | 乙 | 丙 | 特 | 甲 | 乙 | 丙 |
| 3 | 65以上 | 公斤 | 384 | 320 | 265 | 200 | 384 | 320 | 265 | 200 | 300 | 300 | 260 | 195 |
| 4 | 50—65 | 公斤 | 336 | 280 | 224 | 168 | 336 | 280 | 224 | 168 | 308 | 257 | 211 | 158 |
| $4\frac{1}{2}$ | 40—50 | 公斤 | 305 | 254 | 203 | 152 | 305 | 254 | 203 | 152 | 260 | 217 | 166 | 139 |
| 5 | 30—40 | 公斤 | 276 | 230 | 184 | 136 | 276 | 230 | 184 | 136 | 223 | 186 | 161 | 121 |
| $5\frac{1}{2}$ | 20—30 | 公斤 | 235 | 196 | 157 | 118 | 235 | 196 | 157 | 118 | 192 | 160 | 138 | 102 |
| 6 | 15—20 | 公斤 | 194 | 162 | 130 | 100 | 194 | 162 | 130 | 100 | 155 | 129 | 110 | 83 |
| $6\frac{1}{2}$ | 10—15 | 公斤 | 144 | 120 | 100 | 75 | 144 | 120 | 100 | 75 | 115 | 96 | 76 | 57 |
| 7 | 0—10 | 公斤 | 67 | 56 | 48 | 36 | 67 | 56 | 48 | 36 | 66 | 55 | 45 | 34 |

表4-66　　3.厚　片　云　母

| 型号 | 型号面积（平方厘米） | 计量单位 | 出厂价格（元） | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 新疆 | | | 四川 | | | 内蒙 | | |
| | | | 特级 | 甲级 | 乙级 | 特级 | 甲级 | 乙级 | 特级 | 甲级 | 乙级 |
| 特 | 230以上 | 公斤 | 600 | 500 | 420 | 600 | 500 | 420 | 528 | 440 | 370 |
| 1 | 155—230 | 公斤 | 475 | 396 | 330 | 475 | 396 | 330 | 396 | 330 | 275 |
| 2 | 90—155 | 公斤 | 374 | 312 | 240 | 374 | 312 | 240 | 310 | 258 | 215 |
| 3 | 65—90 | 公斤 | 312 | 260 | 170 | 312 | 260 | 170 | 233 | 194 | 155 |
| 4 | 40—65 | 公斤 | 222 | 185 | 120 | 222 | 185 | 120 | 151 | 126 | 100 |
| 5 | 20—40 | 公斤 | 152 | 127 | 70 | 152 | 127 | 70 | 92 | 77 | 58 |
| 6 | 10—20 | 公斤 | 88 | 73 | 40 | 88 | 73 | 40 | 25 | 21 | 17 |

表4-67　　4.电　子　管　片　云　母

| 有效面积内的零件直径（毫米） | 计量单位 | 出厂价格（元） | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 新疆 | | 四川 | |
| | | 特级 | 甲级 | 特级 | 甲级 |
| φ 18 | 公斤 | 121 | 90 | 121 | 90 |
| φ 20 | 公斤 | 150 | 108 | 150 | 108 |
| φ 25 | 公斤 | 188 | 135 | 188 | 135 |
| φ 30 | 公斤 | 225 | 102 | 225 | 162 |
| φ 50 | 公斤 | 290 | 225 | 290 | 225 |
| φ 70 | 公斤 | 378 | 294 | 378 | 294 |
| φ 80 | 公斤 | 432 | 336 | 432 | 336 |
| φ 100 | 公斤 | 540 | 420 | 540 | 420 |
| φ 119 | 公斤 | 643 | 500 | 643 | 500 |

## 磷

1．用途

磷矿是一种重要的化工矿物原料。据统计，世界磷矿产量

的84%用于磷肥工业。其它仅占16%，用磷矿可提取白磷（黄磷）、赤磷、黑磷、磷酸以及其他磷酸盐和磷的化合物等。军事工业利用黄磷制造燃烧弹和烟幕弹；在农业上，利用黄磷的剧毒性制造农药；各种磷酸盐被广泛用于制糖、陶瓷、涂料、玻璃、纺织、食品等工业部门。

2．一般工业要求

磷矿一般工业指标[11]参见表4-68：

**表4-68**

| 工业指标 ＼ 矿床类型 | 磷灰岩及磷灰石岩矿床 | 磷块岩矿床 |
|---|---|---|
| 边界品位 $P_2O_5$(%) | 5—8% | 8—12 |
| 最低工业品位 $P_2O_5$(%) | 8—11 | 12—15 |
| 最低可采厚度(米) | 0.7—2 | 0.7—2 |
| 夹石剔除厚度(米) | 1—2 | 1—2 |

缺磷地区参考使用的一般工业指标④见表4-69：

**表4-69**

| 工业指标项目 ＼ 矿床类型 | 磷灰岩及磷灰石岩矿床 | | | | 磷块岩矿床 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 单一磷矿床 | | 可综合利用磷矿床 | | |
| | 露采 | 坑采 | 露采 | 坑采 | |
| 边界品位 $P_2O_5$(%) | 2—2.5 | 4—5 | 2—2.5 | 2.5—3 | 5—8 |
| 最低工业品位 $P_2O_5$(%) | 4—5 | 6—7 | 3—4 | 5—6 | 9—10 |
| 最低可采厚度(米) | 2—5 | 1—2 | 2—5 | 1—2 | 0.5—1 |
| 夹石剔除厚度(米) | 2—5 | 1—2 | 2—5 | 1—2 | 0.5—1 |

3．价格

1980年我国磷矿石，含$P_2O_5$30%，20元/吨；磷精矿50元/吨（磷矿石$P_2O_5$每增加1%，加价1元，每减1%，减价0.6元；磷精矿每增减1%，每吨增减2—5元）③。并可参见表4-70所列价格④。

表4-70

| 产品 | 规格及交货地点 | 计价地点 | 出厂价格(元/吨) | | 另收运杂费 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 现行价 | 调整价 | |
| 磷矿石 | 荆襄磷矿矿务局，含$P_2O_5$ 30%<br>扬梅码头交货<br>含$P_2O_5$20%—29%<br>按质论价 | | 20<br>12—19.4 | 30<br>18—29.1 | 5.20元 |
| 磷精矿 | 锦屏磷矿含$P_2O_5$30%<br>海州火车站交货<br>含$P_2O_5$28%—35%<br>每增加或减少1%，价格相应增减3.5元 | | 50<br>45—62.50 | 70<br>63—87.5 | |
| 黄磷 | 含量≥99.9% | 不带包装 | 3000 | | |
| 赤磷 | 含量≥98.5%，一级品，东北 | 带铁桶包装 | 3800 | | |

## 硫

1．用途

硫是化学工业的基本原料，主要用来生产硫酸和硫磺。据统计，约有75%的自然硫和几乎全部的黄铁矿被用于制造硫酸。

硫酸是十分重要的化工原料，硫酸主要用以制硫酸铵、过磷酸钙等化学肥料，也是化工、农药、医药、炸药、冶金、造

纸、石油等工业部门的重要原料；硫磺用于橡胶、人造丝、医药、染料、玻璃、食品、火柴等工业部门。

2．一般工业要求

（1）工业加工对矿石质量要求

①含硫18%以上的矿石可以直接炼制硫磺，含硫25%以上的矿石可以直接入炉焙烧，如矿石含硫能到达38%以上，既可减少废石的运输，又有利于对铁的综合利用。

②焙烧硫铁矿石制造硫酸时，矿石的有害组分主要是砷、氟、铅锌和碳以及钙、镁碳酸盐。

（2）工业指标表(4-71)[11]

璃4-71

| 项　　目 | 工　业　指　标 | |
|---|---|---|
| 边界品位 | 含硫　8% | |
| 最低工业品位 | 含硫　12% | |
| 最低可采厚度 | 0.7—2.0米 | |
| 夹石剔除厚度 | 1—2米 | |
| 矿石品级 | Ⅰ级品 | 含硫>35% |
| | Ⅱ级品 | 含硫25—35% |
| | Ⅲ级品 | 含硫12—25米 |
| 有害组分最大允许含量 | As | 0.1%(酸洗流程)<br>0.2%(水洗流程) |
| | F | 0.05%(酸洗流程)<br>0.1%(水洗流程) |
| | Pb+Zn | 1% |
| | C | 5—8% |

3．价格③

表4-72

| 矿产品规格及交货地点 | | 计价地点 | 出厂价格(元) | | 另收运杂费 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 现行价 | 调整价 | |
| 硫铁矿石 | 向山硫铁矿，含硫35%<br>向阳火车站交货 | 马山矿区<br>储矿场 | 45 | 55 | 1.80元 |
| | 阳泉硫铁矿公司<br>含硫35%<br>阳泉货运火车站交货 | 阳泉硫铁<br>矿储矿场 | 45 | 55 | 6.00元 |
| 硫精矿 | 向山硫铁矿，含硫35%<br>向阳火车站交货 | 向山矿区<br>储矿场 | 65 | | |
| | 武汉钢铁公司，有色金属<br>副产品，含硫35% | | 35 | | |
| 硫磺 | 含量≥99.5% | | 250 | | |

## 重 晶 石

1．用途

重晶石粉主要用作油气钻井泥浆的加重剂，也可做纺织、造纸、橡胶工业的填充剂。在化学工业上可制氢氧化钡、氯化钡及其他化学药品，以供制糖、制革、焰火、感光纸等制造之用。把重晶石粉掺在混凝土中，建造X射线顶壁可以代替铅板，防止X射线损伤。

2．一般工业要求〔11〕

边界品位：$BaSO_4$ 30%

工业品位：$BaSO_4$ 50%

可采厚度：≥1 米风化粘土

夹石剔除厚度：≥1 米

（1）化工用重晶石（富矿或精矿）的品级划分（见表

4-73）：

表4-73

| 品　级 | $BaSO_4$ (%) | $SiO_2$ (%) | $Fe_2O_3$ (%) | $Al_2O_3$ (%) | 水溶盐 (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| Ⅰ | 95 | <0.5 | <0.5 | <1.0 | <0.3 |
| Ⅱ | 90 | <2.5 | <1.5 | <2.0 | <1.0 |
| Ⅲ | 85 | <2.5 | <1.5 | <2.0 | <1.0 |

（2）钻探泥浆加重剂用重晶石粉要求：

$BaSO_4$>95%，可溶盐类<1.0%，相对密度大于3.8

（3）橡胶、造纸填充料用重晶石粉要求：

$BaSO_4$>98%，CaO<0.36%，$R_2O_3$微量，不许有Mn、Cu、Pb等杂质。

3．价格

国外市场价格④见表4-74：

表4-74

| 规格及交货条件 | 原　价 | 折　合　价 | 价格日期 |
|---|---|---|---|
| 磨碎、白色、涂料级，$BaSO_4$ 96—98%为350目，1—5吨批量，英国交货 | 125—135 英磅/吨 | 173.2—187.0 美元/吨 | 85年8月 |
| 微粉级，至少99%小于20微米，英国交货 | 135—140 英磅/吨 | 187.0—193.9 美元/吨 | 85年8月 |

江西兴国地区（1986.2）重晶石原矿，含$BaSO_4$ 95%以上，每吨25元；黑色含$BaSO_4$ 98%以上，每吨37元。

## 玄 武 岩

1. 用途

玄武岩是制造岩棉的重要原料。用它制成的岩棉具有容重轻、导热系数小（0.025—0.04），使用温度高、不燃、不腐、良好的化学稳定性、吸音性等优良特性。因此，在建筑、石油、化工、电力、纺织、冶金、造船、交通运输等各部门广泛应用。

铸石业中用玄武岩或辉绿岩（80—90%）加上角闪石（3.4—6.7%）、白云岩（3.2—6.0%）、萤石（0.29—1.5%）、铬铁矿（2.1—5.2%）等制成的铸石制品，具有较大硬度和很强的耐磨、抗腐性，故在矿山、电站、煤气厂、炼焦厂、水泥厂、化工等部门作输送管（槽）、运料槽、料仓、贮酸槽、电解槽等的衬管或衬板。

2. 一般工业要求

（1）铸石用玄武岩：〔11〕（以湖南耒阳春江铺为例）

$SiO_2$ 45—51%，$Al_2O_3+TiO_2$ 15—20%（$TiO_2$ 5%±），$Fe_2O_3$ 12—17%，CaO 9—11%，MgO 4—7%，$K_2O+Na_2O$<3%；夹石剔除厚度≥0.5米；剥采比<0.5米；开采边坡角55°—65°。

（2）作岩棉用玄武岩：③

我国一家工厂选用的玄武岩化学成分是：氧化硅45.21%，氧化铁13.89%，氧化钙8.56%，氧化铝13.78%，氧化镁8.86%。

3. 价格③

岩棉工业在我国是一个新兴工业，在北京已建成我国第

一个现代化岩棉厂——北京新型建筑材料厂，年产1.63万吨。1984年售价每吨为1500—2200元；平均每吨售价1800元。

## 蛇纹岩、橄榄岩

1．用途

蛇纹岩、橄榄岩均可与磷矿一起烧制钙镁磷肥（又称熔融磷肥），这种肥料在酸性或中性土壤上用作基肥或追肥均可，尤作为基肥更好。

蛇纹石在化学及冶金工业方面，是提炼金属镁、镁的化合物以及泻利盐的原料，含二氧化硅少的优质蛇纹石，耐火度高，用来制造冶金用的高级耐火砖。镁橄榄石也是制造耐火砖的上等材料。美观、致密的蛇纹岩可作建筑材料。

2．一般工业要求

（1）制钙镁磷肥用，〔11〕

①蛇纹岩

边界品位：氧化镁（MgO）≥25%

工业品位：氧化镁（MgO）≥32%

二氧化硅（$SiO_2$）不作规定，但要查明其含量，供生产时配料参考。

氧化钙（CaO）要求小于3—5%，否则会影响配料和增加磷矿粉的消耗。

②橄榄岩

在烧制钙镁磷肥过程中，橄榄岩的溶点比蛇纹岩高，因此对其氧化镁含量的要求稍高。

边界品位：氧化镁（MgO）32%

工业品位：氧化镁（$MgO$）40%

二氧化硅及氧化钙要求同蛇纹岩。

（2）制耐火材料用：③

工业品位：$MgO>40\%$，$CaO<0.8\%$，$MgO/SiO_2>1.1$，$R_2O_3<10\%$（其中$Al_2O_3<1.5\%$），耐火度>1750°C；

最低可采厚度：0.7—1.0米；

夹石剔除厚度：0.5米。

（3）建筑材料用：

色彩鲜艳而又致密的蛇纹岩可用作复面细工材料，制作各种器具。对其外观及物理性质要求：色彩美观，结构致密、均匀，未经风化，有一定的块度和抗压强度，具可琢磨和加工性。

3．价格④

橄榄石：

1984年8月国际价为：散装研碎，欧洲港口到岸价13.1—26.1美元/吨；散装干燥选过的耐火团矿24.8—30.0美元/吨；铸砂袋装，美国交货52.2—84.9美元/吨。

## 天然碱

1．用途

天然碱是含水的碳酸盐类矿物。是制碱工业重要原料之一，主要用以提取纯碱、烧碱、小苏打等。广泛用于玻璃工业、炼铝业、制肥皂、洁净剂、造纸、纺织、制革、石油精制、橡胶翻新、农药及制糖、食品等方面。

2．一般工业要求〔11〕

边界品位：$Na_2CO_3+NaHCO_3$ 20%

工业品位：$Na_2CO_3 + NaHCO_3$ 25%

可采厚度：0.5—1 米

注：天然碱中的硫酸钠（$Na_2SO_4$）、氯化钠（NaCl）及水不溶物，在生产过程中可进行分离并利用。因此，对其含量不作规定，但要查明，以供生产中选择分离方法时参考。

3．价格③

1984年 8 月国际市场价格：

美国天然碱，怀俄明离岸价，79美元/吨。

美国合成碱，锡拉丘兹离岸价，132美元/吨。

河南晏城天然液体碱，晒干后的倍半碱（碳酸钠），国内销售价为120元/吨。

1985年 2 月下旬，我国部分城市烧碱、纯碱供应价格：

表4-75

| 产品 / 地点 | 纯碱(元/吨) | 烧碱(元/吨) |
|---|---|---|
| 北京 | 244 | 751 |
| 沈阳 | 243 | 678.4 |
| 南京 | 208 | 144 |
| 武汉 | 233 | 142 |
| 呼和浩特 | 273 | 649.5 |

## 盐

1．用途

食用盐占盐总用量的一半。盐是极为重要的化工原料之一，目前大部用来制造苛性钠和其它钠盐，并用于制造肥皂、染料、喷漆、釉料等。防腐剂、清洁剂和脱色剂以及大量的医药品都是以盐为基本原料。用盐提取的氯，可以制滴滴涕、六六六、漂白粉、氯丹、氯化苦、氯化松节油、氯

苯、氯硫磷、氯硝胺、氯酸钠、工业盐酸以及各种聚氯乙烯塑料等。

2. 一般工业要求（见表4-76）〔11〕

表4-76

| 类别 | 氯化钠（NaCl）含量（%） | | | | | 可采厚度（米） | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 边界品位 | 工业品位 | 品级划分 I | II | III | | |
| 盐湖固体盐（池盐） | ≥30 | ≥50 | ≥86 | 71—85 | 50—70 | 0.3 | 水溶法开采品位要求可适当降低，但厚度要大。 |
| 岩盐 | ≥10—15 | ≥20—30 | ≥86 | 61—85 | 30—60 | 矿山开采法 0.3 | |
| 天然卤水 | | ≥5—10 | — | — | — | — | |

3. 价格③

国外销售价（1984年8月），磨碎，英国交货19.6—20.9美元/吨。

## 菱镁矿

1. 性质与用途

菱镁矿根据结晶状态可分为晶质的和非晶质的两种。菱镁矿加热到700°C左右开始分解；在750—1000°C之间便成为苛性菱镁矿，所得产品叫轻烧菱镁矿，具高度粘结性。和氯化镁溶液及其它填料配合就成为含镁水泥（即索烈尔水泥），具高度可塑性、胶凝性以及能与有机物化合的性能。用作建筑材料，具有良好的绝热、隔音、耐磨性能；弹性和硬性也比波特兰水泥强得多，而且色泽美丽，可作装饰之用。在1400—1700°C菱镁矿便完全分解，失去$CO_2$而形成

方镁石（MgO），叫硬烧菱镁矿。其溶点高达2800°C，具很高耐火性，可作耐火材料。将硬烧菱镁矿磨成粉——冶金粉，可用来焊接马丁炉壁和炉底；也可制成耐火砖——镁砖，是马丁炉、电炉和其它冶金炉的重要耐火材料。

制糖工业中用菱镁矿作净化剂；橡胶工业中用作硫化过程的促进剂；此外，还可提取金属镁和制造各种药剂等。

2．一般工业要求③

（1）耐火材料用菱镁矿（表4-77）

可采厚度：2米

夹石剔除厚度：1—2米

（2）提炼金属镁用菱镁矿（据国外资料）：

氧化镁（MgO）　　42—46%

轻烧镁　　86—88%

二氧化硅（$SiO_2$）　　≤1.8%

氧化钙（CaO）　　≤1.8%

（注：$SiO_2$，CaO，$Na_2O$，$K_2O$都是有害杂质）

表4-77

| 品　级 | 氧化镁 (MgO)% | 氧化钙 (CaO)% | 二氧化硅 ($SiO_2$)% | 用　途 |
|---|---|---|---|---|
| I | ≥46 | ≤0.8 | ≤1.5 | 镁砖 |
| II | ≥44 | ≤1.5 | ≤2.5 | 镁砖、冶金砂 |
| III | ≥42 | ≤1.2 | ≤6 | 镁砖、冶金砂 |
| IV | ≥38 | ≤6—8 | ≤3 | 冶金砂 |

3．价格③

1984年8月国际市场希腊原块矿，欧洲主要港口到岸价71.8—78.3美元/吨

| | |
|---|---|
| 煅烧农业级 | 104.4—117.5美元/吨 |
| 煅烧工业级 | 163.2—261.1美元/吨 |
| 英国僵烧保养级 | 156.7—169.7美元/吨 |
| 僵烧制砖级 | 182.8—287.2美元/吨 |

## 高铝矿物原料

### （红柱石、矽线石、蓝晶石）

1．性质与用途

高铝矿物原料包括红柱石、矽线石、蓝晶石和蓝线石，它们在高温下（1300°C）变为富铝红柱石（莫来石），具有很高的耐火度、化学惰性和良好的机械强度，因而使高铝矿物原料得到广泛应用。

（1）作高级耐火材料，用于钢铁工业。用蓝晶石生产的硅铝合金和耐火纤维，可制造飞机、汽车、火车、船舶、雷达、宇宙飞船等的耐高温零部件。

（2）在高铝水温配料中加5～15%的蓝晶石精矿，制成的高铝蓝晶石水泥，耐火度达1650°C，在军工建筑上广泛应用。

（3）作上等瓷状产品的原料，在化工中作耐火、耐酸碱的制品。

（4）结晶良好、色泽鲜艳的红柱石和蓝晶石可作宝石装饰品。

2．一般工业要求（见表4-78）③

高铝矿物原料矿床，原矿一般都达不到工业要求，往往需经选矿后方能使用，因而目前的工业要求多以精矿为准。

表4-78

| 用　途 | $Al_2O_3$ (%) | $Fe_2O_3$ (%) | $K_2O+Na_2O$ (%) | $SiO_2$ (%) |
|---|---|---|---|---|
| 高级耐火材料 | >50 | <1—2 | <1—1.5 | — |
| 技术陶瓷原料 | >55 | <0.5—0.75 | — | — |
| 硅铝合金原料 | >58 | <1.5 | <0.5 | <37 |

另外，在矿床工业评价中还应考虑：

（1）矽线石矿床：

边界品位5%，最低工业品位15%（矿物含量）

可采厚度1米，夹石剔除厚度2米

对精矿要求：CaO、MgO、$K_2O+Na_2O$、$Fe_2O_3$、$TiO_2$等溶剂总量应<2%

（2）蓝晶石矿床：

边界品位10%，最低工业品位15%（矿物含量）

$Al_2O_3$ > 5.5—60%，$SiO_2$ < 42%，$TiO_2$ < 1.5%，$Fe_2O_3$<1.5%，$K_2O+Na_2O$<1%，还应作粒度分析。

