

高等学校教学用书

采矿概论

冶金工业出版社

高等学校教学用书

采 矿 概 论

中南矿冶学院 李德成 主编

*

冶金工业出版社出版

(北京北河沿大街斋院北巷39号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

850 × 1168 1/32 印张 7 1/4 字数 186 千字

1985年11月第一版 1985年11月第一次印刷

印数00,001~8,400册

统一书号: 15062 • 4315 定价1.70元

前 言

本教材是根据冶金高等院校教材编写、出版五年（1984～1988年）规划编写的。全书共四篇十四章，内容包括矿山地质、金属矿床地下开采、金属矿床露天开采、矿山环境保护等基本知识。本书作为高等院校矿冶类专业和企业管理工程等专业的教学用书，还可供矿山工人、干部和非采矿专业技术人员参考。

本教材由中南矿冶学院李德成主编、邹佩麟参加编写，其中第五、六两章由李德成编写，第一～四及七～十四等十二章由邹佩麟编写；该书的主审由曾耀担任。

本教材初稿完成后，中南矿冶学院的黄存绍同志曾作过全面审阅；在编写过程中，古德生、孙盛湘、王惠英、黎佩琨、王妙钦、杨华保等同志提了许多建设性意见。江西冶金学院涂长根、华东地质学院李中郎、中南矿冶学院陈遵、欧阳年开、杨殿等同志参加了本教材的会审，并提出了宝贵的修改意见。特在此表示衷心的感谢。

由于我们经验不足，水平有限，而且各专业对采矿的教学要求不尽一致，书中难免存在错误和不足，对此恳请读者给予批评指正。

编者

1984.6

目 录

第一篇 地质	1
第一章 矿山地质常识	1
第一节 地质作用与地质构造	1
第二节 矿物、岩石及矿床	5
第三节 金属矿床	7
第四节 金属矿床工业特性	8
第二章 矿床勘探	13
第一节 找矿	13
第二节 矿床勘探	15
第三节 生产探矿和地质管理	15
第二篇 金属矿床地下开采	17
第三章 凿岩爆破	17
第一节 凿岩	17
第二节 爆破	24
第四章 井巷掘进	32
第一节 水平巷道掘进	32
第二节 天井掘进	38
第三节 竖井掘进	41
第四节 斜井掘进	45
第五章 金属矿床地下开采的基本原则及开拓	46
第一节 开采单元划分及开采顺序	46
第二节 矿床开采步骤及三级储量	50
第三节 矿石的损失、贫化和矿山年产量	52
第四节 轨道线路的弯曲与联接	53
第五节 井底车场	61
第六节 矿床开拓	66
第六章 采矿方法	74
第一节 概述	74

第二节	空场采矿法	75
第三节	充填采矿法	90
第四节	崩落采矿法	98
第五节	矿柱回采与空区处理	113
第七章	矿山运输与提升	116
第一节	矿山运输	116
第二节	矿井提升	121
第八章	矿井通风、排水和压缩空气供应	126
第一节	矿井通风	126
第二节	矿井的防水和排水	131
第三节	压缩空气供应	134
第三篇	金属矿床露天开采	136
第九章	露天开采的基本概念	136
第一节	概述	136
第二节	露天开采名词术语	139
第三节	露天开采的一般程序	141
第十章	露天矿生产工艺过程	143
第一节	穿孔爆破工作	143
第二节	采装工作	151
第三节	运输工作	158
第四节	排土工作	167
第十一章	露天矿床开拓	171
第一节	铁路运输开拓	172
第二节	公路运输开拓	179
第三节	其他开拓方法	183
第四节	掘沟工程	189
第五节	露天开采境界的确定	192
第十二章	砂矿床露天开采	196
第一节	水力机械化开采	196
第二节	采砂船开采	201
第四篇	细菌化学采矿及矿山环境保护	207
第十三章	细菌化学采矿	207

第一节	细菌化学采矿原理.....	207
第二节	浸取方法.....	208
第十四章	矿山环境保护.....	213
第一节	矿尘的危害及其治理.....	213
第二节	柴油机废气的危害与治理.....	216
第三节	污水处理.....	217
第四节	土地复原.....	219