3. 价格③

1984年8月国际市场价（欧洲港口到岸价）：

红柱石：德兰士瓦，$Al_2O_3$ 52—54%，散装，91.4美元/吨；$Al_2O_3$ 60%，117.5美元/吨。

蓝晶石：美国，$Al_2O_3$ 59—62%，35—325目原矿或煅烧，117.5—202.4美元/吨。

夕线石：南非，$Al_2O_3$ 70%，袋装，248.0美元/吨。

## 白　云　岩

1. 用途

在化学工业上，用于制造泻利盐，是人造丝工业的原料；医药上用作泻药；还可用于制钙镁磷肥、粒状化肥、橡胶、涂料、玻璃、陶瓷、铸石、造纸和印染等。

在冶金工业中用作碱性耐火材料和熔剂。可提炼金属镁，并广泛用作建筑石材。

2。一般工业要求③

（1）熔剂、耐火材料用白云岩（表4-79）

需要指出几点：①作耐火材料用白云岩，$MgO$含量17—19%，最低不小于16%，烧结后36—37%；作溶剂用可适当降低，但$MgO+CaO$应大于49%。②酸不溶物包括$Al_2O_3$、$Fe_2O_3$、$Mn_2O_3$及$SiO_2$，其含量高时，降低耐火材料的耐火度；作溶剂时，$Fe_2O_3$、$Mn_2O_3$无害，但$Al_2O_3$、$SiO_2$增加燃料消耗，降低溶剂的使用效果。③作耐火材料用的白云岩，含过量$SiO_2$能使白云岩煅烧冷却后产生离解，降低耐火材料质量，但原料太纯，则白云岩煅烧冷却后易碎裂和易潮解，要求$SiO_2$不低于1.5%，不超过7%。

表4-79

| 项目 | 一般要求 | | | | 南京等白云岩矿床 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 特级 | I | II | III | 特级 | I | II |
| 氧化镁($MgO$)≥% | 19 | 19 | 17 | 16 | 20 | 19 | 17 |
| 酸不溶物(包括$SiO_2$)≤% | 4 | 7 | 10 | 12 | 4 | 7 | 10 |
| 磷<% | — | — | — | — | 0.1 | — | — |
| 二氧化硅($SiO_2$)≤% | 2 | 4 | 6 | 7 | 3 | 3 | 6 |
| 可采厚度(米) | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 夹石剔除厚度(米) | 1—2 | 1—2 | 1—2 | 1—2 | 2 | 2 | 2 |
| 剥离比 | 1：1—3 | 1：1—3 | 1：1—3 | 1：1—3 | — | — | — |

（2）制钙镁磷肥用白云岩

MgO 20%；CaO 30%，有害杂质$SiO_2$、$Fe_2O_3$、$Al_2O_3$少量。

（3）提炼金属镁用白云岩

$MgO \geqslant 19\%$，$SiO_2 \leqslant 3\%$，$Na_2O + K_2O \leqslant 0.3\%$

可采厚度4米

夹石剔除厚度2米

剥离比<1

（4）玻璃用白云岩

一级品：$MgO > 20\%$，$Fe_2O_3 < 0.1\%$

二级品：$MgO > 19\%$，$Fe_2O_3 < 0.2\%$

（5）陶瓷用白云岩

$CaCO_3 + MgCO_3 > 79\%$，$Fe_2O_3 < 0.3\%$

表面无锈化现象。

（6）辉绿岩铸石用白云岩

$MgO > 18\%$，$CaO > 30\%$

3．价格③

1984年国内市场价：矿石20—24元/吨，石米31—35元/吨。

## 石 灰 岩

1．用途

在冶金工业中作为熔剂，使矿石中各种杂质变成炉渣，能除磷除硫。

石灰岩是制碱工业的重要原料，主要生产碳酸钠（纯碱）、氢氧化钠（烧碱）、碳酸氢钠等产品。质量优良的石灰岩用于电石工业。

在建材工业上是生产水泥的主要原料，生产一吨水泥约需1.35吨石灰石。还用于生产玻璃、陶瓷、制糖等。

2．一般工业要求③

（1）冶金用石灰岩（表4-80）

**表4-80**

| 项目 \ 工业要求 | 石灰岩 | | | 白云石 | 制铝氧用 |
|---|---|---|---|---|---|
| | Ⅰ级 | Ⅱ级 | Ⅲ级 | 化石灰岩 | 石灰岩 |
| CaO(%) | ≥52 | ≥50 | ≥49 | 35—44 | ≤52 |
| MgO(%) | ≤3.5 | ≤3.5 | ≤3.5 | 6—10 | ≤1.5 |
| $SiO_2+Al_2O_3$(%) | ≤2.0 | ≤3.0 | ≤3.5 | ≤5 | $SiO_2$≤2.0 |
| $P_2O_5$(%) | ≤0.02 | ≤0.04 | ≤0.06 | — | — |
| $SO_3$(%) | ≤0.25 | ≤0.25 | ≤0.35 | — | — |
| 可采厚度 | | | 2米 | | |
| 夹石剔除厚度 | | | 1—2米 | | |
| 剥离比 | | | 1∶1—3 | | |

注：①MgO在作高炉熔剂时，可提高炉渣碱度，并降低其熔化温度；作平炉熔剂时则影响S、P进入炉渣，故含量不宜过高。②$SiO_2$、$Al_2O_3$是造渣组分，质量高时增加熔剂及燃料的消耗，降低炉子利用率。③$P_2O_5$、$SO_3$影响钢的含量，$SO_3$又降低熔剂的脱硫作用。

（2）化工用石灰岩

①制碱用灰岩（表4-81）

**表4-81**

| 项目 | | 一般要求 | 滦县石灰石矿 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 一般围矿 | 品级划分 | | |
| | | | | Ⅰ | Ⅱ | Ⅲ |
| $CaCO_3$(%) | 边界品位≥ | 85 | 85 | — | — | — |
| | 工业品位≥ | 88 | 88 | 90 | 88 | 85 |

表4-81(续)

| 项目 | | 一般要求 | 滦县石灰石矿 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 一般圆矿 | 品级划分 | | |
| | | | | I | II | III |
| 有害杂质允许含量(%) | $MgCO_3$≤ | 4.0 | — | 4.0 | 4.0 | 5.0 |
| | 酸不溶物≤ | 3.0 | — | 6.0 | 6.0 | 6.5 |
| | $Fe_2O_3+Al_2O_3$≤ | 1.0 | — | 1.0 | 1.0 | 2.0 |
| 可采厚度(米) | | 1.0 | 2.0 | | | |
| 夹石剔除厚度(米) | | 1.5 | 1.0 | | | |

②制电石用石灰岩（表4-82）

表4-82

| 项目 | | 一般要求 | 井径某电石石灰岩矿 | 备注 |
|---|---|---|---|---|
| $CaO(\%)$≥ | | 54 | 54 | |
| 有害杂质允许含量(%) | $MgO$≤ | 1.0 | 0.8 | 形成难熔的炉渣，影响出炉操作，影响生产安全，铁铝化合物损坏炉底，并增加电的消耗 |
| | $Al_2O_3+Fe_2O_3$≤ | 1.0 | 1.0 | |
| | $SiO_2$≤ | 1.0 | 1.0 | |
| | S≤ | 0.1 | 0.1 | 制乙炔时生成硫化氢，乙炔燃烧时变成二氧化硫，不但腐蚀金属，并且有毒 |
| | P≤ | 0.00 | 0.008 | 制乙炔时产生有毒气体，并能发生自燃和爆炸 |
| 可采厚度 | | 1米 | 1.5米 | |
| 夹石剔除厚度 | | 1米 | 1.2米 | |

(3) 制糖用石灰岩

$CaCO_3>95\%$，$SiO_2<2\%$

(4) 玻璃用石灰岩

一级品：$CaO>54\%$，$Fe_2O_3<0.15\%$

二级品：$CaO>47\%$，$Fe_2O_3<0.2\%$

（5）陶瓷用石灰岩

①镁铁含量少的类型

$CaCO_3>96\%$，$MgCO_3<1\%$，$Fe_2O_3<0.25\%$

$SiO_2<2\%$，$SO_3<0.1\%$

②镁铁含量相当多的类型

$MgCO_3$ 8%

（6）水泥用石灰岩

$CaO\geqslant48\%$，$MgO\leqslant3.0\%$，$K_2O+Na_2O\leqslant0.6\%$，

$SO_3\leqslant1\%$，$SiO_2\leqslant4\%$

3．价格③

1984年国内市场价：

熔剂用石灰石：北京工厂交货，6元/吨

水泥用石灰石：北京采场交货，7.5元/吨

石料：山西采场交货，2.5—7元/吨

## 硅　石

1．用途

硅石又称矽石。在耐火材料工业上，是生产硅砖的主要原料。硅砖耐火度高，广泛用于冶金工业、玻璃工业。是冶炼有色金属的熔剂，并能生产硅铁。硅铁在炼钢中能增温、造渣、脱氧、脱硫，并可炼硅钢。质纯的硅石可制石英玻璃，提炼结晶硅。结晶硅是提炼单晶硅和多晶硅的原料。并可制作硅铝和有机硅。在化学工业上用硅石制造各种硅化合物和硅酸盐水玻璃，也作硫酸塔的填充物。在建材工业上，可做玻璃原料、陶瓷原料，以及硅酸盐水泥校正原料。还可

制作磨石、油石、砂纸和碳碳硅等研磨材料。

2．一般工业要求③

（1）岩类矿床最低可采厚度≥2米；夹石剔除厚度>0.5—1 米；平均剥采比≤0.5：1；储量计算最低开采水平的底盘宽度不小于40米；边坡高度>100米时，边坡角50°—55°；边坡高度<100 米时，边坡角 55°—60°；爆破安全距离一般不小于400米。

（2）砂类矿床最低可采厚度 0.5—1 米；夹层剔除厚度>0.5米；平均剥采比≤1：1；边坡角30°。

耐火材料用硅石质量要求见表4-83：

表4-83

| 品级 | 化学成分(%) | | | 耐火度 | 吸水率 |
|---|---|---|---|---|---|
| | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | CaO | | |
| Ⅰ级品 | ≥98 | ≤0.5 | ≤0.4 | ≥1750°C | ≤3 |
| Ⅱ级品 | ≥97 | ≤1 | ≤0.5 | ≥1730°C | ≤4 |
| Ⅲ级品 | ≥96 | ≤1.3 | ≤1 | ≥1710°C | ≤4 |

表4-84

| 用途、品级 | | 化学成分(%) | | | | | 耐火度(°C) | 可采厚度 | 夹石剔除厚度 | 剥离比 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | CaO | $P_2O_5$ | | | | |
| 硅砖用 | 特级 | ≥98 | ≤0.5 | ≤0.5 | ≤0.5 | / | 1750 | 2米 | 1—2米 | 1：3—5 |
| | Ⅰ级 | ≥97.5 | ≤1.0 | ≤1.0 | ≤0.5 | / | 1730 | | | |
| | Ⅱ级 | ≥96 | ≤1.5 | ≤1.5 | ≤1.0 | / | 1710 | | | |
| 硅铁用 | Ⅰ级 | ≥97.5 | ≤1.0 | / | ≤0.3 | ≤0.02 | / | | | |
| | Ⅱ级 | ≥96 | ≤1.5 | / | ≤1.0 | ≤0.03 | / | | | |
| 熔剂用 | | ≥90—95 | ≤2—5 | ≤1—3 | ≤3 | / | / | | | |
| 硅铝用 | | ≥98.5 | ≤0.5 | / | / | / | / | / | / | / |
| 结晶硅用 | | ≥98—99 | ≤0.5 | ≤0.5 | ≤0.5 | ≤0.03 | / | / | / | / |
| 石英玻璃用 | | ≥99.95 | 极微 | 极微 | 极微 | 极微 | / | / | / | / |

注：$Al_2O_3$、CaO、$Fe_2O_3$在生产硅铁时，消耗二氧化硅；作耐火材料时降低硅砖耐火度，$P_2O_5$在炼钢时，降低钢的质量。

铁合金及工硅业用硅石质量要求见表4-85。

表4-85

| 品　级 | 化学成分(%) | | | $P_2O_5$ |
|---|---|---|---|---|
| | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | CaO | |
| 特级品 | ≥98 | ≤0.3 | ≤0.2 | ≤0.02 |
| Ⅰ级品 | ≥97 | ≤0.5 | ≤0.3 | ≤0.02 |
| Ⅱ级品 | ≥96 | ≤1.0 | ≤0.3 | |

块度：20—40，40—60，60—120，120—160，160—250毫米五个粒级。

3．价格③

国外市场价（1984年8月）：

石英砂：铸砂，工厂交货11.4—11.7美元/吨；玻璃砂，制火石玻璃容器用，工厂交货10.8美元/吨。

国内市场价：（1984年）

制砖用镁硅砂：130元/吨

硅石（北京）：15元/吨

## 造型用砂

1．用途

造型用砂，供制造钢铸件与铁铸件用的铸型和砂芯，亦可供制造铝镁和其他有色金属铸件的砂芯。泥质石英砂多半用于生铁铸造业和有色金属铸造业。此外，还可作玻璃原料及硅酸盐水泥的校正原料。

2．一般工业要求③

（1）化学成分要求（表4-86）

表4-86

| 原砂名称 | 等级符号 | $SiO_2$ (%) | 含泥量 (%) | 有害杂质含量不大于(%) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $K_2O+Na_2O$ | $CaO+MgO$ | $Fe_2O_3$ |
| 石英砂 | 1S | >97 | ≤2 | 0.5 | 1.0 | 0.75 |
| | 2S | >96 | ≤2 | 1.5 | | 1.00 |
| | 3S | >94 | ≤2 | 2.0 | | 1.50 |
| | 4S | >90 | ≤2 | — | | — |
| 石英长石砂 | 1SC | 85 | ≤2 | — | | — |
| | 2SC | 80 | ≤2 | — | | — |
| 粘土砂 | 1N | — | 2—10 | — | | — |
| | 2N | — | 10—20 | — | | — |
| | 3N | — | 20—30 | — | | — |
| | 4N | — | 30—50 | — | | — |

注：氧化钾($K_2O$)、氧化钠($Na_2O$)、氧化钙(CaO)、氧化镁(MgO)、三氧化二铁($Fe_2O_3$)为有害杂质，含量高时会降低砂的耐火度。

(2) 粒度要求

表4-87

| 原砂名称 | 组别 | 主要筛号(目) | 原砂名称 | 组别 | 主要筛号(目) |
|---|---|---|---|---|---|
| 特粗砂 | 6/12 | 6、12 | 中粒砂 | 40/70 | 40、50、70 |
| | 12/20 | 12、20 | | 50/100 | 50、70、100 |
| 粗粒砂 | 12/30 | 12、20、30 | 细粒砂 | 70/140 | 70、100、140 |
| | 20/40 | 20、30、40 | | 100/200 | 100、140、200 |
| | 30/50 | 30、40、50 | 特细砂 | 140/270 | 140、200、270 |
| | | | | 200/270 | 200、270、底盘 |

注：各种筛节号的筛孔边长：

No. 6 3.39毫米； No. 12 1.8毫米； No. 20 0.84毫米；

No. 30 0.59毫米； No. 40 0.42毫米； No. 50 0.297毫米；

No. 70 0.21毫米； No. 100 0.149毫米； No. 140 0.105毫米；

No. 200 0.075毫米； No. 270 0.053毫米。

3. 价格⑧

河南风积砂：火车站交货6—10元/吨。沉积砂：车站交货12元/吨。（1984年）

## 耐火粘土

1. 性质与用途

耐火粘土主要有可塑性、粘结力和焙烧后致密坚固等特性。它的主要工业用途是制造耐火砖、耐火管、耐火栓及耐火纤维等。也用于冶金工业的熔炉、炉窑的内壁、内衬和堵口水泥等。另外还用于坩埚掺合剂、瓷器、细陶器、耐酸材料和饰面材料。对于含 $CaO+MgO<0.5—0.8\%$ 的耐火粘土还可制作研磨材料和人造刚玉；易熔粘土是制造瓷砖的主要原料。

2. 一般工业指标要求（表4-88）〔11〕

表4-88

| 矿石类型 | 主要矿物成分 | 矿石品级 | 化学成分(%) | | | 物理性能 | | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | $CaO$ | 烧失量% | 耐火度°C | |
| 高铝粘土 | 硬水铝石 | 特级 | >85 | <2.0 | ≤0.6 | ≤15 | ≥1770 | 用于高铝质耐火制品 |
| | | Ⅰ级 | >60 | <2.5 | ≤0.6 | ≤15 | ≥1770 | |
| | | Ⅱ级甲 | 70—80 | <3.0 | ≤0.8 | ≤15 | ≥1770 | |
| | | Ⅱ级乙 | 60—70 | <3.0 | ≤0.8 | ≤15 | ≥1770 | |
| | | Ⅲ级 | 50—60 | <2.5 | ≤0.6 | ≤15 | ≥1770 | |
| 黏土质粘土 | 高岭石 | 特级 | 44—50 | ≤1.2 | | ≤15 | ≥1750 | 用于粘土质耐火制品 |
| | | Ⅰ级 | 42—48 | ≤2.5 | | ≤15 | ≥1730 | |
| | | Ⅱ级 | 38—42 | ≤3.0 | | ≤15 | ≥1670 | |
| | | Ⅲ级 | 30—38 | ≤3.5 | | ≤15 | ≥1630 | |
| 半软质粘土 | 高岭石 | Ⅰ级 | ≥35 | ≤2.0 | | ≤15 | ≥1670 | 作粘结剂 |
| | | Ⅱ级 | ≥30 | ≤2.5 | | ≤15 | ≥1670 | |
| | | Ⅲ级 | ≥25 | ≤3.0 | | ≤15 | ≥1630 | |

表4-88(续)

| 矿石类型 | 主要矿物成分 | 矿石品级 | 化学成分(%) $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | CaO | 物理性能 [illegible] | 耐火度°C | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 软质粘土 | 高岭石 | Ⅰ级 | ≥33 | ≤2.0 | | ≤13—15 | ≥1670 | 塑性指标>3.6 |
| | | Ⅱ级 | ≥25 | ≤3.5 | | ≤15—16 | ≥1630 | 塑性指标2.5—3.6 |
| | | Ⅲ级 | ≥22 | ≤3.0 | | ≤15—18 | ≥1580 | 可塑性指标<2.5 |

注：高铝粘土、硬质粘土参照Ⅱ、Ⅲ品级，软质粘土为参考。

2. 价格[3] (1984年)

高铝熟料　民间价　240—250元/吨

　　国家价　140元/吨

粘土生料　50元/吨

## 石　墨

1. 性质与用途

石墨熔点3850°C，沸点4250°C，是极高的耐火性和化学稳定性；很高的导电性和导热性；良好的润滑性和涂敷性。在冶金工业中，用其制造坩埚和高炉、电炉中的石墨砖与炭砖及铸件型芯的涂料；机械工业中用作轴轴、无油轴承的润滑剂。电器工业用以制造小电极、碳管、电灯碳棒、水银整流器正极、电话零件、电视显像管的胶体石墨乳等器材。化学工业用其制作石墨管道等以耐腐蚀器皿。高纯度石墨可作原子反应堆的中子减速剂、防原子辐射外壳。宇航工业作火箭发动机尾喷管喉衬。此外，还可制作颜料、防腐油漆、铅笔、橡胶混合剂、人造金刚石、火药等。

2. 一般工业要求（表4-89）[4]

表4-89

| 项　　目 | 晶质(鳞片状)石墨矿 | | 隐晶质石墨矿 |
|---|---|---|---|
| | 风化矿石 | 原生矿石 | |
| 边界品位 | 固定碳2—3% | 固定碳2.5—3.5% | 固定碳≥55% |
| 最低工业品位 | 固定碳2.5—3.5% | 固定碳3—8% | 固定碳≥65% |
| 可采厚度 | ≥2—4米 | ≥2—4米 | ≥0.7—1.4米 |
| 夹石剔除厚度 | ≥1—4米 | ≥1—4米 | ≥1—3米 |
| 剥采比 | 不大于3—4∶1 | 不大于3—4∶1 | |

剔除厚度：1米。

3．价格③

1984年8月石墨国际市场价格：英国港口到岸价，结晶团块，C 92—99%，550—1100美元/吨；大片状，C 85—90%，630—1000美元/吨；中片状，C 85—90%，490—860美元/吨；小片状，C 80—95%，300—800美元/吨；粉末（200目），C 80—85%，250—270美元/吨，C 97—99%，500—1000美元/吨。

## 滑　石

1．性质与用途

滑石色白质软，具良好的滑润性能，对油脂有强烈的吸附性，滞油性好，化学性质稳定，熔点高约1200°C，比热大，对热冲击稳定，导热、导电率低，收缩率低，具良好的耐火性和绝缘性。滑石主要应用于涂料、造纸、橡胶、纺织、陶器制造等工业方面。在冷水涂料方面用滑石作为一种颜料，也是中小型铸铁件和有色金属铸件的型芯涂料。造纸工业与橡胶工业用滑石作填充料和润滑剂，以增加纸张、橡

胶的坚固性与稳定性。另外，纺织工业用于漂白、印染；陶瓷工业用作制造耐酸碱器皿与绝缘材料；建筑业用滑石做铺屋顶的材料，以增加其坚固与防火性能；农业上用滑石作杀虫剂；日用化工滑石可作润滑剂，用以制造香皂、香粉、爽身粉、牙膏；塑料工业用滑石增加塑料透明性。

2。一般工业要求〔11〕

表4-90

| 品　　级 | $SiO_2$(%) | MgO(%) | $Fe_2O_3$(%) |
|---|---|---|---|
| Ⅰ 级 品 | ≥60 | ≥30 | ≤0.8 |
| Ⅱ 级 品 | ≥40 | ≥30 | <1.8 |

可采厚度：1米

夹石剔除厚度：1米

3。价格⑧

滑石1984年8月国际价：澳大利亚产，化妆品级，英国仓库交货183.7—183.8美元/吨；德威产，研碎，英国仓库交货，117.5—130.6美元/吨；造纸级，英国仓库交货130.6—182.8美元/吨；法国产，细磨，欧洲主要港口到岸价117.5—221.5美元/吨；意大利产，化妆品级，欧洲主要港口到岸价215.4美元/吨；中国产，标准级，200目，英国仓库交货，164.5美元/吨，标准级，325目，175.2美元/吨；纽约，涂料级，至少20吨批量228.5美元/吨。

## 石　膏

1。性质与用途

石膏质轻，热传导率低，隔音、吸湿，装饰性能好，可钉，可锯，不受虫鼠害，凝结快，成型期短；天然石膏在不

同温度下煅烧的产品具有各种特殊性能。

石膏被广泛的应用于建筑业，用以制作石膏板、隔墙板、墙体覆面板、吸声板、护面板、地下室、通风板、复合板等十多种建筑制品。并作为建筑用水泥的缓凝剂，用于抹灰砌砖，涂饰天棚、木板、硬板，制作窗框、窗台、台阶、墙裙、人造大理石等。

在造纸和油漆工业中石膏作为填充料，陶瓷上作高级瓷器模型、粉笔、以及高级雕塑艺术品，外科医疗、装饰上均用到石膏。石膏或硬石膏亦用来制造硫酸和农业肥料硫酸铵，石膏粉可改良碱性土壤。

2，一般工业要求〔11〕

边界品位：$CaSO_4 \cdot 2H_2O$ 45%

工业品位：一级品$CaSO_4 \cdot 2H_2O$>85%；二级品：$CaSO_4 \cdot 2H_2O$>65%

可采厚度：1—2米

夹石剔除厚度：大于1米

3，价格[9]

外贸部门全国收购价30.16元/吨，出口价20.85美元/吨

建材部门价：白色25元/吨，青色15元/吨；

湖南湘乡县红星石膏矿售价：200目150元/吨，120目100元/吨；

湖北应城石膏矿售价：纤维石膏25元/吨，普通石膏13元/吨，混合石膏8元/吨，硫酸纤维石膏50元/吨，纤维石膏生粉120目90元/吨，60—80目55元/吨，80—100目80元/吨，无水纤维石膏粉115元/吨，半水纤维石膏粉140元/吨。

国内某品位的石膏出厂价格（1984年）：

| | | |
|---|---|---|
| 湖北 | $CaSO_4 \cdot 2H_2O \geqslant 95\%$ | 32.5元/吨 |
| | $CaSO_4 \cdot 2H_2O \geqslant 85\%$ | 26元/吨 |
| | $CaSO_4 \cdot 2H_2O \geqslant 75\%$ | 19.5元/吨 |
| | $CaSO_4 \cdot 2H_2O \geqslant 65\%$ | 13元/吨 |
| 山西 | $CaSO_4 \cdot 2H_2O \geqslant 85\%$ | 20元/吨 |
| | $CaSO_4 \cdot 2H_2O \geqslant 65\%$ | 13—15元/吨 |
| 甘肃 | $CaSO_4 \cdot 2H_2O \geqslant 85\%$ | 15元/吨 |
| | $CaSO_4 \cdot 2H_2O < 85\%$ | 13元/吨 |

## 叶 腊 石

1. 用途

质地细腻色泽美观的叶腊石，可作装饰品、工艺品以及印章等。质地较粗的可作建筑材料、耐火材料、电磁原料、陶瓷材料、杀虫剂的掺合料、油漆的填充物，还用于造纸、冶金、石油、制革、制药等工业部门。优质叶腊石是我国重要的玉石品种，鸡血石已成为国宝。澳大利亚等国家正在用叶腊石试做耐用的路面。

2. 一般工业要求[8]

(1) 耐火材料用：

(福建省) $Al_2O_3 > 24\%$ $Fe_2O_3 < 3\%$ $CaO < 1\%$

烧失量 $< 15\%$ 耐火度 $> 1670°C$

(浙江省) $Al_2O_3 \geqslant 28\%$ $Fe_2O_3 \leqslant 1.2\%$

烧失量 $< 5\%$ 耐火度 $1580°C$

可采厚度大于1米；夹石剔除厚度：>1米。

(2) 陶瓷原料（参考浙江省）

$Al_2O_3 \geqslant 18\%$，$SiO_2 < 75\%$，$Fe_2O_3 < 0.5\%$

物理性能：经300°C煅烧后颜色是白色。

开采技术条件：适于露天开采；可采厚度：1米；夹石剔除厚度1米。

（3）填充料用：

白度>70—80%，水分<0.5%

化学物理性质稳定的叶腊石矿物含量大于80—85%

（4）制糖果类填料：

砷（As）<0.0014%

（5）橡胶工业用：

含铁（换算为$Fe_2O_3$）<1—1.5%

烧失量<8%

水分<0.5%

叶腊石含量>80—85%

3．价格⑧

1984年8月国际市场价：澳大利亚，散装，仓库交货，耐火级25—35美元/吨，陶瓷和填料级35—45美元/吨；美国，至少20吨批量，出口离岸价80—92美元/吨。

1984年国内市场价：北京叶腊石矿，24元/吨。

## 蛭　石

1．用途

蛭石焙烧后失水发生膨胀，形成微细的空气层，利用蛭石的这种物理性能，充当隔热、隔音、隔绝高温的优质材料。亦可用作充填、润滑及装饰上。松散状蛭石（蛭石粉）熟料可制成锯齿形屋顶绝热层及冷藏库等外墙及隔墙的绝热层。蛭石的胶合制品（蛭石与水泥、石膏、血胶、沥青等制

品）复制成蛭石板、蛭石砖、蛭石保温瓦等，用来作为屋顶或楼房的地板、天花板、隔热门的绝热层、管道保温瓦等。蛭石与木质纤维混合制成的灰浆，具有声学上特殊消音效能，可作为录音室、广播室、电话亭等墙壁的镶嵌物，也可用于汽车、飞机制造方面。此外，在橡胶、塑料、油布等生产方面用作填充料，也可作为耐酸及印刷、家俱制品的涂饰材料。

2．一般工业要求②

（1）物理性能要求：相对密度水化学作用完全者平均为2.5吨/立方米；

焙烧后为0.06—0.2吨/立方米；

传热性能：0.045—0.06千卡/米·小时·°C；

膨胀率：2—25倍；

烧失量：干燥过的蛭石烧失量＜10%。

（2）技术条件

①蛭石原料按外形和热处理反应分为三级。

一级：大叶片状蛭石，颜色为黄铜色或淡绿色，不易剥成片状，有珍珠光泽或油脂光泽，经焙烧后变为金色，体积膨胀增长20—25倍。

二级：暗绿铜黄色，薄片有点弹性，并有玻璃光泽，凹凸不平，也有时变为银色和暗绿棕色，焙烧后体积增大5—8倍。

三级：微轻蛭石化的黑云母，颜色为暗色或近似黑色，易剥开成片状，焙烧后体积增大2—3倍，颜色变为银白色。

②蛭石成品体积片大小分级：

一级品：15毫米以上；

二级品：4—15毫米；

三级品：2—4毫米；

四级品：2毫米以下。

③蛭石粉末的体重：焙烧过的蛭石粉末的体重允许达到0.2吨/立方米。

3．价格③

1984年8月，国际市场价格：

南非，散装 115.8—189.6美元/吨；

南非原矿，散装 墨西哥港沿岸驳船上交货115.8—167.4美元/吨

原矿，散装，美国工厂离岸价，71.7—149.4美元/吨。

## 大 理 岩

1．用途

大理石主要用作建筑材料，装饰建筑物，生产人造大理石板材、建筑用人工砂和水泥，还可用来制作雕刻品、美术工艺品、隔电板（或片）、工业碳酸钙、冶金助溶剂、电焊条、制革、生活用煤的脱硫剂和助燃剂等。

2．一般工业要求④

（1）建筑装饰材料

①颜色和花纹美观、稳定，不允许有风化痕迹；②加工性能良好，开采、锯切时不易破碎，容易磨光；③石料最小块度不能小于长×宽×厚＝0.6×0.6×0.3立方米，在此条件下岩面不允许有裂缝；④用于室外装饰材料时，要求具有良好的耐久性；⑤机械强度：抗压强度500—1900公斤/平方厘米、抗挠曲强度47—320公斤/平方厘米。

（2）电绝缘材料

①静力抗折强度大于80公斤/平方厘米；②吸水率小于0.06—0.04%（吸水率愈大其抗冻性能愈差）；③干燥状态下的电场击穿强度大于2千伏/毫米；④吸湿后的体积电阻系数大于$10^{10}$欧姆/厘米；⑤钻孔性能良好。

（3）美术工艺品

①颜色多样，花纹鲜艳；②表面无裂缝；③块度大于0.15立方米；④雕刻性能良好。

3．价格④（1984）

**表4-91**

| 产品名称 | 等级 | 产品规格 | 单位 | 出厂价格（元） | 执行地区或单位 |
|---|---|---|---|---|---|
| 出口大理石平板 | 特 | 每块0.09—0.093 | 米² | 55 | |
| 出口汉白玉材质 | | 0.1—0.65以上 | 米² | 60—100 | 北 |
| 出口大理石平板 | 甲 | 每块0.09—0.093 | 米² | 40 | |
| 出口桃红、老晚翠芝麻白 | | 每块0.09—0.093 | 米² | 45 | 京 |
| 金玉1*2*3*材质（出口） | | 0.56以上 | 米² | 50 | 市 |
| （出口） | | 0.56以上 | 米² | 65 | 大 |
| （出口） | | 0.56以上 | 米² | 85 | |
| 出口大理石平板 | 乙 | 每块0.09—0.093 | 米² | 35 | 理 |
| 雪花、银晶、罗丝转（出口） | | 0.1—0.19 | 米² | 40 | |
| 新晚翠、艾叶青（出口） | | 0.2—0.38 | 米² | 45 | 石 |
| 金玉3*材质（出口） | | 0.39—0.56 | 米² | 60 | 厂 |
| （出口） | | 0.56以上 | 米² | 80 | |
| 出口大理石平板 | 丙 | 每块0.09—0.093 | 米² | 30 | |
| 云花、紫豆方、墨玉（出口） | | 每块0.09—0.093 | 米² | 35 | |

表4-91(续)

| 产品名称 | 等级 | 产品规格 | 单位 | 出厂价格(元) | 执行地区或单位 |
|---|---|---|---|---|---|
| 金玉材质3*4*5* | | 每块0.09—0.093 | 米² | 40—75 | 北京市大理石厂 |
| 出口大理石台面 | | 每块0.09—0.093 | 米² | 127.5 | |
| 大理石建筑板 | | | 米² | 60 | |
| 汉白玉材质 | | | 米² | 80 | |

## 花 岗 岩

1．用途

花岗岩因结构均匀，质地坚实，是一种优质建筑石料及装饰材料。花岗岩在化学工业上主要作为耐酸腐蚀的材料，以代替不锈钢，如用作贮酸容器等。

2．一般工业要求④

(1)化学成分：$SiO_2$>70—75%，$Al_2O_3$>13—15%，$K_2O+Na_2O$>8% ($Na_2O$<3%)，$Fe_2O_3$<0.5%，CaO<0.8%，MgO<0.4%。

(2)物理性能：要求石英分布及颗粒均匀，结构致密，坚实，含云母少。耐酸度97.5—98.5%，熔点1610°C。

膨胀系数小于$8\times10^{-6}$即(0.000008)；硬度(摩氏)6.8。

3．价格

表4-92　　花岗石出厂价格表④

| 产品名称 | 等级 | 产品规格 | 单位 | 出厂价格(元) | 执行地区 |
|---|---|---|---|---|---|
| 花岗石建筑板 | | 厚2厘米磨光 | 米² | 115 | 北京市大理石厂 |
| | | 厚2厘米磨粗 | 米² | 90 | |

表4-92(续)

| 产品名称 | 等级 | 产品规格 | 单位 | 出厂价格(元) | 执行地区 |
|---|---|---|---|---|---|
| 花岗石磨粗 | | 厚2.5—4.5厘米磨粗 | 米² | 90—117 | 北京市大理石厂 |
| | | 厚5—10厘米磨粗 | 米² | 125—200 | |
| | | 厚2.5—4.5厘米加一型 | 米² | 105—132 | |
| | | 厚5—10厘米加一型 | 米² | 140—215 | |
| | | 厚3—10厘米加二型 | 米² | 120—230 | |
| | | 厚2.5—10厘米加三型 | 米² | 142.5—252.5 | |
| 花岗石 | | 加工料石 | 米² | 120 | |
| | | 普通料石 | 米² | 75 | |
| | | 151出口石料 | 米² | 150 | |
| | | 片石 | 米² | 4 | |

注：产品规格厚，2.5—10厘米磨粗，其间分为2.5，3，4，4.5等。价格90—117元，其间分为90元、100元、110元、110元、117元等，厚度不同，价格亦不相同。

## 膨胀珍珠岩原料

(珍珠岩、松脂岩、黑曜岩)

1. 用途

珍珠岩、松脂岩、黑曜岩在高温（1300°C左右）条件下，体积迅速膨胀数倍至30多倍。利用这种特性，可烧制成膨胀珍珠岩。它是一种超轻质，高效能的绝热保温材料，广泛应用在冶金、石油、化工、电力、建筑、国防等热工设备、广

房、窑炉、冷热管道、仓库、气体液化和贮运的保冷工程设备上。还用于制造建筑用轻质混凝土、作屋内隔热墙和隔热板；珍珠岩加工成轻质砂，与粘土或石膏搅拌在一起作填料。环境保护部门用膨胀珍珠岩作滤粉，用以过滤和澄清饮用水、啤酒、葡萄酒、果汁及动、植物油等。农业（园艺领域）用以改良土壤结构，减少水耗，防止葡萄根瘤蚜虫。膨胀珍珠岩还可作吸附剂，用以清除海水或河水中的油污。在塑料、颜料、橡胶、造纸工业中作填料。

2．一般工业要求④

膨胀倍数＞10的酸性玻璃熔岩可作生产膨胀珍珠岩的原料。

膨胀珍珠岩原料质量要求：

Ⅰ级品：透明、无晶质、无脱玻

Ⅱ级品：半透明、含晶质、轻脱玻

Ⅲ级品：不透明、晶质、重脱玻。

具有以下物性特征者属优质原料：

高温时玻璃软化点低；软化开始温度至软化温度间隔时间长；高温时之粘结度不随温度升高而急速改变；预热时间及焙烧温度范围广。

化学成分要求：$SiO_2$ 68.78—73.85%，$Al_2O_3$ 10.95—13.78%，$Na_2O$ 1.79—5.28%，$K_2O$ 1.09—6.45%，$H_2O$ 3.35—10.34%。

$Na_2O/K_2O$的比值是衡量碱性强弱的标志，分为三级：

Ⅰ级：$Na_2O/K_2O>1$

Ⅱ级：$Na_2O/K_2O=1—0.5$

Ⅲ级：$Na_2O/K_2O<0.5$

3. 价格[8]

1984年8月国际市场价：原矿，散装52.2—58.7美元/吨，过滤用膨胀珍珠岩，磨碎，407.3—437.3美元/吨；团矿，膨胀珍珠岩，美国交货价261.1—339.4美元/吨。

国内珍珠岩砂55—70元/吨，膨胀珍珠岩28元/米$^3$，膨胀珍珠岩制品(隔音板、保温材料)90—160元/吨。

## 沸　石

1. 用途

(1) 能源方面：利用沸石的富氧能力，用于煤的气化；太阳能利用。

(2) 石油化工方面：用于气态碳氢化合物除去$CO_2$和$H_2O$，净化油田天然气；作催化剂。

(3) 农业方面：沸石岩粉对农田有保温、保水、改良土壤的作用；除莠剂及农药载体。

(4) 建筑业方面：用作水泥混合掺料，在烧成的水泥熟料中加入15—30%沸石粉，可使水泥提高100标号左右；配制发泡混凝土；用于陶瓷制品。

(5) 畜禽饲养业：用含沸石的饲料喂养猪、鸡，可以提高产量，并能防止畜禽的胃肠炎和寄生虫病，净化养鸡环境。

(6) 环境保护方面：用于放射性废物处理；污水处理烟道气体的净化；清除海洋油污。

(7) 其它方面：用于鱼的养殖和活鱼运输供氧；从海水和盐湖中提取钾、铷、铯等元素；作为橡胶混合物的结构变性处理和充填剂；用于造纸充填剂；除氟改水，硬水软

化，海水淡化等。

2. 一般工业要求④

我国已发现和应用的沸石以斜发沸石或丝光沸石为主，目前工业上的应用多是水泥原料，其工业指标列于表4-93中。

表4-93

| 项目 | 质量要求 | | 开采技术条件 | |
|---|---|---|---|---|
| | $NH_4^+$交换量（毫克当量/100克） | 蒙脱石含量（%） | 可采厚度（米） | 夹石剔除厚度（米） |
| 工业品位 | >100 | <10 | 2—4 | 1—2 |
| 边界品位 | >90 | <15 | | |

3. 价格④

1984年。美国10—200美元/吨，苏联4—5卢布/吨。

1987年10月我国沸石原矿出矿价格一般为4—10元/吨，最低为2.5元/吨，最高可达14.5元/吨。站台交货价一般为9—21元/吨。

丝光沸石岩粉：山东莱西矿产公司200目出厂价为70元/吨，325目出厂价为100元/吨，其中站台交货分别为90元/吨、120元/吨左右。

斜发沸石岩粉：黑龙江嫩江县沸石矿100—300目出厂价50—70元/吨；内蒙小佘太乡沸石矿20—65目出厂价60元/吨，站台交货价（袋装）80—83元/吨；河北赤城独石口沸石矿20—60目出厂价100元/吨；个别地区沸石粉(20—80目)的出厂价甚至高达300元/吨。（据国家建筑材料工业局规划院，《非金属矿产开发及利用》，1988年3月）

## 膨润土、漂白土

1．用途

（1）膨润土作铁矿球团的粘结剂。它可使低品位和易碎的铁矿石得到充分利用，并能大大提高高炉的生产能力（提高40—45%），节省熔剂和焦炭(各10—15%)，尤以钠质膨润土为最理想的粘合剂。

（2）膨润土作翻砂铸模、熔炼型具、陶瓷原料、石墨坩埚等的粘合剂和调节剂。一般钠质或钙质均可使用，但对精密铸件、高压铸造机件以及钢铸件则需用钠质膨润土。

（3）膨润土作石油钻探优质泥浆的原料，以钠质膨润土为最佳。

（4）膨润土在纺织工业中用以代替淀粉做纱浆，大大节省了粮食。在净化石油、油脂以及在动物饲料中都被广泛使用。

（5）膨润土为农药的载体之一，与含有非活性的二氧化硅较多的粘土、滑石、硅藻土一起使用，膨润土是重要的粘结剂。且膨润土和土壤中的蒙脱石对农药（或残存农药）的分解具促进作用。

（6）漂白土能大量吸收色素、粘滞、胶状物及其他杂质，因而在精炼石油产品和精制各种动、植物油时，常作为脱色剂或漂白剂。工业上用的漂白土可分为活性白土（酸处理，活化）和天然漂白土（酸性白土）两种，漂白性能前者优于后者。漂白土和膨润土均是以蒙脱石为主要成分的粘土矿物，但前者含钙质多，含钠较少，吸水性及膨胀性较差。

2．膨润土的一般工业要求

（1）开采技术条件：最小可采厚度1米；夹石剔除厚度1米。

（2）用作团球粘结剂（表4-94）④

表4-94

| 项　目 | 要　求 | 项　目 | 要　求 |
|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | >50% | 胶质价 | >80% |
| $Al_2O_3$ | >18% | 膨胀度 | 4—8毫升/克 |
| $Na_2O+K_2O$ | 2—3% | 湿压强度 | >0.5公斤/厘米² |
| 烧损 | <10% | 干压强度 | >4公斤/厘米² |
| 粒度(<325目) | 100% | 比面积 | 5000厘米²/克 |
| 湿度(水分) | <5% | | |

（3）用作铸造型砂粘结剂④（表4-95）

表4-95

| 项　目 ＼ 类　型 | 钠基膨润土 | 钙基膨润土 |
|---|---|---|
| 湿压强度 | >0.3公斤/厘米² | 0.2—0.6公斤/厘米² |
| 热湿拉强度 | >20公斤/厘米² | 12—15公斤/厘米² |

（4）用作钻井泥浆

造浆率：10—15米³/吨

泥浆失水量：14—16毫升（10g±加350毫升水造浆、用失水量测定仪测定）。

200目筛余≤2.5%

（5）用作润滑脂稠化剂

以钠基膨润土最好，某些优质钙基膨润土亦可应用。

阳离子交换量：60—100毫克当量/100克

蒙脱石含量：>85%

小于2微米的粒度：>50%

3．价格

国内膨润土平均价格（1984）③见表4-96：

**表4-96**

| 种　类 | 钙基膨润土 | | | 钠基膨润土 | 活性白土 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 200目 | 160目 | 100目 | 200目 | |
| 价　格（元/吨） | 57 | 47 | 37 | 65 | 234 |

## 硅藻土

1．用途

硅藻土具有体重小、松散、多孔、吸附力强、熔点高、除氢氟酸外不溶于其它酸类。因此主要用作隔热、隔音及耐火材料(制隔热砖、耐火石灰等)；作为轻质骨料之一，在国外发展很快。可作过滤漂白、绝缘、研磨材料和填料，被应用在冶金、陶瓷、炼油、玻璃制造、制糖、酿酒、油漆、橡胶、造纸等部门。化工生产中作触媒载体。

2．一般工业要求②

(1) 作隔热、隔音材料

湿度为5%的粉剂，要求体重小于0.6吨/立方米（最好0.2—0.3吨/立方米）；

湿度小于10%的材料，要求$SiO_2$>70%。

(2) 制触媒载体用（硫酸生产）

$SiO_2$>65%；$Fe_2O_3$<4%；烧失量<10%；白色。

（3）陶瓷工业用

$SiO_2$>85%，$Fe_2O_3$<1%。

（4）建筑材料用（表4-97）[11]