第一篇 地 质

第一章 矿山地质常识

第一节 地质作用与地质构造

一、地质作用

地球的年龄大约已经有45亿岁了，根据计算，有可靠记录的地壳的年龄在38亿年左右。在这漫长的岁月里，地球处在永恒的、不断的变化中。今天看到的地球，只是它全部运动和发展过程中的一个阶段；就地壳而言，也不过是代表其整个演变过程的一些片断。因此，不论是地球的物质成分、内部结构和表面形态等，都在不断变化。引起这种改变的作用，就叫做地质作用。

地质作用可以引起矿物、岩石、矿床的产生和破坏，可以引起地壳海陆分布的变迁，可以酿成巨大的灾害。地质作用有的进行得很急骤，人们可以直接察觉得到，如火山喷发、地震、山崩、山洪暴发等；但大多数进行得很缓慢，在短暂的人生中很难直接观察到，如大陆下沉、海岸上升等。

自然界的改变，主要是由自然界内部的矛盾所引起的。地质作用按其自然力的来源不同，可以分为内力地质作用（内力作用）和外力地质作用（外力作用）两种。

1. 内力作用

内力作用的能源主要是地球内能（如放射能等）。它使地壳隆起成山岳、凹陷成盆地，总的趋势是使地面产生起伏不平。内力作用包括如下几种类型：

1) 地壳运动 引起地壳的组成物质发生变位的作用叫地壳运动。包括升降运动和水平运动两种类型，前者如西沙群岛珊瑚礁出露水面，后者如北京西山的形成。

2) 岩浆作用 岩浆是一种形成于较深处、成分十分复杂的炽热的硅酸盐熔融体。岩浆向地壳薄弱处活动，并冷凝成岩浆岩的过程，叫做岩浆作用。可分为侵入作用和喷出作用两种，前者指岩浆未达到地面即冷却凝成火成岩，后者指岩浆喷出地表冷凝成喷出岩。

3) 变质作用 已成的岩石，因受地下的高温、高压或岩浆上升等的影响，促使岩石在固体状态下，发生化学成分、矿物成分、结构、构造等的变化而形成变质岩的过程，叫做变质作用。

4) 地震 即地壳的震动。按成因有火山地震、构造地震及地表岩石塌陷引起的地震。

2. 外力作用

外力作用的能源主要是太阳的辐射热。由于日光的照射，引起大气圈、水圈、生物圈的运动变化，造成风、流水、海洋、生物等地质作用。这些作用包括风化作用、剥蚀作用、搬运作用、沉积作用和成岩作用等，总的趋势为削高补低，使地表变得比较平坦。

1) 风化作用 由于大气、水和生物等的影响，使地壳表层的矿物和岩石受到破坏的一种作用，叫做风化作用，通常分为物理风化作用、化学风化作用和生物风化作用。物理风化作用是指矿物和岩石只发生机械破坏，没有发生化学成分的变化；化学风化作用是指矿物和岩石经过化学作用，使化学成分发生显著的变化；生物风化作用是指矿物和岩石受生物的影响，而发生破碎和分解，如植物的根伸入岩石裂隙使之扩大崩裂或生物遗骸分解出有机酸的侵蚀，使矿物和岩石分解等。

2) 剥蚀作用 矿物或岩石通过风、地表水流、地下水、湖海波浪等的破坏，并使破坏产物剥离母体的作用。

3) 搬运作用 矿物、岩石遭风化剥蚀后，被风、河流、地下水、海洋等搬运到其他地方的作用。

4) 沉积作用 被搬运的物质，当搬运的力量已不能继续把它带走时，堆积在适当地方的作用。按其沉积方式不同，可分机

械沉积、化学沉积和生物沉积三种。

5) 成岩作用 使松散的沉积物经过压紧、胶结等作用而变成沉积岩的过程。

二、地质构造

沉积岩层的原始状态应该是水平的，连续的。由于受到地壳运动的影响，在自然界中所看到的许多沉积岩，发生了倾斜、弯曲和断裂等。这些现象统称地质构造，其基本形式有褶皱和断裂两种。

1. 褶皱

褶皱是一种岩层连续性没有遭到破坏的变动，即岩层的波状弯曲现象，如图 1-1 所示。

褶曲是褶皱岩层的一个弯曲，即褶皱构造的基本单位。它有两种基本形态，即背斜褶曲和向斜褶曲。



图 1-1 褶皱类型示意图

褶皱岩层弯曲的中心部分叫核，核部两侧的岩层叫翼，褶曲的理想中心面叫轴面。背斜褶曲的特点是两翼岩层的倾向相背，核部为老岩层，两侧为新岩层；向斜褶曲的特点是两翼岩层的倾向相向，核部为新岩层，两侧为老岩层。