表4-97

| 品　级 | $SiO_2$ (%) | $Al_2O_3+Fe_2O_3$ (%) | CaO (%) | 有机物 (%) |
|---|---|---|---|---|
| 一级品 | >75 | <10 | <4 | <4 |
| 二级品 | >68 | <15 | <5 | <5 |
| 三级品 | >60 | | | |

3。价格④

1980年国际市场不同用途硅藻土的年平均价格见下表

表4-98

| 用　途 | 价格　美元/短吨* |
|---|---|
| 研磨料 | 174.09(1979年价) |
| 填　料 | 132.56 |
| 过　滤 | 158.88 |
| 绝　缘 | 103.47 |
| 混　杂 | 101.79 |
| 平　均 | 146.02 |

*注：每短吨=0.907吨

1982年不同加工类型硅藻土价格见表4-99：

表4-99

| 硅藻土类型 | 价格(英镑/吨) |
|---|---|
| 美国煅烧的硅土(过滤用)卖给英国 | 280—290 |
| 美国加熔剂煅烧的硅藻土(过滤用)卖给英国 | 295—300 |

## 一 陶瓷原料

（高岭土、塑性粘土、长石、石英）

1. 用途

陶瓷原料是指用做制造日用陶瓷、建筑卫生陶瓷、无线电陶瓷及电瓷等的矿物原料。

高岭土具有强可塑性，高耐火度，良好的绝缘性和化学稳定性，焙烧后呈白色，是陶瓷工业最主要的原料。在制陶瓷工业中，要以高岭土、塑性粘土与长石、石英等矿物按一定比例配方组合后烧制各种陶瓷，因此，对这些矿物原料均有一定的工业要求。

2. 一般工业要求③

(1)、配料用的矿石

①建筑卫生陶瓷、日用陶瓷（表4-100，表4-101）

表4-100

| 矿物原料 | | | 一般要求 $Al_2O_3$ (%) | 一般要求 $Fe_2O_3+TiO_2$ (%) | 一般要求 塑性指数 | 用途 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 高岭土 | 第一类（较纯高岭土） | Ⅰ级 | >30 | <1 | >10 | 高级陶瓷(包括卫生陶瓷)配料 |
| | | Ⅱ级 | | 1—2 | | 中低级陶瓷配料 |
| | | Ⅲ级 | | 2—3 | | 普通民用粗瓷及其它 |
| | 第二类（砂质高岭土） | Ⅰ级 | 20—30 | <1 | >7 | 供一般高级陶瓷配用经简单选矿后可单独供制日用瓷 |
| | | Ⅱ级 | | 1—2 | | 一般粗瓷或经简单选矿后直接制一般粗瓷 |
| | 第三类（瓷土和瓷石） | | 大于或接近于13 | <1 | <7 | 简易选矿后直接供制日用高级陶瓷或粗瓷 |

表4-100(续)

| 矿物原料 | | | 一般要求 | | | 用途 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $Al_2O_3$ (%) | $Fe_2O_3+TiO_2$ (%) | 塑性指数 | |
| 塑性粘土 | 高可塑性粘土 | I级 | >30 | <2 | >20 | 高级卫生陶瓷配料 |
| | | II级 | | 2—3 | | 一般卫生陶瓷配料 |
| | 一般塑性粘土 | I级 | 大于或接近于20 | <1.5 | >12—15 | 高级卫生陶瓷配料 |
| | | II级 | | 1.5—2 | | 一般卫生陶瓷配料 |
| 硬质、半硬质粘土 | | I级 | >25 | | | |
| | | II级 | 25—18 | <1 | | 高级卫生陶瓷配料 |

表4-101

| 矿物原料 | $SiO_2$ (%) | $Fe_2O_3+TiO_2$ (%) | $K_2O+Na_2O$ (%) | 用途 |
|---|---|---|---|---|
| 长石(或伟晶花岗岩) | | <1 | >11—15 ($K_2O+Na_2O$ >2+1) | 配料和釉料 |
| 石英 | >98.5 | <0.5 | | 配料和釉料 |

②无线电陶瓷（表4-102）

表4-102

| 项目 | 高岭土 | | | 长石 | 石英 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | I级 | II级 | III级 | | I级 | II级 |
| $SiO_2$(%) | 40—48 | 40—48 | 48—52 | 63—66 | >99.5 | >99.5 |
| $Al_2O_3$(%) | 34—42 | 34—42 | 30—34 | 18—22 | <0.2 | <1 |
| $Fe_2O_3$(%) | <0.5 | <1 | <1.2 | <0.1 | <0.01 | <0.05 |
| $TiO_2$(%) | 微量 | 微量 | 微量 | 微量 | | |
| $K_2O+Na_2O$ (%) | <0.4 | <0.6 | | 12.5—13.5 ($Na_2O$<3) | <0.1 | <0.2 |

表4-102（续）

| 项　目 | 高岭土 | | | 长石 | 石英 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ⅰ级 | Ⅱ级 | Ⅲ级 | | Ⅰ级 | Ⅱ级 |
| CaO(%) | <0.5 | <0.5 | <1 | <0.5 | <0.1 | <0.1 |
| MgO(%) | <0.5 | <0.5 | <1 | <0.5 | <0.1 | <0.1 |
| 烧失量(%) | 11—17 | 11—20 | <20 | 1 | 0.2 | 0.2 |
| 块度(毫米) | 15—150 | 15—150 | 15—150 | 20—150 | 50—250 | 50—250 |
| 塑性指数 | 20 | 15 | 15 | | | |
| 1300°C烧结后 | 均匀白色 | 均匀白色 | 白带致黄褐色斑点 | 熔融物应无斑点及其它杂质 | — | — |

③电瓷（表4-103）

表4-103

| 项　目 | 高岭土 | 塑性粘土 | 长石 | 石英 |
|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$(%) | <55 | 45—60 | >70 | >98.5 |
| $Al_2O_3$(%) | >33 | 22—33 | <17 | |
| $Fe_2O_3$(%) | <1 | <1.2 | <0.2—0.3 | <0.15 |
| $TiO_2$(%) | <1 | <1 | | |
| $K_2O+Na_2O$(%) | | | >14 | |
| $CaO+MgO$(%) | <1 | <3 | | |
| 塑性指数 | <15 | >30 | | |
| 耐火度 | >1700°C | >1580°C | | |
| 烧结温度 | | 1250°C | | |
| 1300°C烧结后 | 白色 | 白、灰白、青白色 | | |

（2）单独供制一般陶瓷坯料的高岭土（评价时需作制陶试验）

①化学成分：$Al_2O_3$20—25%，$SiO_2$60—70%，

$Fe_2O_3+TiO_2$<0.7%，

$CaO + MgO + K_2O + Na_2O$ 3—7%，

烧失量 6—7%。

②物理性能：可塑性指数为 8 左右。

（3）有害杂质对陶瓷质量的影响：

①氧化铁：会降低粘土的耐火度，并使焙烧后的陶瓷显色或产生斑点，降低电瓷的电绝缘性。

②二氧化钛：降低耐火度，产生暗黑色斑点。

③氧化钙或氧化镁：降低耐火度。

④碱金属氧化物：含量多时会降低耐火度，使制品表面生成光滑的斑点而不能耐着釉料，但含适量也有好处，可降低烧结温度，节省燃料，在制高级细瓷时还可促进坯料的烧结。

⑤硫：烧结时产生气体，破坏陶瓷制品的结构。

⑥二氧化硅：游离的二氧化硅过多会降低坯料的可塑性，并使制品产生裂纹或裂开。

3．价格④ 国外(1985年12月)精制高岭土.散装,离岸价：涂料级107.2—171.6美元/吨；填料级57.2—85.8美元/吨；陶瓷级25—65英镑/吨。浙江(1985年12月) 永嘉矿山交货价($Al_2O_3$>37%)85元/吨；吉林 (1986年 2 月) 高岭土矿粉每吨60元。

## 水泥辅助原料

（火山灰、凝灰岩、浮石）

1．用途

水泥是重要的建筑材料，除主料——石灰质原料外，还有粘土质、硅质、铁质和硫质等辅助原料。不同比例的辅助

原料可以使熟料满足以下三个系数要求：

$$\text{饱和系数}(KH)=\frac{CaO-1.65Al_2O_3-0.35Fe_2O_3-0.7SO_3}{2.8SiO_2}$$

$$=0.85—0.92$$

$$\text{硅酸率}(n)=\frac{SiO_2}{Al_2O_3+Fe_2O_3}=1.8—2.5$$

$$\text{铝氧率}(P)=\frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}=1.0—1.8$$

满足了上述三个系数的要求，可以保证水泥的烧结质量、凝结硬化性能和水泥强度。

水泥熟料中掺入不同的混合材料，可以制成不同品种的水泥，如矿渣硅酸盐水泥、火山灰硅酸盐水泥等。常用的混合材料有火山灰、凝灰岩、冶炼矿渣、浮石等，其质量要求是30天(滴定15次)石灰吸收值CaO40—200毫克/克。

生产高铝水泥、高镁水泥、白水泥和彩色水泥，对水泥原料各有特殊要求。

2．一般工业要求

(1) 开采技术条件：要适合露天开采，剥采比不大于0.4：1，可采厚度不得小于1米，边坡角50度。

(2) 粘土质原料质量要求(表4-104)[11]

表4-104

| 类　别 | 硅酸率(n) | 铝氧率(P) |
|---|---|---|
| 一　类 | 2.7—3.6 | 1.5—3.5 |
| 二　类 | 2.0—2.7　3.5—4.0 | 不　限 |

$MgO\leqslant 3\%$，$K_2O+Na_2O\leqslant 4\%$，$SO_3\leqslant 2\%$。

（3）硅质原料质量要求：

硅酸率≥4，$K_2O+Na_2O$≤4%，MgO≤3%，$SO_3$≤2%。抗压强度最好小于1000公斤/平方厘米。

3．价格③

由于水泥辅助原料价格信息空缺，使用时请参考水泥价格和前述石灰岩价格。

1985年1月国内价，325号矿渣硅酸盐水泥袋装57元/吨，散装47.6元/吨；425号矿渣硅酸盐水泥袋装62元/吨，散装52.6元/吨；火山灰硅酸盐水泥价格同矿渣硅酸盐水泥；325号普通硅酸盐水泥散装53.6元/吨；425号普通硅酸盐水泥袋装68元/吨，散装58.6元/吨。

1985年2月下旬国内部分城市400号水泥供应价：北京68.1元/吨，天津83.4元/吨，呼和浩特94.66元/吨，乌鲁木齐95.7元/吨，沈阳89.7元/吨，南京74.7元/吨，重庆78.35元/吨，郑州76.2元/吨，福州95.1元/吨、武汉77.86元/吨。

## 玻璃原料

1．用途

用玻璃原料(石英岩、石英砂岩、石英砂、脉石英等)生产的各种技术玻璃及一般平板玻璃，被广泛用于工农业、国防、电子尖端技术及城镇建设方面。玻璃分：

一类：特种工业技术玻璃；

二类：工业技术玻璃（如磨光玻璃、夹层玻璃、钢化玻璃、高级压延玻璃、优质平板玻璃、玻璃纤维等）；

三类：一般平板玻璃（如窗玻璃、夹丝玻璃、普通压延玻璃、玻璃纤维等）。

2．一般工业要求⑧

（1）对硅质原料的工业要求

①按玻璃类别要求（表4-105）

表4-105

| 成分 / 类别 | $SiO_2$ (%) | $Al_2O_3$ (%) | $Fe_2O_3$ (%) | $Cr_2O_3$ (%) | $TiO_2$ (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| 一类玻璃 | >99 | <0.5 | <0.05 | <0.001 | <0.05 |
| 二类玻璃 | >98 | <1.0 | <0.1 | — | — |
| 三类玻璃 | >96 | <2.0 | <0.2 | — | — |

粒度大小在0.1—0.75毫米之间，可采厚度2米，夹石剔除厚度1.5米，剥离系数不大于0.25。

②按制造玻璃器皿要求（表4-106）

表4-106

| 成分 / 等级 | $SiO_2$ (%) | $Al_2O_3$ (%) | $Fe_2O_3$ (%) | $Cr_2O_3$ (%) | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|
| I | >99 | <1.0 | <0.05 | <0.001 | 仪器器皿玻璃（不包括晶质玻璃） |
| II | >98 | <2.0 | <0.1 | — | 一般器皿玻璃无色玻璃 |
| III | >96 | <4.0 | <0.35 | — | 一般瓶罐玻璃 |

（2）对玻璃配料的工业要求：

①白云石

一级品：$MgO>20\%$，$Fe_2O_3<0.1\%$

二级品：$MgO>19\%$，$Fe_2O_3<0.2\%$

②石灰石

一级品：$CaO>54\%$，$Fe_2O_3<0.15\%$

二级品：$CaO>47\%$，$Fe_2O_3<0.2\%$

③长石

$Al_2O_3>18\%$，$Fe_2O_3<0.2\%$，$SiO_2<70\%$

④萤石

$CaF_2>80\%$，$Fe_2O_3<0.2\%$

⑤芒硝

$Na_2SO_4>94\%$，不溶残渣$<3\%$，$NaCl<1.2\%$，$CaSO_4<1.5\%$，$Fe_2O_3<0.2\%$

3．价格③

1984年8月。国外市场价：石英砂(铸砂工厂交货)11.4—11.7美元/吨；玻璃砂(制造火石玻璃容器用，工厂交货)10.8美元/吨。

国内市场价格：

河南新安铁门生产的石英砂、石英粉，出厂价40—50元/吨。

## 海泡石

1．性质与用途

海泡石族，包括凹凸棒石、坡缕缟石和海泡石，是一组具链层状结构的富镁粘土矿物。由于它们具特殊的晶体，颗粒呈棒状，含较多的吸附水，具有较高的稳定性。它在淡水和饱和盐水中的水化分散性几乎一样，因而具有抗盐性。鉴于这些特性，这类矿物在工业上用途大，目前已在很多工业部门中成为重要的矿物原料。

(1) 在地热和深海石油钻井中作泥浆原料。这类粘土矿物具有很好的热稳定性和抗盐性能，在各种水介质中都具有粘度，制成的泥浆不会因井底高温引起胶凝，是配制深海石

油钻井用泥浆的优质原料。

（2）在石油和油脂工业中，用作油脂吸附剂、脱色剂和净化剂。

（3）在医药工业中用作离子交换剂、净化剂和光亮剂以及葡萄糖工业的发酵剂。

（4）在酿酒工业上作澄清剂，除去酒中的蛋白残澄。

（5）陶瓷工业中作为制造玻璃珐琅的原料，制成的珐琅质具有很高的白度和坚固性。且耐酸性好，可用于化工搪瓷工业。

（6）环保工业中用于颗粒去污剂，放射性废物和毒气的吸附剂。

（7）铸造工业上用作加强模砂型强度的粘合剂，提高型砂在模型加工时的强度。

（8）在硅酸盐工业上可用作高镁耐火材料的耐高温涂层。

（9）在原子能、火箭、空间科学方面有特殊用途。

此外，还广泛地应用于纺织、化工、农业、树脂等部门。

2．一般工业要求[11]

边界品位：海泡石含量10%

最低工业品位：海泡石含量15%

造浆率：　4米$^3$/吨

脱色率：100%(5%HCl处理)

最小可采厚度：≥1米

夹石剔除厚度：≥1米

3．价格④

国外市场价格见表4-107：

表4-107

| 规格及交货条件 | 原　　价 | 折合价 | 价格日期 |
|---|---|---|---|
| 坡缕石袋装、至少1吨批量、英国工厂交货 | 90英镑/吨 | 124.7美元/吨 | 84.6 |

目前，我国市场容量不大，海泡石的价格为400—500元/吨。

## 金 刚 石

1．性质与用途

金刚石是自然界最硬的矿物，晶体的折光率很强。由纯碳结晶的金刚石无色透明，但一般都含有某些杂质，因而呈黄、绿、黑、紫等颜色。

按用途可分为两大类：装饰用金刚石和工业用金刚石。后者又可分为圆粒金刚石、黑金刚石和红钻石等三种。工业上主要利用金刚石具有特殊硬度的性能，用于机械、电气、航空、精密仪表和国防工业等部门。金刚石制成的车刀和钻孔器是一种高速切削工具。金刚石作拉丝模，可抽制坚硬极细的金属丝(如钨丝等)，并可抽制光滑的织物线用作降落伞线。地质勘探中用金刚石镶嵌钻头。此外，金刚石粉用作高级研磨材料。

2．一般工业要求[11]

(1) 砂矿(表4-108)

**表4-108**

| 项　　目 | 一般要求 | 矿　床　实　例 | |
|---|---|---|---|
| | | 中南某砂矿 | 华东某残积砂矿 |
| 边界品位(毫克/米³) | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| 工业品位(毫克/米³) | 2 | 2 | 2 |
| 可采厚度(米) | 0.2—0.6 | 0.6 | 0.2 |

(2) 原生矿(表4-109)

**表4-109**

| 项　　目 | 一　般　要　求 | | | | 实　例 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 岩　脉　型 | | 岩　管　型 | | 华东某地 |
| | 低指标 | 高指标 | 低指标 | 高指标 | 原生矿(岩脉型) |
| 边界品位(毫克/立方米) | 20 | 40 | 10 | 20 | 20 |
| 工业品位(毫克/立方米) | 30 | 60 | 15 | 30 | 30 |
| 最小回收颗粒直径(毫米) | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| 坑道进尺米毫克值(毫克/米) | 30 | 60 | — | — | 15 |

3. 价格④

国外市场价格，(表4-110)

**表4-110**

| | 矿产品名称、规格及交货条件 | 原　　价 | 价格日期 |
|---|---|---|---|
| 金刚石 | 宝石级金刚石 | 20000美元/克拉 | 1979年 |
| | 高品级工业用金刚石 | 100美元/克拉 | 1979年 |

表4-110(续)

| | 矿产品名称、规格及交货条件 | 原　价 | 价格日期 |
|---|---|---|---|
| 金刚石 | 工业级金刚石<br>根据颗粒大小不同 | 5—250美元/克拉 | 1980年 |
| | 工业级粉末金刚石，平均价 | 1.82美元/克拉 | 1980年5月 |
| | 工业级颗粒金刚石，平均价 | 14.42美元/克拉 | 1980年5月 |

国内市场价格：(1983)

部分金刚石品种价格见表4-111：

表4-111

| 品种 | 规格（克拉/粒） | 单位 | 供应价格（元） | | | | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 一级 | | 二级 | | |
| | | | 现行价 | 调整价 | 现行价 | 调整价 | |
| 拉丝模用金刚石 | 0.10—3.00 | 克拉 | 280—480 | 460—1500 | 225—380 | 270—940 | 三级以下的仍执行现行供应价格 |
| 修正砂轮用金刚石 | 0.30—3.00 | 克拉 | 160—500 | 290—860 | 120—385 | 140—550 | |

新标准规格金刚石价格见表4-112：

表4-112

| 品种 | 规格 | 级别 | 单位 | 供应价格（元） | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|
| 砂轮刀用金刚石 | 0.3—300克拉/拉 | 三级 | 克拉 | 100—320 | 它用金刚石计价系棕色品颜色按一级拉丝棕色品价格。其 |
| 玻璃刀用金刚石 | 10—100粒/克拉 | 三级 | 克拉 | 130—100 | |
| 硬度计压头用金刚石 | 0.1—0.3克拉/粒 | 三级 | 克拉 | 290—310 | |
| 割线刀用金刚石 | 0.4以下—0.55克拉/粒 | 三级 | 克拉 | 290—370 | |

表4-112(续)

| 品　种 | 规　格 | 级别 | 单位 | 供应价格(元) | 备　注 |
|---|---|---|---|---|---|
| 地质钻头用金刚石 | 1—100粒/克拉 | 一级 | 克拉 | 130—100 | 同 |
| | 1—100粒/克拉 | 二级 | 克拉 | 65—60 | 上 |
| 工艺品用金刚石 | 1.01—3.00克拉/粒 | 一级 | 克拉 | 1150 | 按质计价 |
| | 3以上克拉/粒 | 一级 | 克拉 | / | |
| | 0.10—3.00以上克拉/粒 | 二级 | 克拉 | 330—670 | |
| 车刀用金刚石 | 0.70—3.00克拉/粒 | | 克拉 | 730—1500 | |
| 金刚石笔、修正器、磨料等用金刚石 | | | 克拉 | 30 | |

## 宝石、玉石

1．用途

宝石、玉石是一类特殊的矿产。它们质地致密坚硬，色彩鲜艳，光泽晶莹，经琢磨和抛光后可制成工艺品。我国的宝石、玉器工艺雕刻品畅销国外，被誉为“东方工艺”或“东方艺术”，是重要的出口商品。

凡颜色鲜艳、质地坚韧、光泽灿烂、硬度极高、稀有难得者谓之宝石；凡具有鲜艳的天然色彩，致密坚硬的质地、闪亮光泽的岩石，称为玉石。

宝石类，分为：①极珍贵的宝石（以克拉为质量计算单位），如钻石(金刚石)、红、蓝宝石（刚玉、金绿宝石）、祖母绿(绿柱石)、翡翠(硬玉)、琥珀、珍珠；②宝石（以克或两为质量计算单位），如晶宝石（尖晶石）、水蓝宝石（绿柱石）、子牙乌（柘榴子石）、黄宝石（黄玉）、碧硒（电

气石）、欧泊石（贵蛋白石）、月光石、日光石（长石）、变石（金绿宝石）、卢瑟石（人造刚玉、尖晶石）、养珠。

玉石类，分为：①高档玉石（以两或斤为质量计算单位），如红晶（网状金红石水晶）、发晶（针状包体水晶）、紫晶（紫水晶）、青金石、白玉（软玉）、绿松石、水胆玛瑙（包体水玛瑙）、澳洲石、密蜡（琥珀）、蓝玛瑙（蓝玉髓）等；②中档玉石（以斤为质量计算单位），如茶晶（烟水晶）、墨晶、芙蓉石（蔷薇石英）、黄玉、虎晴石（硅化蓝石棉）、贵州玉、粉翠（蔷薇辉石）、东陵石等；③低档玉石（以斤或吨为质量计算单位），如软水绿晶（萤石）、岫岩玉（纤维蛇纹石）、羊肝石（石髓）、京白玉（石英岩）、乌刚石（镜铁矿）等。

2．一般工业要求

几种常见宝石的品质要求参考表见4-113

（上海工艺品进出口公司编）

表4-113

| 品名（化学构成） | 颜色要求 | 晶形晶质及颗粒要求 | 其它 |
|---|---|---|---|
| 金刚石 C | 无色或接近无色的，极淡黄色为佳，淡黄色次之，粉红、红蓝等特色也属佳品。 | 晶体透明，晶形规则或比较规则，颗粒不少于1/10克拉，但颜色、晶形好，透明度高者，颗粒可略小至1/20克拉。不含严重肠裂或深色杂质。一克拉以上的颗粒、晶形，含杂质要求可略低。 | 颗粒在二克拉以上者，淡棕色可用。 |

表4-113(续1)

| 晶名（化学构成） | 颜色要求 | 晶形晶质及颗粒要求 | 其它 |
|---|---|---|---|
| 刚玉（即红蓝宝石 $Al_2O_3$） | 玫瑰红、大红、紫红、粉红、蓝。 | 晶体内部透明，但含丝光物半透明也可用，晶径：红宝不少于3毫米，蓝宝不少于4毫米，无严重龟裂及杂质（丝光物除外）。 | 其他颜色如黄、绿、橙色晶体大、透明度好者也可用。 |
| 祖母绿 $3BeO \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ 含微量铬 | 绿色。以浓绿为佳，鲜淡含次。 | 晶体透明，无过分严重龟裂及含杂，晶径不小于4毫米 | 大颗粒要求可适当放宽。 |
| 猫儿睛 $BeO \cdot Al_2O_3$ 含少量Fe | 黄、茶、褐、黄绿。 | 晶体透明至半透明、内含丝光絮状物，无其它杂质及龟裂，晶径不小于3毫米。 | 不含丝光状内含物者，透明度要高，价值较低。 |
| 变色石（亚历山大石）$BeO \cdot Al_2O_3$ 含Fe及微量Cr。 | 日光下，黄色中带蓝绿。在灯光下黄色中带梅红。 | 透明，不含严重杂质。 | 不变色而透明度高的也可用，但价值较低。 |
| 翡翠 $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2$ | 绿、紫、桔红、白，以浓绿为好。 | 半透明为好，不透明为差，卵石外有砂皮，以皮内质地为准，碴块、裂损黄者不能用。 | 除整体次劣者外，大多可因材取用。 |
| 月华石 含结晶水二氧化硅 | 乳白、红、黄、黑，内含彩色闪光薄片。 | 透明至不透明，以半透明为佳，非晶体，块粒一克拉以上。 | 无彩色薄片者不合用。 |
| 尖晶石 $MgO \cdot Al_2O_3$ 或 $MgAl_2O_4$ | 红、蓝、紫，以近似红蓝宝石的红蓝色为佳。 | 透明至不透明，以透明为佳，不透明为次，晶径8毫米以上。 | 绿色、黄色透明度高晶体大者也可用。 |

表4-113(续2)

| 品名<br>(化学构成) | 颜色要求 | 晶形晶质及颗粒要求 | 其它 |
|---|---|---|---|
| 堇青石<br>$(Mg \cdot Fe)Al_3(BOH)_2(SiO_5)_4$ | 绿、红、粉红、黄、蓝及夹色均可用。 | 透明至半透明，晶径8毫米以上，含杂质不过分严重。 | |
| 托派斯(黄宝石)<br>$(AlF)_2SiO_4$ | 棕黄色、粉红、淡蓝、以棕黄色为佳，粉红次之，淡蓝最次。 | 高色透明者，晶体颗粒可较低，色差者以晶径不小于8毫米为度。 | |
| 绿橄榄石<br>含Fe、MgO、$SiO_2$ | 橄榄绿色、黄绿色、棕绿色，以橄榄油绿色为佳。 | 透明、无严重杂质、属裂，晶径不小于8毫米。 | |
| 青金均含$Na_2O \cdot Al_2O_3$基质及黄铁矿斑点 | 鲜蓝色，内含金黄色黄铁矿斑点。 | 不透明，含金黄色斑点，块径不小于10毫米。 | 无金黄斑点，但色好者，也可用，价值较低。 |
| 琥珀<br>松脂化石 | 黄、棕，以黄色为佳。 | 透明、半透明，以透明度高者为佳。内含雾状物者为次，块径不小于15毫米。 | |
| 孔雀石<br>$H_2O \cdot 2CuO \cdot CO_2$ | 绿色，呈浓淡相间层带状。 | 不透明，块径不小于15毫米。 | |
| 石榴石<br>以$Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$为基础的含不同氧化物的盐 | 绿、红、紫红，以绿色为最佳黄。 | 晶体透明，晶形规则，晶径不小于8毫米。但绿色者晶径可小至3毫米。 | 太块岩石状钙石榴石色好透明者也可用。 |
| 海水蓝<br>$3BeO \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ | 淡蓝 | 晶体透明，晶径不小于8毫米，无严重属裂。 | |
| 白玉<br>$CaO \cdot 3MgO \cdot 4SiO_2$含少量FeO | 白、黄、叶绿。 | 半透明至不透明，以半透明不含僵块及严重属裂者为佳。 | 卵石外表以色砂皮，内部颜为准。 |

表4-113(续3)

| 品名<br>(化学构成) | 颜色要求 | 晶形品质及颗粒要求 | 其它 |
|---|---|---|---|
| 松石<br>$2Al_2O_3 \cdot P_2O_5 \cdot 5H_2O$ | 青绿色。 | 块状隐晶体，以黑色纹脉较少者为佳，块径不少于6毫米。 | |
| 芙蓉石<br>东陵石<br>老虎石<br>($SiO_2$) | 粉红、绿、黄、棕、黄蓝。 | 透明至半透明，大块不透明，有闪光斑。大块不透明，有闪光丝状带。 | 多作雕刻料，质好者可作首饰。 |
| 月光石、亚马逊石、太阳石、拉布拉多石<br>(以上均属长石类) | 无色，有蓝色闪光，绿色，转动时有闪光。红、桔红色，灰色、闪红、橙、蓝绿、紫及黄色。 | 透明至半透明，晶径20毫米以上。 | 质佳者可作首饰用。 |
| 各色玛瑙 | 红、绿、白、红白相间。 | 透明、半透明至不透明，以透明半透明为佳，多大块，以无脑裂为佳。 | 质佳者可作首饰用。 |
| 紫晶 | 紫色，以浓色为佳。 | 透明，无脑裂，晶径不小于15毫米。 | |
| 黄晶 | 黄色 | 同上 | |
| 茶晶<br>墨晶<br>(烟水晶)<br>水晶<br>发晶 | 茶褐色<br>烟墨色<br>无色<br>无色，内含金红石晶丝 | 透明，无严重脑裂，含杂，晶径不小于50毫米。 | |
| 碧玉 | 绿、黄、红、橙黄、蓝。 | 不透明，大块料。 | 质佳少数可作首饰用。 |

注：摘自新疆地质局“地质科技动态”1982年第1期。

3. 价格

宝石、玉石价格参见表 4-114④：（1984）

表4-114

| 类别 | 名称 | | 等级 | 价格 |
|---|---|---|---|---|
| | 工艺名称 | 矿物名称 | | |
| 宝石类 | 钻石 | 金刚石 | 一 | 不少于800元/克拉 |
| | | | 二 | 不少于200元/克拉 |
| | 红蓝宝石 | 刚玉 | 一 | 不少于500元/克 |
| | | | 二 | 不少于50元/克 |
| 石类 | 祖母绿 | 绿柱石 | | 不少于100元/克拉 |
| | 琥珀 | 电气石 | | 按质论价，一般50元/克 |
| | 欧珀 | 蛋白石 | | 100元/克 |
| | 子牙乌 | 石榴子石 | | 不少于100元/公斤 |
| | 翡翠 | 硬玉 | 一 | 1000元/斤 |
| | | | 二 | 200元/斤 |
| | | | 三 | 50元/斤 |
| | | | 四 | 20元/斤 |
| | 松石 | 绿松石 | 一 | 7元/克 |
| | | | 二 | 5.5元/克 |
| 玉石类 | 白玉 | 软玉 | 一 | 不少于9.5万元/吨 |
| | | | 二 | 不少于4.5万元/吨 |
| | | | 三 | 2万元/吨 |
| | 碧玉 | 软玉 | 特 | 3.5万元/吨 |
| | | | 一 | 2.5万元/吨 |
| | | | 二 | 1.5万元/吨 |
| | | | 三 | 1万元/吨 |
| | 紫晶 | 紫水晶 | 特 | 10万元/吨 |
| | | | 一 | 6万元/吨 |
| | | | 二 | 2.5万元/吨 |
| | 水晶、红晶、发晶、黑晶 | 石英 | | 不少于 1 万元/吨 |
| | 芙蓉石 | 蔷薇石英 | 一 | 0.9万元/吨 |

表4-114(续1)

| 类别 | 名称 | | 等级 | 价格 |
|---|---|---|---|---|
| | 工艺名称 | 矿物名称 | | |
| 玉石类 | 红、黄、粉、紫玛瑙 | 玛瑙 | 二 | 0.6万元/吨 |
| | | | 三 | 0.3万元/吨 |
| | | | 特 | 2.5万元/吨 |
| | | | 一 | 1.8万元/吨 |
| | | | 二 | 1.2万元/吨 |
| | | | 三 | 0.7万元/吨 |
| | 孔雀石 | 孔雀石 | 一 | 2.3万元/吨 |
| | | | 二 | 1.5万元/吨 |
| | | | 三 | 1万元/吨 |
| | 石青 | 蓝铜矿 | 一 | 不少于2.3万元/吨 |
| | | | 二 | 不少于1.5万元/吨 |
| | | | 三 | 不少于 1 万元/吨 |
| | 青金 | 青金石 | 二 | 不少于400元/公斤 |
| | 澳洲石、独柳石 | 石髓 | | 不少于 40 元/公斤 |
| | 虎晶石 | 硅化石棉 | 一 | 0.6万元/吨 |
| | | | 二 | 0.4万元/吨 |
| | | | 三 | 0.2万元/吨 |
| | 东陵石 | 铬云母石英岩 | 一 | 0.6万元/吨 |
| | | | 二 | 0.4万元/吨 |
| | | | 三 | 0.2万元/吨 |
| | 独山石 | 变辉长岩 | 特 | 2万元/吨 |
| | | | 一 | 1万元/吨 |
| | | | 二 | 0.7万元/吨 |
| | | | 三 | 0.3万元/吨 |
| | 翠翠 | 硬绿辉石 | 一 | 0.25万元/吨 |
| | | | 二 | 0.1万元/吨 |
| | | | 三 | 0.08万元/吨 |
| | 岫玉、祁连玉 | 蛇纹石 | 特 | 0.23万元/吨 |
| | | | 一 | 0.19万元/吨 |

表4-114(续2)

| 类别 | 名称 | | 等级 | 价格 |
|---|---|---|---|---|
| | 工艺名称 | 矿物名称 | | |
| 玉石类 | | | 二 | 0.09万元/吨 |
| | | | 三 | 0.04万元/吨 |
| 雕刻石类 | 寿山石 | 叶腊石 | 一 | 不少于0.07万元/吨 |
| | 青田石 | | 二 | 不少于0.025万元/吨 |
| | 巴林石 | | 三 | 不少于0.012万元/吨 |
| | 冻石 | 滑石 | 一 | 0.05万元/吨 |
| | | | 二 | 0.04万元/吨 |

## 五、要科学办矿

地方办矿大多是开发小型矿山，但在矿山建设前，仍然需要进行技术和经济方面的全面规划工作，要有矿山开发计划，要搞好综合利用，综合回收，充分开发利用矿产资源，要加强矿山管理，要按地质规律进行施工，提高效率，降低成本，充分发挥地方办矿在国民经济建设中的作用。

### （一）矿山开发计划的编制⑤

按照国家和地方工业布局和建设计划要求，结合矿山的具体情况，在编制矿山开发计划时应着重考虑下列几个问题。

1．矿山生产规模和服务年限的估算

矿山生产规模即矿山年生产能力，是指一个矿山全年采出的矿石（或有用组分）的总量，一般以万吨/年表示，是矿山企业的一项重要技术经济指标，是反映矿山规模大小的主要标志，它是根据矿床的储量、开采技术条件等因素综合考虑的。

矿山服务年限是指一个矿山从投产到开采完毕的全部时间。服务年限的长短，取决于矿产储量和矿山年生产能力。当矿床的工业储量核定后，年产量过大就会使矿山寿命过短，每吨矿石所摊的基本建设费用增大，矿石成本会相应增高；反之，年产量过小，矿山寿命虽长，但开采的生产费用将增大，也会提高矿石的成本。所以，要根据矿床的规模、矿石质量以及市场的需求情况，正确处理矿山服务年限与矿

⑤河南地质科技咨询服务公司，1985，地方常见矿产评价方法

山年产量之间的关系。表5-1为有关部门规定的不同生产规模的矿山服务年限，可参照估算。

表5-1 金属矿山生产规模与服务年限⑤

| 矿山生产规模 | 矿山生产能力（万吨/年） | 矿山日产量（吨/日） | 服务年限（年） |
|---|---|---|---|
| 大型 | >100 | >3000 | >30 |
| 中型 | 黑色金属30—100 | 900—3000 | >20 |
| | 有色金属20—100 | 600—3000 | >20 |
| 小型 | 黑色金属<30 | <900 | 10—15 |
| | 有色金属<20 | <600 | 10—15 |

2．矿山建设资金估算

矿山建设资金包括基建投资、流动资金和资本化利息三个主要组成部分，一般可用经验公式和类比法确定。

（1）矿山基建投资估计：可采用单位产量投资指标法，即按一般矿山建设的扩大指标估计基建投资。我国有色金属矿山基建投资扩大指标参见表5-2。还有一种方法是根据经验公式来估算。如我国根据23个主要的铜、铅、锌、钨、锡、钼、锑、金、镍矿山70年代以前的实际资料的分析计算，有色金属矿山基建投资与生产规模的关系为：

$$K = 745.79 + 37.35D$$

或$K = 61.8D^{0.94}$　　$K$——矿山基建投资（万元）；

$D$——矿山生产规模（万吨/年）。

例如江苏某小型铅锌矿，其生产规模为500吨/日（即16.5万吨/年），按上述经验公式计算，

$$K = 61.8 \times 16.5^{0.94} = 861.83 \text{（万元）}$$

**表5-2　有色金属矿山单位基建投资扩大指标**[17]

| 项目 | | | 单位 | 生产建设规模 | | | 备注 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 大型 | 中型 | 小型 | |
| 全企业 | | | 元／年吨矿 | 90—150 | 100—160 | 110—180 | 1．不包括建设条件较差的外部运输的特殊投资。<br>2．表上所列数据系近年实际资料统计结果。 |
| 其中矿 | 采矿 | 坑内 | 元／年吨矿 | 30—50 | 40—60 | 50—70 | |
| | | 露天 | 元／年吨矿 | 7—14 | 9—14 | 7—13 | |
| | 选矿 | 重浮联合 | 元／年吨矿 | 20—31 | 23—33 | 26—36 | |
| | | 浮选 单一金属 | 元／年吨矿 | 10—13 | 13—16 | 13—16 | |
| | | 浮选 两个产品 | 元／年吨矿 | 13—17 | 13—18 | 16—20 | |
| | | 浮选 多种产品 | 元／年吨矿 | 13—18 | 17—20 | 18—23 | |
| | | 重选 黑钨矿 | 元／年吨矿 | — | 17—19 | 12—14 | |
| | | 重选 砂锡矿 | 元／年吨矿 | | 13—20 | | |
| | | 磁选 | 元／年吨矿 | 10—14 | 17—20 | 18—23 | |

该矿实际基建投资为828.5万元，与估算值接近。

（2）资本化利息计算：我国的矿山建设，已逐步改为建设银行贷款，年利率一般为8%，而且都是以复利方式偿还。因此，除按基建投资额计算贷款利息外，还要按年利率计算贷款利息的利息，二者之和才是基建投资的实际利息。

（3）矿山生产成本估计：矿山生产成本是指生产矿山规品所需的各项费用。它是判断矿山生产经济效益的重要指标。在一般情况下，生产成本包括采矿车间成本、原矿运输成本，选矿车间成本和企业管理费等。将总成本分摊到单位产品上，即为单位成本。常用的估算方法是“单位成本指标

法”，通常按单位精矿的成本进行估算，其公式为：

$$C_{精} = (C_{采} + C_{选}) K_{选}$$

式中：$C_{精}$——精矿成本（元／吨）

$C_{采}$——矿石（原矿）成本（元／吨）

$C_{选}$——选矿加工费（元／吨）

$K_{选}$——选矿比

①原矿成本估算，可参照类似生产矿山进行，如表5-3，表5-4所示。

**表5-3　不同运输方式和不同运距的露天开采成本⑤　（元／吨）**

| 类别 | 运输方式 | 矿山规模 | 运输距离（公里） | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 矿石 | 汽车 | 大 | 3—4.5 | 4—4.5 | 5—7.0 | 6—8 |
| | | 中 | 3.5—5 | 4.5—6 | 5.5—7.5 | 6.5—8.5 |
| | | 小 | 4—5.5 | 5—6.5 | 6—8 | 7—9 |
| 矿石 | 机车 | 大 | 2.5—4 | 3—4.5 | 3.5—5 | 4—5.5 |
| | | 中 | 3.0—4.5 | 3.5—5.5 | 4.0—5.5 | 4.5—6.0 |
| | | 小 | 3.5—5 | 4—5.5 | 4.5—6.0 | 5.0—6.5 |
| 岩石 | 汽车 | 大 | 2.6—4 | 3.8—5 | 4.5—6.0 | 5.5—7.0 |
| | | 中 | 2.8—4.5 | 4.1—5.6 | 5.0—7.0 | 6—8 |
| | | 小 | 3—5 | 4.5—6 | 5.4—7.5 | 6.5—8.5 |
| 岩石 | 机车 | 大 | 2.2—3.5 | 2.5—4 | 3.0—4.5 | 3.5—5.0 |
| | | 中 | 2.5—4 | 3.0—4.5 | 3.5—5 | 4—5.5 |
| | | 小 | 3.0—4.5 | 3.5—5.0 | 4.5—5.5 | 4.5—6.0 |

表5-4　坑内开采成本扩大指标⑥　（元/吨）

| 序号 | 采矿方式 | 开拓方式 | 生产规模 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 大型 | 中型 | 小型 |
| 一 | 空场法、房柱法、留矿法阶段及分段崩落法等一般采矿方法 | 竖井 | 11—14 | 11—14 | 13—19 |
| | | 平窿 | 10—12 | 11—13 | 12—16 |
| 二 | 水平分层干式充填法 | 竖井 | 14—17 | 16—19 | 19—23 |
| 三 | 尾矿充填采矿法 | 竖井 | 12—14 | 13—16 | 14—20 |
| 四 | 胶结充填采矿法 | 竖井 | 26—33 | 26—33 | 26—33 |
| 五 | 长壁式崩落法 | 竖井 | 14—17 | 16—21 | 17—23 |
| | | 平窿 | 13—16 | 14—20 | 15—21 |

②选矿成本估算，也可以采用类似生产矿山的扩大指标进行类比。参见表5-5。

表5-5　选矿生产成本扩大指标⑥　（元/吨）

| 序号 | 矿种 | 产品名称 | 生产规模 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 大型 | 中型 | 小型 |
| 1 | 铜选厂 | 单一金属 | 6.5—7.8 | 7.2—8.5 | 10—13 |
| | | 两种或三种金属 | 7.0—8.0 | 7.5—9.5 | |
| 2 | 铅锌选厂 | 两种金属 | 9—11 | 9—12.5 | 14—18 |
| | | 三种金属 | | 10—12 | 15—19 |
| 3 | 钨选厂 | 按合格矿石计算 | 7.5—10.0 | 9—11 | 11—13 |
| 4 | 锡选厂 | 砂锡 | 5—6 | 6—7.5 | 6.5—8.0 |
| | | 氧化脉锡 | 6.5—7.5 | 6.5—8.0 | 7.5—9.0 |
| | | 多金属硫化脉锡 | | 16—19 | |

表5-5（续）

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 | 镍选厂 | | 8—9.0 | 10—15 | 11—16 |
| 6 | 铜选厂 | | 4—6.5 | | |
| 7 | 锑选厂 | | | 6.5—7.5 | |
| 8 | 金选厂 | | | 10—12 | 11—14 |
| 9 | 汞选厂 | | | | 8—12 |
| 10 | 磷选厂 | | 4.5—7.5 | 6.5—9.0 | |
| 11 | 硫选厂 | | 5—7.5 | 6.5—9.0 | |

③选矿比计算，计算公式为：

$$K_n = \frac{Q_1}{Q_n} \qquad 或 K_n = \frac{1}{\gamma_n}$$

以上两式中：$K_n$ ——选矿比（%）；$Q_1$——入选原矿量（吨）%；$Q_n$ ——选出精矿量(吨)；$\gamma_n$ ——精矿产率（%）。

以上指标需根据选矿试验结果进行计算，或按类似矿山的生产情况类比确定。

（4）矿山建设投资效益的简易计算

以“成本利润率”为例。成本利润率是单位产品的利润与单位产品成本之比。由于它综合反映了原料、辅助材料、劳动力、动力以及固定资产等的消耗情况，因此，比单纯的成本或利润更灵敏地反映矿山建设的经济效果。计算公式如下：

$$W = \frac{A}{S}\ (\%)$$ 式中A —— 年净利润额（万元）；

S——年总生产成本（万元）；

$$A = P - (S + D + G)$$

式中P——企业年销售产品总收入(万元)；

D——企业年基建折旧费（万元）；

G——利润收入的工商税（万元）。

例如：某小型铅锌矿，基建投资为70.8万元，矿山投产后将其85%转为矿山固定资产原值。矿山年销售总成本为28.92万元，年总产值为48.72万元。代入上式，得：S=28.92（万元），P=48.72（万元），企业年基本折旧费按固定资产原值6%计算，则D=70.8×85%×6%=3.61（万元）；由于该矿所生产的精矿是冶金系统的中间产品，不向外系统销售，故无税金，即G=0；这样，A=P-(S+D+G)=48.72-(28.92+3.61+0)=16.19（万元）；

$$W = \frac{A}{S} = \frac{16.19}{28.92} = 55.98\%。$$

## （二）矿产资源保护

矿产是一种不可再生的有限资源，是国家的重要财富。矿山开发就意味着对矿产资源的消耗。《矿产资源法》明确规定：国家保障矿产资源的合理开发利用。禁止任何组织或者个人用任何手段侵占或者破坏矿产资源。矿产资源保护是一项综合治理工作，主要有以下几个方面：