2. 断裂

岩层受力后，除了形成褶皱构造外，常常产生裂隙或沿裂隙发生错动，使岩层的连续性遭到破坏，这种构造称为断裂构造。断裂构造的基本形态有节理和断层两种。

1) 节理 即岩层的裂隙。在岩层裂隙的两边没有发生显著的错动。如果岩层的节理发育，即意味着岩层裂隙很多。

2) 断层 是指岩层的连续性受到破坏，并发生了相对位移的变动。岩层相对滑动的断裂面叫断层面，位于倾斜的断层面之上的岩层叫上盘，位于断层面之下的岩层叫下盘。

根据断层面两侧岩层相对错动的情况，可将断层分为正断层、逆断层和平移断层。图1-2a为正断层，其上盘相对下降或下盘相对上升，断块自上而下沿着重力方向运动，多为张力所形成。图1-2b为逆断层，是指上盘相对上升或下盘相对下降的断

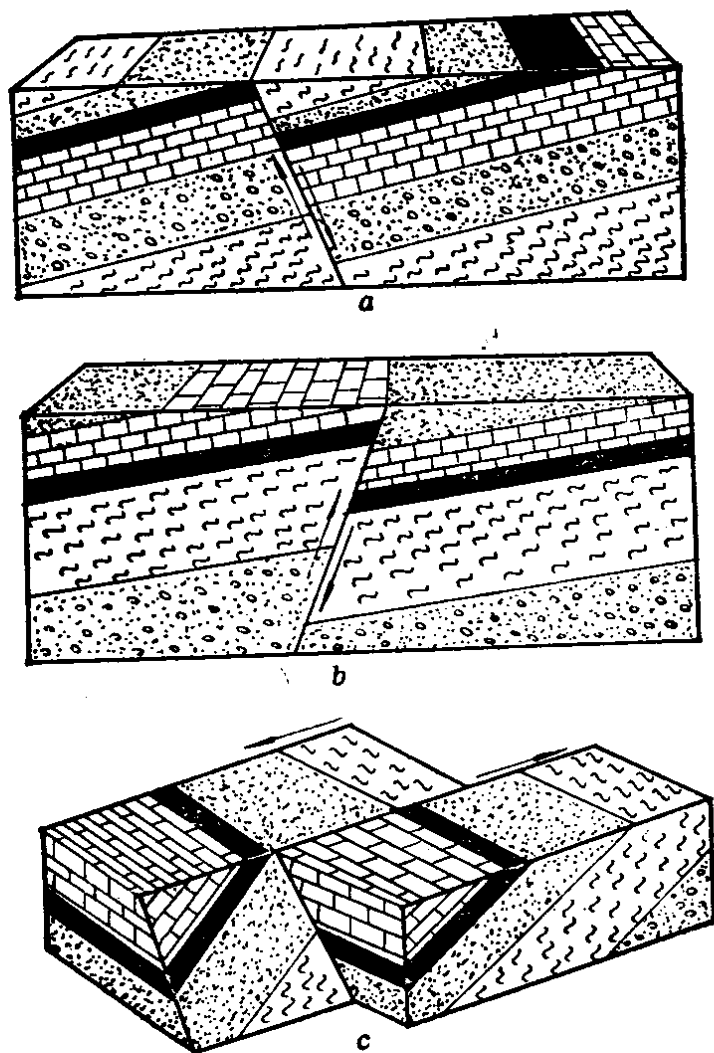


图 1-2 断层示意图

a—正断层；b—逆断层；c—平移断层

层，断块自下而上运动，是由压力所形成。图1-2c为平移断层，其特征是两盘只作水平位移，垂直升降不明显，这是在地壳水平运动影响下，岩层各部分受力不均所致。

3. 岩层产状

地壳运动改变了沉积岩层最初生成时的水平状态，为了描述岩层的产出状态（即岩层产状），经常用走向、倾向和倾角来表示。

图 1-3 为岩层（矿层）产状要素。

1) 走向 是指岩层面与水平面交线的方向。

2) 倾向 是指岩层垂直于走向的倾斜方向，即向下延伸的方向。

3) 倾角 是指岩层面与水平面的夹角。

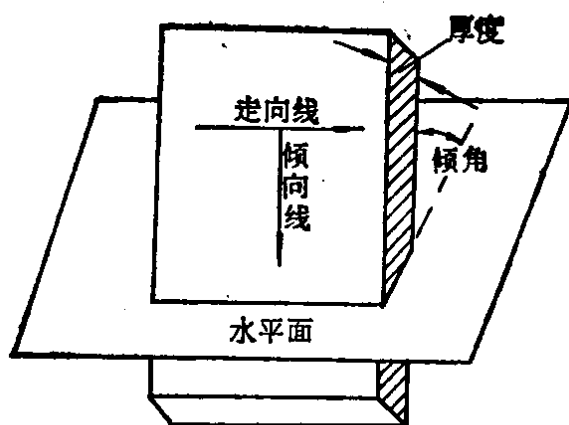


图 1-3 岩层（矿层）产状要素

第二节 矿物、岩石及矿床

一、矿物

矿物是由一种或数种化学元素在地质作用中形成的自然产物，具有一定的形态和一定的物理化学性质。矿物的绝大多数是固态，但也有液态（如石油、盐溶液）和气态（如天然瓦斯）。目前自然界中已知的矿物约有3000多种，能被工农业利用的约200多种，比较重要的大概有100多种，其中最常见的矿物有黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、磁铁矿、赤铁矿、石英、长石、云母、方解石等。

二、岩石

构成地壳的物质统称岩石，由一种或多种矿物所组成。按其成因可分为三大类：

1. 岩浆岩 它是由地球深部上升的熔融体—岩浆冷却凝结而成的岩石，也叫火成岩，组成它的主要矿物有石英、长石、云母、角闪石、辉石和橄榄石等。由于岩浆的成分和所处冷凝条件不同，所生成的岩浆岩的构造和结构也各异。常见的岩浆岩有花岗岩、闪长岩等。这类岩石通常呈块状产出，岩体中不含有机物。