1．提高矿区地质工作质量，搞好矿区开发规划，是合理开发利用矿产资源的基础。它既是一个开发前的“预防性”的保矿工作环节，又对其它保矿措施产生决定性的制约作用。例如：由于勘查工作的失误，丢掉了工业矿体，将导致矿产资源的“整体损失”。

2．大力提高资源回收率。就目前情况来看，乡镇集体

个体小矿的资源利用水平大多不高。据有关部门统计，全国乡镇小煤矿的矿井回采率平均不过20%左右。贵州省铝厂矿区，农民每挖走一吨高铝矿石就要损失6至7吨储量，回采率仅有15—20%。应当肯定，保护矿产资源对小矿并不是办不到的。多年来，四川荣昌县的农民就一直在开采0.2至0.35米厚的极薄煤层，回采率达到90%以上；山东省招远县全县乡镇小矿的黄金选矿回收率达到92.75%。

开采矿产资源，必须采取合理的开采顺序、开采方法和选矿工艺。不然，会造成矿产资源的严重损失和破坏，如享有盛誉的丹东绿大理石，1983年在东沟矿仅采出十几立方米的荒料，宝贵的资源几乎都被炸成了碎石。

提高开采回采率和选矿回收率，降低采矿贫化率，是矿山企业的主要任务，也是资源保护的重要措施。例如，红透山铜矿原来用中深孔崩落法回采矿柱，损失率达47%，改用充填法后损失率即降为20%；中条山有色金属公司加强采场地质编录和充分利用探采工程，二次圈定可采矿体界限，使用底柱崩落法采矿，损失率一直保持在15%左右；东川和华铜等矿在生产坑口成立了损失贫化管理小组，使保矿工作收到显著的效果。乡镇集体矿山企业和个体采矿也应当不断提高采选技术水平，以保证矿产资源回收率。如广东阳春从1980年以来用弱磁选厂加工低品位原矿达20万吨代上，产铁精矿7万吨，将堆放10多年的废物变成了财富，支援了四化建设。

3．发挥资源优势，综合开发，综合利用。地方办矿，必须掌握本地区矿产资源的特点，因地制宜，扬长避短，才能取得较好的经济效益。例如武昌县充分发挥本地资源和离城近、运距短的优势，大力发展建材业，年总产值很快突破

亿元关。该县初步探明石灰石、膨润土、耐火材料、白云石等资源160多处，总储量达34.5亿吨。过去农民守宝受贫，如今开山取宝，从采石开始，逐步发展系列建材产品，使建材业成为全县工业的主导行业。全县现有700多个建材企业，基本形成了采石、碎石、运输配套；窑、机、坯场、营运配套；开山、炼灰、洗灰和水泥、预制构件生产配套。生产出一批批天然大理石、人造大理石、塑料装饰板等建材产品。

我国矿产资源具有多矿种组合在一起以及多种矿床成因类型共生在一起的显著特点。因此，在发扬资源的地区优势的同时，要特别注意矿产的综合开发和利用。例如采矿过程中剥离的围岩一般超过主要矿石体积的10—15倍，若能综合开发，既增加利润，又有利于环境保护。苏联巴仁诺沃石棉矿床，由于充分利用围岩（辉长岩、橄榄岩、蛇纹岩等），已生产高质量的各种细建筑石料150余万吨，在选洗中获得600多万立方米的矿石和未分级的石料，已建生产400万立方米碎石的工厂，并处理了老废石堆。矿石的综合利用具有很大的潜力，在这方面要充分运用元素和矿物的共生组合规律（参见表5-6），促进资源开发。

4．开矿要注意保护环境。必须遵守有关环境保护的法律规定，防止污染环境。例如，浙江德清县因为乡镇小萤石矿把高氟水（坑道水）直接排入溪流，致使4百多人患氟斑牙病；四川甘洛某铅锌矿在矿区内砍伐了森林600多亩，埋下了爆发泥石流冲垮成昆铁路的隐患，河南灵宝某小金矿，由于氰化钾渗淋溶液渗漏，毒死了牛羊，云南兰坪某铅锌矿土法上马，将废矿渣乱倒，造成有毒元素镉扩散到地下水中……，这些严重污染环境的现象，应该引起我们的高度重视。

## 表5-6　主要造矿元素和矿物的共生组合

| 矿石种类 | 共生元素 | 共生矿物 |
|---|---|---|
| | 1. 超基性和基性岩中的岩浆矿床 | |
| 含铂铬铁矿矿石 | Cr, Fe, Mg, ΣPt | 铬铁矿、橄榄石、辉石、铂、镍锑矿、 |
| 钛磁铁矿矿石 | Fe, Ti, V, P | 磁铁矿、钛铁矿、赤铁矿、辉石、基性长石 |
| 铜镍硫化物矿石 | Ni, Cu, Fe, Co, ΣPt | 镍黄铁矿、黄铜矿、磁铁矿、铂族矿物 |
| | 2. 酸性及碱性伟晶岩中的稀土稀有矿床 | |
| 锡—钨—锂矿石 | Sn, W, Li | 锡石、黑钨矿、锂辉石、长石、石英、云母 |
| 独居石矿石 | ΣCe, Th | 独居石、长石、白云母 |
| 铌矿石 | Nb, Ta, Th, ΣCe | 烧绿石、钛铁矿、铌铁金红石、榍石 |
| | 3. 花岗岩—花岗闪长岩类有关的夕卡岩床 | |
| 铁—铜矿石 | Fe, Cu, Co | 赤铁矿、磁铁矿、黄铜矿、闪锌矿、石榴石、辉石 |
| 钼—钨矿石 | Mo, W, Fe, Sn, Cu, Zn | 辉钼矿、白钨矿、黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿 |
| 铅—锌矿石 | Pb, Zn, Ag, Cu, Fe | 方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、磁铁矿 |
| | 4. 主要与酸性侵入体有关的热液矿床 | |
| 铜—钼矿石（细脉浸染型） | Cu, Mo, Pb, Zn, Ag | 黄铜矿、黄铁矿、辉钼矿、方铅矿、闪锌矿石英 |
| 金—多金属硫化物矿石 | Au, Cu, Pb, Fe, As, Bi, Zn | 绢云母、自然金、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿 |
| 钨—锑—金矿石 | W, Sb, An | 黄铜矿、白钨矿、辉锑矿、自然金 |
| | 5. 风化矿床 | |
| 含铁红土 | Fe, Co, Ni, Cr | 铁的水硅酸盐、镍的硅酸盐、铝土 |
| | 6. 沉积矿床 | |
| 铁—铅—锌矿石 | Fe, Pb, Zn | 菱铁矿、方铅矿、闪锌矿 |
| 铁—锰矿石 | Fe, Mn | 氢氧化铁、软锰矿、硬锰矿、菱锰矿、菱铁矿 |
| | 7. 变质矿床 | |
| Fe—稀土矿石 | Fe, TR | 磁铁矿、赤铁矿、萤石、独居石、氟碳铈矿 |
| Fe—U矿石 | Fe, U | 赤铁矿、磁铁矿、晶质铀矿、沥青铀矿… |
| Fe—B矿石 | Fe, B | 磁铁矿、镁硼石、纤维硼镁石、硼镁铁矿… |

5. 正确处理地方办矿与国营矿山企业的关系，杜绝乱挖滥采。国营矿山企业是开采矿产资源的主体。对乡镇集体矿山企业和个人采矿，国家已实行积极扶持、合理规划、正确引导、加强管理的方针，鼓励乡镇集体矿山企业开采国家指定范围内的矿产资源，允许个人采挖零星分散资源和只能用作普通建筑材料的砂、石、粘土以及为生活自用采挖少量矿产。在国营矿山企业的统筹安排下，乡镇集体矿山企业可以开采国营矿山企业矿区范围内边缘零星矿产，但必须按规定申请办理采矿许可证，没有统一规划的乱挖滥采，对矿产资源的破坏性很大。小秦岭金矿即为一例。事后，河南省灵宝县积极贯彻中央的有关指示，加强矿产资源管理，采取果断措施，有计划有组织地开展群采。树立全国一盘棋思想，爱护矿山，保护矿山，在保证国家大中型矿山建设发展的前提下，积极发展县、乡采矿事业，建立了10个不同类型的联营金矿企业，成为全国第二个“黄金万两县”，还先后建起了水泥厂、石墨厂、煤矿、蛭石厂、硫铁矿等。

**（三）疏通信息，加强科学管理**

在“放开、搞活、管好”的总方针中，“管好”是放开、搞活的重要条件和保证。目前管理还是比较薄弱的环节。有的地方对矿产资源管得过死，限制了采矿业的发展；有的地方又放任自流，浪费了资源。几年来，由于调动了各方面投资办矿的积极性，形成了大、中、小型相结合的矿业体系。在这种形势下，总结、交流小矿管理经验，具有重要的现实意义。

安徽铜陵县矿山公司积极扶持全县小矿，坚持小矿管理上的五统一，即统一安排，统一规划，统一销售，统一调

拨，统一结算。实践证明，这是行之有效的基本措施和管理办法。过去，争占矿山、自我销路，抢站台车皮，不但产品质量无法保证，而且矛盾重重。实行统一安排后，规定了三允许（允许县办、乡村办、联户承包和各种形式的联合办矿；允许开发不影响大矿开采的各种矿点；允许用矿产品开展补偿贸易，引进资金、技术）三不准（不具备起码的安全条件不准开；危害国营和县乡矿山的不准开；危害交通及输电设施安全的不准开），促进了矿产合理开发利用，开办小矿山已成为农村重要的富民之路。

为了促进矿业蓬勃发展，依“法”管理是很重要的。《中华人民共和国矿产资源法》、《中华人民共和国资源税条例（草案）》等一系列法则，都要认真贯彻执行。例如大连市建材局非金属矿管理站以“法”治“乱”，建立了矿产开发管理工作的新秩序，形成一套上下连锁的管理网络，有力地促进了建设的发展。又如辽宁省海城县于1983年4月成立县矿山管理所，代表县政府对全县矿产资源实行统一管理，对各矿山的安全进行监督检查，对各矿山的企业间的矿源纠纷行使仲裁、调解。他们举办各种形式的技术讲座和学习班，绘制《全县矿产分布图》，编印《全县矿山企业情况资料汇编》，进行矿山企业复查登记，健全管理秩序，收到较好实效。该县已发现滑石、菱镁矿、金矿等20多种矿产，其中滑石、菱镁矿的储量和开采量居全国首位。开办小矿山以来，经济效益显著，采矿业及对口加工业总产值超过一亿元。

加强科学管理，信息必须疏通。信息不通，就可能堵塞销路。如北京市某大理石厂信息畅通，虽是从河北进荒料加

工板材，销路却很好，而相近的一个就地取材的小厂家，盲目照搬有名厂家的技术，又忽略了产品的宣传，本来应该是竞争中的强者，反因信息不通变成弱者，使工厂倒闭。这说明小矿管理大有学问。一般来说，“百里不贩石”，异地加工，往往是费用高，耗资大，效益差。如河北省易县大理石厂，从北京房山进荒料加工，造成产品积压，赔了二万多元。

市场需求信息常常可以左右具体办矿的方向。信息灵，就可以增强应变能力，把矿山办活，经济效益也会显著。石英砂是普通的矿物原料，但只要加一定比例的纯碱、硼砂及少量的其它原料，用离心喷吹法就可制成经济价值很高的保温吸音材料——玻璃棉，在攀枝花钢铁公司三座高炉送风管道上使用时，年节约标煤1万多吨，价值48万元。水晶是分布广泛的矿产，但目前光学水晶供需平衡，熔炼水晶供过于求，唯有工艺水晶（主要用于加工水晶眼镜）供不应求，收购价为每公斤80元到150元，也就是说，开采水晶的注意力应集中在直径40毫米以上的水晶矿产上。比较多见的玄武岩、安山岩等岩石，若掌握了国内外用它们生产矿物纤维或矿棉的信息，注意寻找质匀、粒细、无外来色体、没有游离形式的硅酸（如石英、玉髓）类岩石，就可能开拓重要的生产矿棉的矿山和市场。又如，及时掌握矿产深加工、精加工等新信息，可以大大提高矿山的经济效益。浙江平山膨润土矿床，原矿仅24元／吨，粉矿为51至70元／吨；制成活性白土，内销价为300元／吨，外销价达458元／吨；再精制成有机土，销价提高到10500元至11000元／吨，利润从原来每吨几元提高到每吨2500元至4000元。他们为宝山钢铁厂研制成

功的新型高炉炮泥配料。原来需从国外进口，每吨约400元，现在每吨只需200元左右，而且性能良好，为国家节约了大量外汇。辽宁滨海金刚石公司用金刚石加工成各种首饰，在1986年广交会上被外商抢购一空，为国家创外汇70万美元。白云石的深加工，也是一个很好的例子。将白云石烧成“白云灰”（氧化钙镁），再将白云灰用水溶解，经过滤沉淀除去杂质后，将溶液装入“碳化塔”，把经净化过的$CO_2$气体通入塔内，使之充分碳化。将碳化好的溶液和生成的沉淀物放出，这些沉淀物主要是轻质碳酸钙，将之脱水、烘干、磨细，即可制成“轻钙”；成品售价每吨可达150元至190元。将剩余的溶液加热，使过饱和的$CO_2$逸出，溶液中生成的白色柳絮状的沉淀物即为轻质碳酸镁，将之脱水、烘干、磨细，即制成“轻镁”；每吨售价可达700元—800元。若将轻镁制成团块，再灼烧之，即可制得氧化镁；每吨售价则可达4000元—5000元。随着深加工的提纯过程，经济效益明显提高。

地方矿山要依靠地质矿产部门提供资源信息。地质部门也必须重视情报资源开发工作，面向社会，为地方矿山服务。陕西山阳县许多乡、村纷纷要求地质队派人检查矿点，送样化验；提供信息，县矿山公司在地质队协助下整理了《山阳县矿产资源简况》，印发各乡村，为开办小窑小矿提供科学依据，促进采矿业的发展。现在全县建起各类小矿山60余处，经济效益显著。

**（四）边采边探，用地质指导采矿**

边采边探往往是零星小矿的勘探特点，也是开采零星小矿所应遵循的科学原则。在开采过程中加强地质研究，用地

质规律指导采矿，才能保证开采工作安全、高效地进行。

1。加强对岩石特征的研究　岩石对于采矿尤为重要。工业场地摆布于岩石之上，开拓系统布置在岩石之中。开采对象——矿体不仅赋存在岩石内而且有着成因联系，要采矿石必须先采出大量岩石。因此，采矿时必须研究岩石特征。

岩浆岩的种类繁多；但组成岩浆岩的常见矿物都是硬度较大的矿物，加之岩浆岩多具块状构造，更增加了岩石的稳定性，有利于采用高效率的采掘方法。酸性岩中含有较多游离的二氧化硅，要加强通风除尘，以预防矽肺病。岩石结构与采掘关系也很大，如花岗斑岩具斑状结构，其抗压强度只有1200公斤／厘米$^2$，而同一成分的细粒花岗岩，因具等粒结构，其抗压强度可达2600公斤／厘米$^2$。强度大的岩石虽难凿岩，但容易维护，给采掘工作以很大的方便。

在沉积岩的所有特征中，影响开采技术条件的主要是矿物成分和岩石构造。含石英、燧石、蛋白石等矿物特多的石英砂岩、燧石灰岩，稳掘性好，掘进中一般不需支护，但要注意防尘。石灰岩、白云岩和泥质灰岩的凿岩及爆破性能均好，但由于含方解石较多，易于溶解而产生溶孔和溶洞，可能引起矿坑突然涌水，必须搞好防排水措施。粘土岩、页岩及泥岩硬度小，具可塑性，遇水膨胀、软化和粘结，凿岩性好，稳定性差，有时会使地下坑道变形、露天边坡不稳、矿车结底、溜井和凿岩机水眼堵塞等，要加强防排水，才可能避免。由于沉积岩具层理构造，若顺着层理方向掘进，不仅爆破效果不好，而且容易产生冒顶、偏帮事故；如果斜交或垂直层理方向掘进时，则可以提高爆破效果，也可增加顶板及两帮的稳掘性。

变质岩中的滑石、绿泥石和云母等矿物光滑柔软，且多呈片状，因而稳定性极差，必须引起足够重视。变质岩的片理构造对采掘影响更大；片理愈发育，各方向的强度相差愈大，在平行片理的方向抗压和抗剪强度小，抗拉强度大；垂直片理的方向则恰好相反；片理发育，要加强支护，其有效的办法是在垂直片理的方向，采用锚杆喷浆，以增强岩石的稳定性，避免冒顶和片帮。

2．地质构造对矿山开采的影响

（1）褶皱构造与矿山采掘工作的关系　矿体的形状、产状直接影响开拓系统、采矿方法的选择。成矿前形成的褶曲，对矿床的形成、矿体形态及其分布等起控制作用；例如在褶曲核部破碎带、伴生裂隙内赋存的矿体，一般形态复杂、产状多变。成矿后影成的褶曲可使矿体产状发生变化，并常使矿体形态复杂化，给勘探和采矿工作造成不利因素。例如，湘东某沉积铁矿中某矿段（图5-1），勘探时认为是一向斜构造，向斜的底部标高在360米以上，矿山设计时拟用360米标高的平硐开拓，以回采全部矿石，但施工后发现向斜底部标高低于360米，360米以上储量减小42.5％，360米以下矿石需要增加巷道才能开采出来。




图5-1 湘东某沉积铁矿某矿段勘探时和开拓施工后剖面对比

1—地质勘探时矿层位置　2—开拓施工后实际矿层位置

当矿层受到褶曲后，其厚度可发生变化，尤其是强度小、塑性大的矿层，厚度变化更为显著，一般在鞍部厚度相对变大，两翼矿层厚度相对变小。在背斜核部顶压一般较小，对采掘工程有利，但核部张裂隙较发育，又可相导致矿坑涌水量增加，造成采矿困难。在向斜核部顶压一般较大，对采掘工程不利。

（2）断裂构造与矿山采掘工作的关系　断层影响矿床开拓系统的布置，开拓巷道的位置应尽量避开较大的断层破碎带，尤其是应避开与巷道平行或成小角度斜交的断层破碎带。在掘进中碰到断层破碎带或节理密集带，必须加强支护。在采场设计中如遇见断距较大的断层应尽可能把它作为划分采场的边界，以减少它对回采工作的影响。成矿后的断层对矿山探矿工作影响很大，因为成矿后的断层常把矿体切成几部分，使矿体的分布、形状和产状复杂化。不同性质断层对矿体破坏的情况不同（图5-2）。在节理发育的岩石中

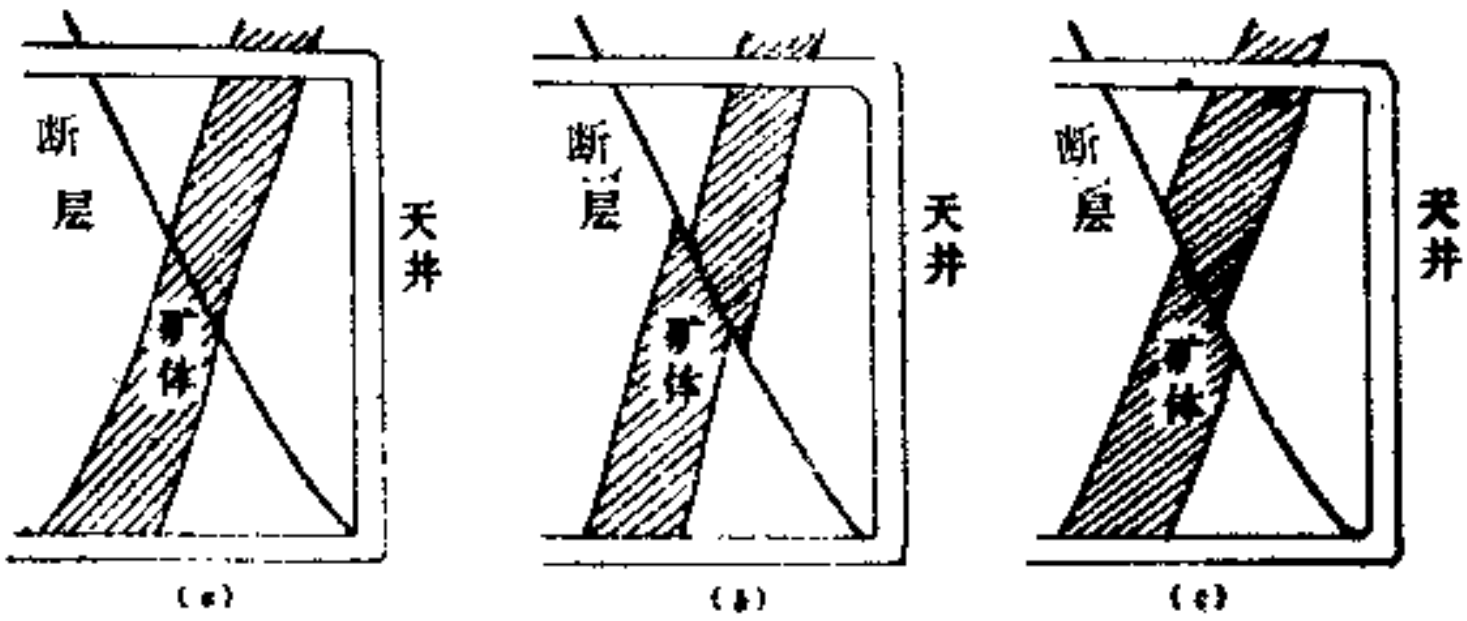



图5-2　断层对矿体破坏的不同方式

(a)—平移断层　(b)—正断层　(c)逆断层

打炮眼时，不能沿节理面打眼，否则容易卡钎，且影响爆破效果。在露天开采中，在节理发育地段要注意边坡角选择，以防止滑坡、塌方等事故。在大断层和节理密集带附近矿坑的涌水量常增大，甚至造成涌水事故。为此，要对断裂分布规律予以重视。