2. 沉积岩 它是其他岩石被破坏后所生成的碎屑，由风力、水力搬运堆积而成，或者由溶解于水中的物质沉淀而成，或

者由动、植物的遗骸堆集分化而成。常见的沉积岩有砾岩、砂岩、页岩和石灰岩等。这类岩石通常呈层状产出，所以也叫成层岩。在沉积岩中一般可以找到或多或少的化石（古代生物在岩层中留下的痕迹）。

3. 变质岩 它是各种岩石在地壳运动所产生的高温、高压作用下，使原来的组织构造重新改变而生成的岩石，如片麻岩、片岩、大理岩、矽卡岩等。这类岩石最大的特征是多数具有片理状构造。

三、矿石、矿体和矿床

1. 矿石 是指在目前技术经济条件下，在质和量方面均能满足国民经济要求的矿物集合体。从中能提取金属的矿石叫金属矿石，如铁矿石、铜矿石等；从中能提取非金属元素、矿物或直接利用的矿石叫非金属矿石，如磷矿石、石棉、云母、石灰石等。矿物中有用成分（元素或矿物）的重量与矿石的重量比，叫做矿石品位，一般金属常用百分数（%）来表示，贵重金属如金、铂等则用克/吨来表示。

2. 矿体 是指合乎一定质量和数量的矿石天然集合体。矿体周围的岩石叫围岩，位于矿体上部的称上盘围岩或顶盘围岩，在矿体下部的称下盘围岩或底盘围岩，夹在矿体中间的称夹石或夹层。这些围岩和夹石，一般统称废石。

3. 矿床 是指按地貌特征圈定的区域内的矿体的总称，由一个或若干个矿体组成。在目前技术经济条件下，符合开采和利用要求的矿床叫工业矿床，反之叫非工业矿床。

矿石和废石、工业矿床和非工业矿床的概念是相对的，与一个国家的社会制度、发展国民经济的路线和政策、科学技术水平、已经掌握的资源情况和需要等，有着密切的关系。例如由于大力开展综合利用、综合回收，不少过去被丢弃的废石（尤其是一些含稀有、稀土元素的矿物），得到了利用，变成了矿石；一些一度被认为是非工业矿床的，已被人们开采，变成了工业矿床。

第三节 金属矿床

按生成的原因不同，金属矿床可分为内生矿床、外生矿床和变质矿床三大类。

一、内生矿床

内生矿床是与岩浆侵入体有关的矿床。根据岩浆结晶过程的不同阶段，即岩浆阶段、残余岩浆阶段和岩浆期后阶段，通常分为岩浆矿床、伟晶岩矿床和气成—热液矿床三种。

1. 岩浆矿床

岩浆矿床是指岩浆冷凝结晶成为岩浆岩阶段内所形成的矿床。这种矿床的主要矿产，有铬铁矿、含钒钛的磁铁矿、含铜镍的硫化矿物、含铂族元素等的金属矿床，和金刚石、刚玉等非金属矿床。

2. 伟晶岩矿床（残余岩浆矿床）

岩浆经过结晶阶段后，温度下降到800—500℃之间，其中的硅酸盐成分绝大部分已形成各种岩浆岩。此时岩浆中的硅酸盐成分比原来岩浆大为减少，而挥发性成分（如水蒸汽、二氧化碳、硫、氟、氯、硼等）则相对的大大集中，并富集了许多金属物质，使岩浆的性质发生了变化，即所谓残余岩浆。当它进一步冷却时，由于其挥发性成分增多，降低了粘度，增强了活泼性和流动性，凝固温度也大为降低，延长了凝固时间，使其中的各种矿物有条件缓慢地结晶，形成一种矿物结晶粗大的岩石叫伟晶岩。若其中含有相当数量的有用矿物就叫做伟晶岩矿床，或叫残余岩浆矿床。这类矿床的主要矿产有铍、锂、铌、钽、铀等，还有云母、长石、石英等非金属矿物。

3. 气成—热液矿床（岩浆期后矿床）

岩浆经历了上述两个阶段后，绝大部分都已先后形成各种岩浆岩及有关矿产，剩下的是一种富含挥发性成分和各种金属物质的气水溶液。这种溶液粘度更小，流动性和活泼性更大，在各种适合的条件下，便在侵入体和围岩的各个部位，主要是在已有的

裂缝中充填或交代，形成各种矿床。例如含矿的气水溶液进入接触带，若遇到化学活泼性大的围岩时，很容易进行化学作用，并置换其中一部分围岩，形成所谓的接触交代矿床；或者这些气水溶液侵入的围岩是非活泼性的，将沿着裂隙空间进行充填而成热液矿床。

岩浆期后矿床的矿产十分丰富，在国民经济中占有极重要的地位。如绝大多数的有色金属（如铜、铅、锌、钨、锡、钼、铋、汞）、稀有金属（如铌、锆、镓、铟、镉）、大部分的铀矿床及部分铁、镍、钴原料和许多非金属矿产（硫、石棉、重晶石、萤石、水晶等），都是来自岩浆期后矿床。

二、外生矿床

外生矿床是地壳表层的岩石，受风化和剥蚀作用而破碎，其中易溶物质被流水带走，而部分胶结物质或碎屑残留下来，相对富集。如果残留下来的是有用矿物，即形成风化矿床，如锡、金、铂等的残积砂矿床和铁锰的风化残余矿床。当被地表水流带走的易溶物质、胶结物质和微小的碎屑物质，由于水的流动变缓或者在别的有利地质沉积环境下，沿湖、海、盆地聚集，则形成各种金属和非金属的沉积矿床，如有很大工业价值的铁、锰、铝、磷、盐类、石灰石、粘土等矿床。

三、变质矿床

变质矿床是受变质作用形成的矿床。例如原来没有经济价值的矿床，经过变质作用，使其中有用成分得到富集，而形成有经济价值的矿床。我国著名的鞍山式铁矿，就属于这类矿床。这种变质铁矿床，是铁矿资源的主要来源，占世界铁矿石总储量的一半左右。又如石灰岩经变质作用后成为大理岩，也是变质矿床。