3．矿床开采时的矿石质量研究　为了确定已采下矿石的质量，检查矿石的贫化与损失，衡量采矿工作是否正确合理，所采出的矿石能否满足矿山加工工艺的要求等，以保证矿产资源能够得到充分的利用，必须在开采过程中重视矿石质量研究，重视取样工作。在各采场，在矿石堆，在矿车中，都可进行采样。从边采边探的角度来看，这项工作显得更加重要。

为了及时指导生产，常采用一些简便的取样方法。在各种采场都可用刻槽、刻线、方格等方法进行，取样长度一般为1—2米。在开采平台上可利用采矿炮孔进行取样，在炮孔中采取矿粉作为试样。地质条件简单时，一个孔的全部矿粉作为一个试样；矿石类型和技术品级分布复杂时，则应分段取样，分段长度一般为2—4米。在小型露采矿山采用潜岩机打眼时，采取潜岩矿粉，取样间距一般为10—20米，每一个台阶取一次样。在爆破后的矿石堆或矿车上，可用拣块法取样，这种方法效率高，操作简便，很适合地方办矿，但缺点是对不同类型的矿石不能分别取样。矿车中，还可采用简化的五点梅花状或别的形式的拣块取样。

采样后，要及时送样、化验，一般是进行基本分析。得到化验结果之后，要及时结合现场地质情况进行分析研究，以便指导采矿工作。

4. 矿床开采时的地质编录　矿床开采是对矿床的揭露，但是揭露了矿床并不等于就能认识矿床。要想真正地认识矿床，还必须在矿床揭露之后，对现场进行认真的地质调查工作，收集有关矿石质量、数量以及各种地质特征的全部资料。这项工作具体包括原始地质编录和前述取样工作等两方面内容，它是整个矿床地质研究工作的基础，是宝贵的第一手资料。矿床开采中的原始地质编录有三点应当强调：

（1）原始地质编录是把直接观察到的地质现象，正确地系统地用文字和图表反映出来的工作。就地方办矿来说，可以侧重于文字编录。在野外记录薄上，除记下编录的日期和地点外，应包括下列主要内容：①矿体的形状、产状、数目及产出位置，矿石的成分和结构构造，矿体与围岩的接触关系；②矿体顶、底板围岩的岩性、产状及蚀变特点；③各种地质构造的类型、产状、规模、与矿化的关系。

（2）取样的编录工作，要及时进行。要记下取样的地点、方法、重量；要统一编号，妥善包放，避免混乱。若有相应图件，应在图上标明取样地点和编号。

（3）尽可能采用地质素描图（如图5-3）收集资料。它是将以矿体为中心的主要地质特征按照一定比例尺和图例绘制而成的地质图件，是收集资料的基本方法之一。地质素描的现象应当典型；编录的格式要统一，如图例、岩石名称、工程编号、样品与标本的编号等，便于对获取的资料进行分析对比；素描内容要重点突出，通常要突出矿体或矿化现象；素描图的比例尺视具体情况和要求而定，一般是1：50—1：200。

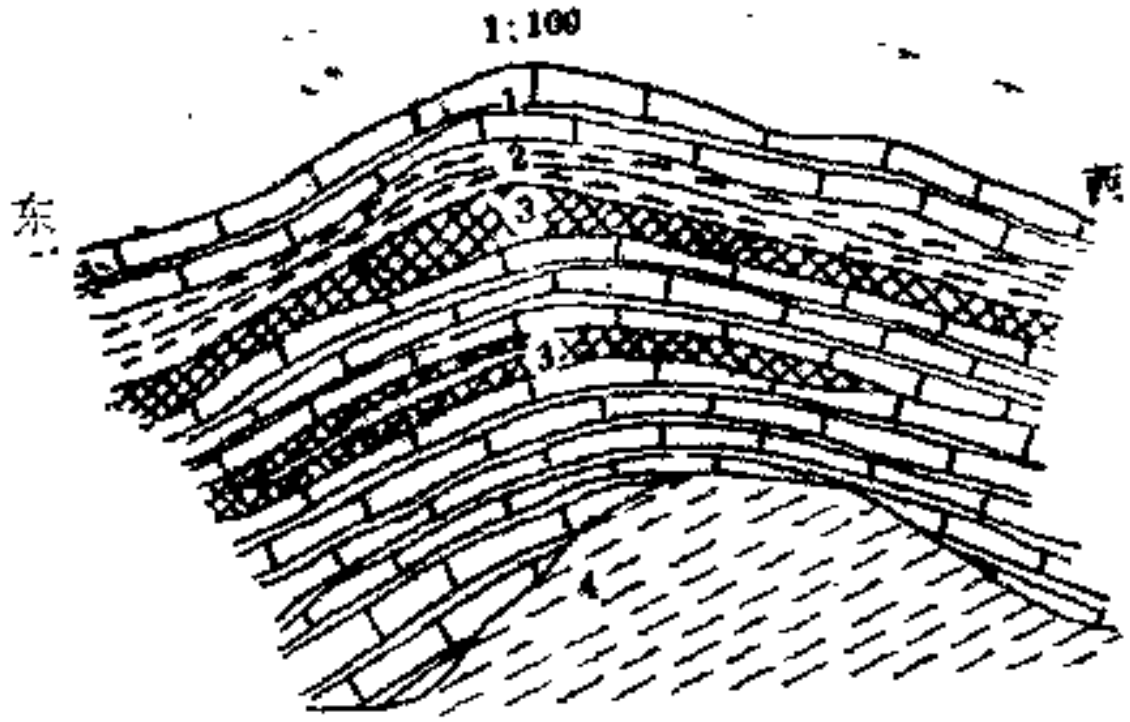



图5-3　层状矿脉

1—硅质灰岩　2—页岩　3—辉钼矿-黄铜矿-石英脉　4—花岗片麻岩

在原始地质编录的基础上，进行归纳整理并用图文反映出来的工作，称为综合地质编录。通过综合研究，取得对矿床（矿体）的规律性的认识。正确的地质编录，能够反映工作区的地质情况、矿化基本特点以及矿石的质和量等问题，进而指导矿山开采工作。

边采边探，用地质规律指导采矿，可以大大增强矿山活力。例如小河口铜矿是陕西山阳县一个比较正规的县办小型采选矿山企业，由于重视边采边探，重视选矿工艺研究，增加金属储量2000吨，提高了选矿能力，减少了损失，1978年扭亏为盈，1983年除补偿原亏32万元外，还获纯利105.7万元。

# 参 考 文 献


〔1〕 陈裕康等，1979，地质学，冶金工业出版社。

〔2〕 侯德义等，1984，找矿勘探地质学，地质出版社。

〔3〕 群众找矿常识编写组，1971，群众找矿常识，中国工业出版社。

〔4〕 矿产工业要求参考手册编写组，1972，矿产工业要求参考手册，地质出版社。

〔5〕 陈国达，1978，成矿构造研究法，地质出版社。

〔6〕 袁见齐等，1979，矿床学，地质出版社。

〔7〕 长春地质学院，1981，矿床工业类型，中国工业出版社。

〔8〕 孙本壮，1982，采矿概论，冶金工业出版社。

〔9〕 武汉建材学院，1983，非金属矿床露天开采，建筑工业出版社。

〔10〕 《铀矿开采技术》编写组，1981，铀矿开采技术，原子能出版社。

〔11〕 全国矿产储量委员会办公室，1986，矿产工业要求参考手册，地质出版社。

# 附录 I

## 矿 产 目 录 ⑤

| 编号 | 矿产名称 | 计算单位 |
|---|---|---|
| | 一、能源矿产 | |
| 1 | 煤 | 矿石 万吨 |
| | 其中：炼焦煤 | 矿石 万吨 |
| | 烟 煤 | 矿石 万吨 |
| | 无烟煤 | 矿石 万吨 |
| | 褐 煤 | 矿石 万吨 |
| 2 | 石 煤 | 矿石 万吨 |
| 3 | 石 油 | 原油 万吨 |
| 4 | 天然气 | 气量 亿立方米 |
| | 其中：气田气 | 气量 亿立方米 |
| | 油田伴生气 | 气量 亿立方米 |
| | 油田气 | 气量 亿立方米 |
| | 煤成气 | 气量 亿立方米 |
| 5 | 油页岩 | 矿石 亿吨 |
| 6 | 铀 矿 | 金属 吨 |
| 7 | 钍 矿 | 金属 吨 |
| | 二、黑色金属矿产 | |
| 8 | 铁 矿 | 矿石 万吨 |
| | 炼铁用铁矿石 | 矿石 万吨 |
| | 炼钢用铁矿石 | 矿石 万吨 |
| 9 | 锰 矿 | 矿石 万吨 |
| 10 | 铬 矿 | 矿石 万吨 |
| 11 | 钒 矿 | 五氧化二钒万吨 |
| 12 | 钛 矿 | 二氧化钛万吨 |
| | | 矿物 万吨 |
| 13 | 金红石 | 矿物 万吨 |
| 14 | 钛铁砂矿 | 矿物 万吨 |
| | 三、有色金属和贵金属矿产 | |
| | （一）有色金属矿产 | |
| 15 | 铜 矿 | 金属 吨 |
| | 其中：大于1%铜矿 | 金属 吨 |
| 16 | 铝 矿 | 矿石 万吨 |
| 17 | 铅 矿 | 金属 吨 |
| 18 | 锌 矿 | 金属 吨 |
| 19 | 镍 矿 | 金属 吨 |
| 20 | 钴 矿 | 金属 吨 |
| 21 | 钨 矿 | 三氧化钨吨 |
| 22 | 锡 矿 | 金属 吨 |
| 23 | 钼 矿 | 金属 吨 |
| 24 | 铋 矿 | 金属 吨 |
| 25 | 锑 矿 | 金属 吨 |
| 26 | 汞 矿 | 金属 吨 |
| | （二）贵金属矿产 | |
| 27 | 金 矿 | 金属 公斤 |
| 28 | 银 矿 | 金属 吨 |
| 29 | 铂族矿 | 金属 公斤 |
| 30 | 铂 矿 | 金属 公斤 |
| 31 | 钯 矿 | 金属 公斤 |

续（1）　　矿　产　目　录

| | | |
|---|---|---|
| 32 | 铬　矿 | 金属　公斤 |
| 33 | 钒　矿 | 金属　公斤 |
| 34 | 钛　矿 | 金属　公斤 |
| 35 | 锆　矿 | 金属　公斤 |
| | 四、稀有、稀土金属和分散元素矿产 | |
| | （一）稀有金属矿产 | |
| 36 | 铌钽矿 | 五氧化二铌　吨 |
| 37 | 钽　矿 | 五氧化二钽　吨 |
| 38 | 钽　矿 | 五氧化二钽　吨 |
| 39 | 铍　矿 | 氧化铍　万吨 |
| 40 | 锂　矿 | 氧化二锂　吨<br>氧化锂　吨 |
| 41 | 铯　矿 | 氧化物　吨 |
| 42 | 铷矿（天青石） | 矿　物　吨 |
| 43 | 铷　矿 | 氧化二铷　吨 |
| 44 | 铯　矿 | 氧化二铯　吨 |
| | （二）稀土金属矿产 | |
| 45 | 稀土总量 | 三氧化二稀土　吨 |
| 46 | 铈族稀土（轻稀土） | 三氧化二稀土　吨 |
| 47 | 镧　矿 | 三氧化二镧　吨 |
| 48 | 铈　矿 | 三氧化二铈　吨 |
| 49 | 镨　矿 | 三氧化二镨　吨 |
| 50 | 钕　矿 | 三氧化二钕　吨 |
| 51 | 钐　矿 | 三氧化二钐　吨 |
| 52 | 铕　矿 | 三氧化二铕　吨 |
| 53 | 钆　矿 | 三氧化二钆　吨 |
| 54 | 铽　矿 | 二氧化二铽　吨 |
| 55 | 镝　矿 | 三氧化二镝　吨 |
| 56 | 钇族稀土（重稀土） | 三氧化二稀土　吨 |
| 57 | 钇　矿 | 三氧化二钇　吨 |
| 58 | 钬　矿 | 三氧化二钬　吨 |
| 59 | 铒　矿 | 三氧化二铒　吨 |
| 60 | 铥　矿 | 三氧化二铥　吨 |
| 61 | 镱　矿 | 三氧化二镱　吨 |
| 62 | 镥　矿 | 三氧化二镥　吨 |
| | （三）分散元素矿产 | |
| 63 | 锆　矿 | 金属　吨 |
| 64 | 铪　矿 | 金属　吨 |
| 65 | 铟　矿 | 金属　吨 |
| 66 | 铊　矿 | 金属　吨 |
| 67 | 铪　矿 | 三氧化铪　吨 |
| 68 | 铼　矿 | 金属　吨 |
| 69 | 锗　矿 | 金属　吨 |
| 70 | 镓　矿 | 金属　吨 |

（续2）

| 矿产目录 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 71 | 硒　矿 | 金属　吨 | | 93 | 明矾石 | 矿石　万吨 | |
| 72 | 碲　矿 | 金属　吨 | | | | 矿物　万吨 | |
| | 五、非金属矿产 | | | 94 | 化肥用石灰岩 | 矿石　万吨 | |
| | （一）冶金辅助原料矿产 | | | 95 | 化肥用橄榄岩 | 矿石　万吨 | |
| | | | | 96 | 化肥用硅石 | 矿石　万吨 | |
| 73 | 熔剂用石灰岩 | 矿石　万吨 | | 97 | 制碱石灰岩 | 矿石　万吨 | |
| 74 | 熔剂用白云岩 | 矿石　万吨 | | 98 | 电石石灰岩 | 矿石　万吨 | |
| 75 | 熔剂用硅石（脉石英、石英砂岩、石英岩等） | 矿石　万吨 | | 99 | 维尼纶石灰岩 | 矿石　万吨 | |
| | | | | 100 | 塑料树脂石灰岩 | 矿石　万吨 | |
| 76 | 菱镁矿 | 矿石　万吨 | | 101 | 氮(化)肥石灰岩 | 矿石　万吨 | |
| 77 | 耐火粘土 | 矿石　万吨 | | 102 | 泥　炭 | 矿石　万吨 | |
| 78 | 萤　石 | 矿石　万吨<br>氟化钙　万吨 | | 103 | 盐矿(岩盐、池盐、卤水) | 氯化钠　万吨 | |
| 79 | 铁矾土 | 矿石　万吨 | | 104 | 芒　硝 | 矿石　万吨 | |
| 80 | 铸型用砂 | 矿石　万吨 | | 105 | 天然碱 | 矿石　万吨 | |
| 81 | 铸型用粘土 | 矿石　万吨 | | 106 | 钠硝石 | 矿石　万吨 | |
| 82 | 蓝晶石 | 矿物　万吨 | | 107 | 镁盐(固体及卤水) | 氯化镁　万吨 | |
| 83 | 红柱石 | 矿物　万吨 | | 108 | 碘 | 碘　吨 | |
| 84 | 矽线石 | 矿物　万吨 | | 109 | 溴 | 溴　吨 | |
| 85 | 蓝线石 | 矿物　万吨 | | 110 | 砷(雄黄、雌黄毒砂等) | 矿物　吨 | |
| | （二）化工原料非金属矿产 | | | 111 | 重晶石 | 矿石　万吨 | |
| 86 | 硫铁矿 | 矿石　万吨<br>含硫35%标矿万吨 | | 112 | 毒重石 | 矿石　万吨 | |
| | | | | 113 | 地　腊 | 矿物　万吨 | |
| 87 | 自然硫 | 硫　万吨 | | 114 | 漂白土 | 矿石　万吨 | |
| 88 | 伴生硫 | 硫　万吨 | | 115 | 凹凸棒石粘土(坡缕石) | 矿石　万吨 | |
| 89 | 磷　矿 | 矿石　万吨<br>含五氧化二磷30%标矿万吨 | | 116 | 海泡石粘土 | 矿石　万吨 | |
| | | | | | （三）特种非金属矿产 | | |
| 90 | 钾盐（固体及卤水） | 氯化钾　万吨 | | 117 | 锂　矿 | 氧化锂　万吨 | |
| 91 | 钾长石 | 矿石　万吨 | | 118 | 云　母 | 工业原料　吨 | |
| 92 | 含钾岩石 | 矿石　万吨 | | 119 | 金刚石 | 矿物 | |

（续3）　　矿　产　目　录

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 120 | 角闪石石棉（蓝石棉） | 矿物 | 吨 | 146 | 硅灰石 | 矿石 | 万吨 |
| 121 | 压电水晶 | 单晶 | 公斤 | 147 | 黄粘土 | 矿石 | 万吨 |
| 122 | 熔炼水晶 | 矿物 | 吨 | 148 | 建筑用大理岩 | 矿石 | 万立方米 |
| 123 | 光学水晶 | 矿物 | 吨 | 149 | 花岗岩 | 矿石 | 万立方米 |
| 124 | 冰洲石 | 矿物 | 公斤 | 150 | 建筑用石材 | 矿石 | 万立方米 |
| 125 | 光学萤石 | 矿物 | 公斤 | 151 | 方解石 | 矿石 | 万吨 |
| 126 | 电气石 | 矿物 | 吨 | 152 | 铸石用玄武岩 | 矿石 | 万吨 |
| 127 | 蓝宝石 | 矿物 | 公斤 | 153 | 铸石用斜绿岩 | 矿石 | 万吨 |
| 128 | 红宝石 | 矿物 | 公斤 | 154 | 珍珠岩 | 矿石 | 万吨 |
| | （四）建材及其他非金属矿产 | | | 155 | 蛇纹岩 | 矿石 | 万立方米 |
| 129 | 石棉（温石棉） | 矿物 | 万吨 | 156 | 纯橄榄岩 | 矿石 | 万立方米 |
| 130 | 高岭土 | 矿石 | 万吨 | 157 | 白　垩 | 矿石 | 万吨 |
| 131 | 石　墨 | 矿物 | 万吨 | 158 | 膨胀粘土 | 矿石 | 万吨 |
| 132 | 石　膏 | 矿石 | 万吨 | 159 | 斜粒页岩 | 矿石 | 万吨 |
| 133 | 滑　石 | 矿石 | 万吨 | 160 | 钠长岩 | 矿石 | 万吨 |
| 134 | 沸　石 | 矿石 | 万吨 | 161 | 紫砂陶粘土 | 矿石 | 万吨 |
| 135 | 水泥用石灰岩 | 矿石 | 万吨 | 162 | 地沥青、沥青 | 矿石 | 万吨 |
| 136 | 泥灰岩 | 矿石 | 万吨 | 163 | 蛭　石 | 矿石 | 万吨 |
| 137 | 水泥混合材料（凝灰岩、火山岩、闪长斑岩等） | 矿石 | 万吨 | 164 | 硅藻土 | 矿石 | 万吨 |
| | | | | 165 | 膨润土（钙质、钠质） | 矿石 | 万吨 |
| 138 | 水泥配料（粘土、黄土、泥岩、页岩、红土、砂岩等） | 矿石 | 万吨 | 166 | 浮　石 | 矿石 | 万吨 |
| | | | | 167 | 叶腊石 | 矿石 | 万吨 |
| | | | | 168 | 圆　玉 | 矿物 | 吨 |
| | | | | 169 | 石榴子石 | 矿物 | 吨 |
| | | | | 170 | 天然油石 | 矿石 | 万吨 |
| 139 | 玻璃用砂 | 矿石 | 万吨 | 171 | 玛　瑙 | 矿石 | 吨 |
| 140 | 粉石英 | 矿石 | 万吨 | 172 | 黄　玉 | 矿物 | 吨 |
| 141 | 玻璃用白云岩 | 矿石 | 万吨 | 173 | 玉　石 | 矿物 | 吨 |
| 142 | 长　石 | 矿物 | 万吨 | 174 | 碧　玉 | 矿物 | 吨 |
| 143 | 陶瓷粘土 | 矿石 | 万吨 | 175 | 彩　石 | 矿物 | 吨 |
| 144 | 瓷　土 | 矿石 | 万吨 | | 六、地下水 | | |
| 145 | 砖瓦粘土 | 矿石 | 万立方米 | 176 | 地下水 | 允许开采量 方/日 | |
| | | | | 177 | 地下热水 | 发电能量 千瓦 | |
| | | | | 178 | 矿泉水 | 允许开采量 方/日 | |

# 附录Ⅱ

## 部分常见矿产一般工业要求[11]

| 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—40 | 40—50 | >0.5 | >1 | 1 | 1—2 |
| 锰( Mn ) | ≥20—25 | ≥30 | 0.5—0.7 | 0.3—0.5 | 0.2—0.3 | 0.2—0.3 |
| 铬( $Cr_2O_3$ ) | ≥25 | ≥32 | 0.5—1.0 | 0.5—1.0 | 0.3—0.5 | 0.3—0.5 |
| 钛( $TiO_2$ ) | 1 | 1.5 | 0.5—1 | 剥采比<1 | 0.5—1 | |
| 钒( $V_2O_5$ ) | 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 | 1 | | 2 | |
| 铝($Al_2O_3$/铝硅比) | 40／≥1.8 | 55／≥3.5 | 0.8 | 0.5 | 0.5—1 | 剥离比<10—15 |
| 镍( Ni ) | 0.2 | 0.3 | 1 | | 2 | |
| 钴( Co ) | 0.02 | 0.03—0.06 | 1 | | 1 | 剥采比<1 |
| 钨( $WO_3$ ) | 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 ) | ≥0.03 | ≥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）　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 |
| 金( Au ) | 1—2克/吨 | 3—5克/吨 | 0.8 | | 2 | |
| 银( Ag ) | 40—50克/吨 | 100—150克/吨 | 1 | | ≥2 | |
| 磷( $P_2O_5$ ) | 8% | 12—15% | 0.7—1.5 | | 0.7—1.5 | |
| 硫( S ) | ≥8% | ≥12% | 1 | | 2 | |
| 钾长石( $K_2O$ ) | 6% | 8% | 2 | | 1 | |
| 蛇纹岩/橄榄岩( MgO ) | ≥25%/≥31% | ≥32%/≥40% | 2 | | 2 | |
| 砷( As ) | 3% | 5% | 0.7 | | 1 | |
| 重晶石、毒重石( $BaSO_4$ ) | 30% | 50% | 1 | | 1 | |
| 明矾石(含纯明矾石) | 20% | 35% | 2 | | 1 | |
| 硼( $B_2O_3$ ) | 1.5—3% | 2—5% | 1 | | 1 | |
| 云母(含矿率) | 1公斤/米³ | 1公斤/米³ | 1 | | ≥0.5 | |
| 石棉(含棉率) | >0.4% | >1% | 0.5 | | 1 | |
| 石墨(含固定碳) | ≥2.5% | ≥3% | 0.6—1 | 0.4 | 0.5—1 | 剥采比<4 |
| 石膏( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) | 45% | >65% | 1 | 2 | >1 | 4 |
| 滑石(滑石含量) | >30% | ≥50% | 1 | | 1 | |
| 石榴子石(矿物) | 4公斤/米³ | 8公斤/米³ | 0.5 | | | |
| 刚玉(含矿率/ $Al_2O_3$ | | 7.7公斤/米³/>91 | 0.5 | | | |
| 蓝石棉(I—IV级品) | 350克/米³ | 1800克/米³ | 0.4—0.5 | | 1 | |
| 萤石( $CaF_2$ ) | 20% | 30% | 1 | | 0.5 | |

# 附录Ⅲ

## 矿床规模划分标准参考资料[11]

| 顺序号 | 矿种名称 | | 储量单位 | | 矿床规模 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 大型 | 中型 | 小型 |
| 1 | 煤 | （煤田） | 原煤 | 亿吨 | >50 | 10—50 | <10 |
| | | （煤矿区） | 原煤 | 亿吨 | >10 | 5—10 | <5 |
| | | （井田） | 原煤 | 亿吨 | >2 | 0.5—2 | <0.5 |
| 2 | 泥炭 | | | 万吨 | >1000 | 100—1000 | <100 |
| 3 | 石油 | | 原油 | 万吨 | >10000 | 1000—10000 | <1000 |
| 4 | 天然气 | | 气量 | 亿米$^3$ | >1000 | 100—1000 | <100 |
| 5 | 油页岩 | | 矿石 | 亿吨 | >20 | 2—20 | <2 |
| 6 | 铀 | | U | 吨 | >3000 | 1000—3000 | <1000 |
| 7 | 铁 | 贫矿 | 矿石 | 亿吨 | >1 | 0.1—1 | <0.1 |
| | | 富矿 | 矿石 | 亿吨 | >0.5 | 0.05—0.5 | <0.05 |
| 8 | 锰 | | 矿石 | 万吨 | >2000 | 200—2000 | <200 |
| 9 | 铬铁矿 | | 矿石 | 万吨 | >500 | 100—500 | <100 |
| 10 | 钒 | | $V_2O_5$ | 万吨 | >100 | 10—100 | <10 |
| 11 | 钛 | 金红石原生矿 | $TiO_2$ | 万吨 | >20 | 5—20 | <5 |
| | | 金红石砂矿 | 矿物 | 万吨 | >10 | 2—10 | <2 |
| | | 钛铁矿原生矿 | $TiO_2$ | 万吨 | >500 | 50—500 | <50 |
| | | 钛铁矿砂矿 | 矿物 | 万吨 | >100 | 20—100 | <20 |
| 12 | 铜 | | Cu | 万吨 | >50 | 10—50 | <10 |
| 13 | 铅 | | Pb | 万吨 | >50 | 10—50 | <10 |
| 14 | 锌 | | Zn | 万吨 | >50 | 10—50 | <10 |
| 15 | 铝土矿 | | 矿石 | 万吨 | >2000 | 500—2000 | <500 |
| 16 | 镍 | | Ni | 万吨 | >10 | 2—10 | <2 |
| 17 | 钴 | | Co | 万吨 | >2 | 0.2—2 | <0.2 |
| 18 | 钨 | | $WO_3$ | 万吨 | >5 | 1—5 | <1 |
| 19 | 锡 | | Sn | 万吨 | >4 | 0.5—4 | <0.5 |
| 20 | 铋 | | Bi | 万吨 | >5 | 1—5 | <1 |
| 21 | 钼 | | Mo | 万吨 | >10 | 1—10 | <1 |
| 22 | 汞 | | Hg | 吨 | >2000 | 500—2000 | <500 |

（续1） 矿床规模划分标准参考资料

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 23 | 锑 | | Sb | 万吨 | >10 | 1—10 | <1 |
| 24 | 金 | 岩金 | Au | 吨 | >20 | 5—20 | <5 |
| | | 砂金 | Au | 吨 | >8 | 2—8 | <2 |
| 25 | 银 | | Ag | 吨 | >1000 | 200—1000 | <200 |
| 26 | 铂族 | | 金属 | 吨 | >10 | 2—10 | <2 |
| 27 | 钽 | 原生矿 | $Ta_2O_5$ | 吨 | >1000 | 500—1000 | <500 |
| | | 砂矿 | 矿物 | 吨 | >500 | 100—500 | <100 |
| 28 | 铌 | 原生矿 | $Nb_2O_5$ | 万吨 | >10 | 1—10 | <1 |
| | | 砂矿 | 矿物 | 吨 | >2000 | 500—2000 | <500 |
| 29 | 铍 | | BeO | 万吨 | >1 | 0.2—1 | <0.2 |
| 30 | 锂 | 矿物锂矿 | $Li_2O$ | 万吨 | >10 | 1—10 | <1 |
| | | 盐湖锂矿 | LiCl | 万吨 | >50 | 10—50 | <10 |
| 31 | 锆 | 锆石英 | 矿物 | 万吨 | >20 | 5—20 | <5 |
| 32 | 铷(盐湖中的铷另计) | | $Rb_2O$ | 吨 | >2000 | 600—2000 | <500 |
| 33 | 铯 | | $Cs_2O$ | 吨 | >2000 | 500—2000 | <500 |
| 34 | 锶 | 天青石 | $SrSO_4$ | 万吨 | >20 | 5—20 | <5 |
| 35 | 稀土 | 砂矿 | 独居石 | 吨 | >10000 | 1000-10000 | <1000 |
| | | | 磷钇矿 | 吨 | >5000 | 500-5000 | <500 |
| | | 原生矿 | $TR_2O_3$ | 万吨 | >50 | 5—50 | <5 |
| | | (风化壳矿床) | 铈族稀土氧化物总量 | 万吨 | >10 | 1—10 | <1 |
| | | (风化壳矿床) | 钇族稀土氧化物总量 | 万吨 | >5 | 0.5—5 | <0.5 |
| 36 | 镉 | | Cd | 吨 | >3000 | 500-3000 | <500 |
| 37 | 锗 | | Ge | 吨 | >200 | 50—200 | <50 |
| 38 | 镓 | | Ga | 吨 | >2000 | 400—2000 | <400 |
| 39 | 铟 | | In | 吨 | >500 | 100—500 | <100 |
| 40 | 铪 | | Hf | 吨 | >500 | 100—500 | <100 |
| 41 | 铼 | | Re | 吨 | >50 | 5—50 | <5 |
| 42 | 铊 | | Tl | 吨 | >500 | 100—500 | <100 |
| 43 | 硒 | | Se | 吨 | >500 | 100—500 | <100 |
| 44 | 碲 | | Te | 吨 | >500 | 100—500 | <100 |
| 45 | 钪 | | Sc | 吨 | >10 | 2—10 | <2 |
| 46 | 石灰岩 | 熔剂灰岩 | 矿石 | 亿吨 | >0.5 | 0.1—0.5 | <0.1 |

（续2）

## 矿床规模划分标准参考资料

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 水泥灰岩 | 矿石 | 亿吨 | >0.8 | 0.15—0.8 | <0.15 |
| | 制碱灰岩 | 矿石 | 亿吨 | >0.5 | 0.1—0.5 | <0.1 |
| | 电石灰岩 | 矿石 | 亿吨 | >0.5 | 0.1—0.5 | <0.1 |
| 47 | 白云岩 | 矿石 | 亿吨 | >0.5 | 0.1—0.5 | <0.1 |
| 48 | 硅石　熔剂用硅石 | 矿石 | 万吨 | >2000 | 200—2000 | <200 |
| | 玻璃硅质原料 | 矿石 | 万吨 | >1000 | 200—1000 | <200 |
| 49 | 菱镁矿 | 矿石 | 亿吨 | >0.5 | 0.1—0.5 | <0.1 |
| 50 | 耐火粘土 | 矿石 | 万吨 | >1000 | 200—1000 | <200 |
| 51 | 萤石(不含伴生萤石) | $CaF_2$ | 万吨 | >100 | 20—100 | <20 |
| 52 | 蓝晶石类 | 矿物 | 万吨 | >200 | 50—200 | <50 |
| 53 | 铁矾土 | 矿石 | 万吨 | >1000 | 200—1000 | <200 |
| 54 | 铸型用粘土 | 矿石 | 万吨 | >1000 | 200—1000 | <200 |
| 55 | 铸型用砂 | 矿石 | 万吨 | >1000 | 100—1000 | <100 |
| 56 | 硫铁矿 | 矿石 | 万吨 | >1500 | 200—1500 | <200 |
| 57 | 自然硫 | S | 万吨 | >500 | 100—500 | <100 |
| 58 | 磷矿 | 矿石 | 万吨 | >5000 | 500—5000 | <500 |
| 59 | 钾盐　固态 | KCl | 万吨 | >1000 | 100—1000 | <100 |
| | 液态 | KCl | 万吨 | >5000 | 500—5000 | <500 |
| 60 | 钾长石 | 矿物 | 万吨 | >100 | 10—100 | <10 |
| 61 | 含钾岩石 | 矿石 | 亿吨 | >1 | 0.2—1 | <0.2 |
| 62 | 明矾石 | 矿物 | 万吨 | >1000 | 200—1000 | <200 |
| 63 | 化肥用蛇纹岩、橄榄岩 | 矿石 | 亿吨 | >1 | 0.1—1 | <0.1 |
| 64 | 芒硝 | $Na_2SO_4$ | 万吨 | >1000 | 100—1000 | <100 |
| | 钙芒硝 | $Na_2SO_4$ | 万吨 | >10000 | 1000-10000 | <1000 |
| 65 | 天然碱 | $Na_2CO_3 \cdot NaHCO_3$ | 万吨 | >1000 | 200—1000 | <200 |
| 66 | 钾盐 | $MgCl_2/MgSO_4$ | 万吨 | >5000 | 1000—5000 | <1000 |
| 67 | 钠盐 | NaCl | 亿吨 | >10 | 1—10 | <1 |
| 68 | 钠硝石 | $NaNO_3$ | 万吨 | >500 | 100—500 | <100 |
| 69 | 碘 | 碘 | 吨 | >5000 | 500—5000 | <500 |
| 70 | 溴 | 溴 | 吨 | >50000 | 5000-50000 | <5000 |
| 71 | 重晶石、毒重石 | 矿石 | 万吨 | >1000 | 200—1000 | <200 |

（续 3）

## 矿床规模划分标准参考资料

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 73 | 砷 | | As | 万吨 | >5 | 0.5—5 | <0.5 |
| 74 | 硼（内生硼矿） | | $B_2O_3$ | 万吨 | >50 | 10—50 | <10 |
| 75 | 云母 | | 工业原料云母 | 吨 | >1000 | 200—1000 | <200 |
| 76 | 石棉 | 超基性岩型蛇纹石石棉 | 矿物 | 万吨 | >500 | 50—500 | <50 |
| | | 典质碳酸盐型蛇纹石石棉 | 矿物 | 万吨 | >50 | 10—50 | <10 |
| 77 | 蓝石棉 | | 矿物 | 吨 | >1000 | 100—1000 | <100 |
| 78 | 金刚石 | 原生矿 | 矿物 | 万克拉 | >100 | 20—100 | <20 |
| | | 砂矿 | 矿物 | 万克拉 | >50 | 10—50 | <10 |
| 79 | 压电水晶 | | 单晶 | 吨 | >2 | 0.2—2 | <0.2 |
| 80 | 熔炼石英 | | 矿物 | 吨 | >100 | 10—100 | <10 |
| 81 | 光学水晶 | | 矿物 | 吨 | >0.5 | 0.05—0.5 | <0.05 |
| 82 | 工艺水晶 | | 矿物 | 吨 | >0.5 | 0.05—0.5 | <0.05 |
| 83 | 冰洲石 | | 矿物 | 吨 | >1 | 0.1—1 | <0.1 |
| 84 | 光学萤石 | | 矿物 | 吨 | >1 | 0.1—1 | <0.1 |
| 85 | 石墨 | 晶质 | 矿物 | 万吨 | >100 | 20—100 | <20 |
| | | 隐晶质 | 矿石 | 万吨 | >1000 | 100—1000 | <100 |
| 86 | 滑石 | | 矿石 | 万吨 | >500 | 100—500 | <100 |
| 87 | 石膏 | | 矿石 | 万吨 | >3000 | 1000—3000 | <1000 |
| 88 | 水泥混合材 | | 矿石 | 万吨 | >2000 | 300—2000 | <200 |
| 89 | 水泥粘土质原料 | | 矿石 | 万吨 | >2000 | 500—2000 | <500 |
| 90 | 高岭土 | | 粘土岩 | 万吨 | >500 | 100—500 | <100 |
| 91 | 砖瓦粘土 | | 矿石 | 万吨 | >2000 | 500—2000 | <500 |
| 92 | 膨润土 | | 矿石 | 万吨 | >5000 | 500—5000 | <500 |
| 93 | 硅藻土 | | 矿石 | 万吨 | >1000 | 200—1000 | <200 |
| 94 | 海泡石 | | 粘土岩 | 万吨 | >500 | 100—500 | <100 |
| 95 | 凹凸棒石 | | 粘土岩 | 万吨 | >500 | 100—500 | <100 |
| 96 | 叶腊石 | | 矿石 | 万吨 | >200 | 50—200 | <50 |
| 97 | 浮石 | | 矿石 | 万吨 | >300 | 50—300 | <50 |
| 98 | 沸石 | | 矿石 | 万吨 | >5000 | 500—5000 | <500 |
| 99 | 蛭石 | | 矿石 | 万吨 | >100 | 20—100 | <20 |
| 100 | 珍珠岩 | | 矿石 | 万吨 | >2000 | 500—2000 | <500 |

（续 4）

## 矿床规模划分标准参考资料

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 100 | 硅灰石 | 矿物 | 万吨 | >100 | 20—100 | <20 |
| 101 | 铸石(辉绿岩、玄武岩) | 矿石 | 万吨 | >1000 | 200—1000 | <200 |
| 102 | 建筑大理岩 | 矿石 | 万米$^3$ | >1000 | 200—1000 | <200 |
| 103 | 建筑石材、花岗石 | 矿石 | 万米$^3$ | >5000 | 1000—5000 | <1000 |
| 104 | 刚玉 | 矿物 | 万吨 | >1 | 0.1—1 | <0.1 |
| 105 | 石榴石 | 矿物 | 万吨 | >500 | 50—500 | <50 |
| 106 | 天然油石 | 矿石 | 万吨 | >100 | 10—100 | <10 |
| 107 | 供水水源地 | 允许开采量(米$^3$/日) | | >50000 | 10000—50000 | <10000 |
| 108 | 地热田 | 发电能量(千瓦) | | >50000 | 10000—50000 | <10000 |

注：①有些矿产是按有用组分(元素或矿物)或矿石量计算储量和划分规模的，还有些是按有用组分和矿石量两者同时计量的(详见矿产储量表)，这里只列出一种并据以划分矿床规模。

②关于小型矿床规模的下限和需否进一步划分小小型矿床及其规模尚待总结实践经验拟定。

# 附录Ⅳ

## 有关选矿常用指标及计算公式[6]

1. 矿石品位：矿石中所含金属重量与矿石重量之比（%）。

2. 原矿品位（$\alpha$）：原矿中所含金属重量与原矿重量之比（%）。进入选矿厂的原矿由矿石和开采中混入的废石组成，故原矿品位低于矿石（地质）品位。

3. 精矿品位（$\beta$）：精矿中所含金属重量与精矿重量之比（%）。

4. 尾矿品位（$\theta$）：尾矿中所含金属重量与尾矿重量之比（%）。

5. 选矿金属回收率（$\Sigma$）：精矿中金属重量与原矿中金属重量之比（%）。

（1）实际回收率：根据原矿和精矿数量与品位计算。

$$\text{实际回收率}\ (\Sigma)=\frac{\text{精矿重量}\times\text{精矿品位}}{\text{原矿重量}\times\text{原矿品位}}\times 100\%$$

$$=\frac{\theta_{\text{精}}\times\beta}{\theta_{\text{尾}}\times\alpha}\times 100\%$$

（2）理论回收率：用原矿、精矿、尾矿的化验品位计算。

$$\text{理论回收率}(\Sigma)=\frac{\text{精矿品位}\times(\text{原矿品位}-\text{尾矿品位})}{\text{原矿品位}\times(\text{精矿品位}-\text{尾矿品位})}\times 100\%$$

$$=\frac{\beta(\alpha-\theta)}{\alpha(\beta-\theta)}\times 100$$

理论回收率可用以校正实际回收率。一般它比实际回收率稍高一些。实际回收率与理论回收率相比，若低得过多，

超过2—3%，属于不正常，要查明原因。

（3）金属回收率

$$\text{金属回收率}(\Sigma) = \frac{\text{精矿产率} \times \text{精矿品位}}{\text{原矿品位}} \times 100\%$$

$$= \frac{\gamma_{精} \times \beta}{\alpha} \times 100\%$$

6。产率：产品重量占原矿重量的百分数。

$$\text{精矿产率}(\gamma_{精}) = \frac{\text{精矿重量}}{\text{原矿重量}} \times 100\%$$

$$\text{尾矿产率}(\gamma_{尾}) = (100 - \gamma_{精})\%$$

7。选矿比：原矿重量与精矿重量之比—即选出一吨精矿所需原矿吨数。

$$\text{选矿比} = \frac{Q_{原}}{Q_{精}} \text{（倍）}$$

8。富矿比：精矿品位与原矿品位之比。

$$\text{富矿比} = \frac{\beta}{\alpha} \text{（倍）}$$

9。破碎（磨矿）比：破碎（磨矿）给矿中最大块的直径与破碎（磨矿）产品中的最大块直径的比值。

10。筛分效率：实际筛下产品的重量与给矿中小于筛孔的物料重量的比值。表示筛分作业的效果。按下式计算：

$$E = \frac{10000\ (a - b)}{a\ (100 - b)}\ \%$$

式中：

E——筛分效率

a——原矿中小于筛孔尺寸的物料含量

b——筛上产品中残存的小于筛孔尺寸的小物料含量

11．磨矿机利用系数：磨矿机单位有效容积的小时产量。用吨原矿/台时·米$^3$表示。

12．过滤机利用系数：过滤机单位有效过滤面积的小时产量。用吨精矿/台时·米$^2$表示。

# 附录V

## 产品税税目税率表*

| 类别 | 税目 | 征税范围 | 税率(%) | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 十八矿产品类 | 178 煤 | 包括：原煤、洗煤、选煤 | 3 | |
| | 179 焦炭 | | 5 | |
| | 180 原油 | 包括：凝析油 | | |
| | 年产量在1000万吨以上的(含1000万吨) | | 15 | |
| | 年产量在500万吨(含500万吨) | | 12 | |
| | 年产量不足500万吨的 | | 5 | |
| | 181 人造原油 | 包括：油母页岩原油、煤炼原油及其他人造原油 | 5 | |
| | 182黑色金属矿采选产品 | 包括：铁 锰、铬矿石 | 3 | |
| | 183有色金属矿采选产品 | 包括：原矿和精选矿 | 3 | |
| | 184非金属矿采选产品 | 包括：滑石、白云石、云母、石墨、膨石、硼砂、雄黄、石膏、水晶、蛭石、石棉、金刚石、玛瑙、琥珀及各种宝石 | 8 | |
| | 185其他非金属矿采选产品 | 包括：大理石、花岗岩、石灰石、硫铁矿、硫磺矿 石英石、钾长石、镁石、蛇纹石 | 5 | |

*据《产品税条例(草案)》

# 附录 Ⅵ

## 人民币对主要外币汇价（86.11.28）

| 外币名称 | 外币单位 | 买价(人民币元) | 卖价（人民币元） |
|---|---|---|---|
| 美　　元 | 100 | 371.28 | 373.14 |
| 英　　镑 | 100 | 531.31 | 533.97 |
| 西德马克 | 100 | 186.88 | 187.82 |
| 日　　元 | 100.000 | 2276.39 | 2287.81 |
| 法国法郎 | 100 | 57.05 | 57.33 |
| 瑞士法郎 | 100 | 224.50 | 225.62 |
| 港　　元 | 100 | 47.56 | 47.80 |
| 加拿大元 | 100 | 268.07 | 269.41 |
| 意大利里拉 | 10.000 | 26.96 | 27.10 |
| 澳大利亚元 | 100 | — | — |
| 瑞典克朗 | 100 | 53.52 | 53.78 |
| 贸易比利时法朗 | 10.000 | 898.77 | 903.27 |
| 荷 兰 盾 | 100 | 164.00 | 164.82 |
| 挪威克朗 | 100 | 49.08 | 49.32 |
| 奥地利先令 | 100 | 27.17 | 27.31 |
| 丹麦克朗 | 100 | 49.47 | 49.71 |
| 新加坡元 | 100 | 169.32 | 170.16 |
| 芬兰马克 | 100 | 74.46 | 74.84 |
| 非洲斯坦卢比 | 100 | 21.65 | 21.75 |
| 伊朗里亚尔 | 10.000 | 518.50 | 521.10 |

（据冶金部情报研究总所，1986.12.20）