第四节 金属矿床工业特性

一、矿体的埋藏要素及矿体的形状

在矿床开采中，影响开采工作最大的，是矿体的形状、尺寸和埋藏特性，也就是矿体在地层中所占的空间位置和形态。

1. 矿体的埋藏要素

矿体埋藏的空间位置和状态，可以用走向长度、倾角和厚度来表示。

1) 走向长度 矿体的走向长度，一般在各个不同水平上有所变化。因此应该指出矿体的平均走向长度和各主要水平的走向长度及其变化规律。

2) 厚度 矿体厚度通常用矿体上下盘之间的垂直距离来表示，叫做垂直厚度或真厚度；但开采急倾斜矿体时，往往用水平距离来表示，叫水平厚度或假厚度，如图1-4。

矿体的厚度在走向上或倾斜上都可能有变化，有时甚至有分枝、复合、胀大、缩小和尖灭。按开采技术条件，可将矿体厚度分为五类：

极薄矿体——厚度小于0.7~0.8米；

薄矿体——厚度为0.8~2米；

中厚矿体——厚度为2~5米；

厚矿体——厚度为5~20米；

极厚矿体——厚度在20米以上。

3) 倾角 矿体倾角在 0° ~ 90° 范围内变化，按开采时矿石运搬的技术条件，可划分为以下四类：

水平矿体——倾角 0° ~ 3° ；

缓倾斜矿体——倾角 3° ~ 30° ；

倾斜矿体——倾角 30° 至 45° ~ 55° ；

急倾斜矿体——倾角在 45° ~ 55° 以上。

4) 延深 是指矿体在深度上的分布情况，如图1-5，可采用埋藏深度和赋存深度来表示。前者是指地表至矿体上部界限的深度；后者是指矿体上部界限至下部界限的垂直距离或倾斜距离，即所谓的垂高和斜高。

2. 矿体的形状

金属矿床，特别是内生矿床，矿体形状比较复杂；只有沉积矿床的矿体比较简单。矿体形状，大体可分为层状、脉状、透镜

状、网脉状及巢状等，如图1-6。

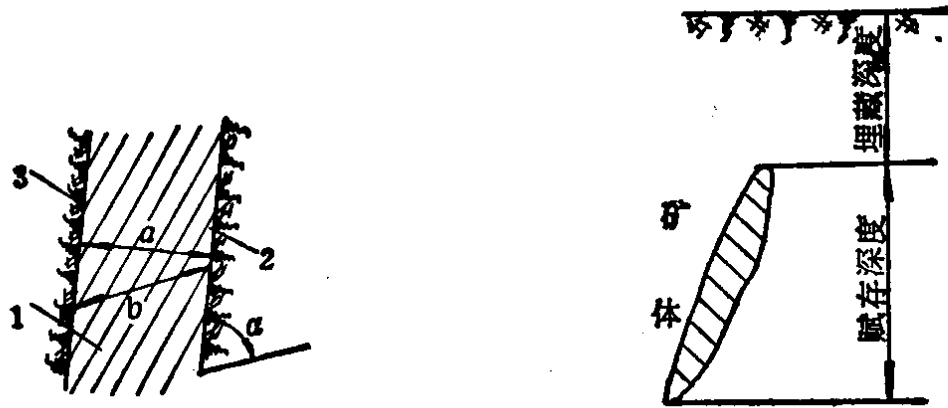


图 1-4 矿体的垂直厚度和水平厚度 图 1-5 矿体埋藏深度和赋存深度
1—矿体；2—矿体下盘；3—矿体上盘
a—垂直厚度；b—水平厚度

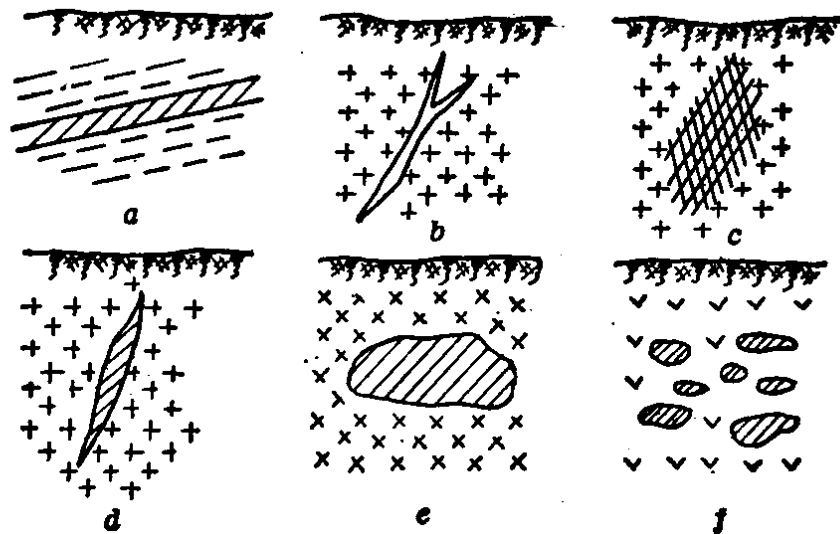


图 1-6 矿体形状
a—层状矿体；b—脉状矿体；c—网状矿体；d—透镜状矿体；e—
块状矿体；f—巢状矿体

二、矿石和围岩的工业特性

在矿床开采过程中，主要是和矿石、岩石打交道。一方面为了完成生产任务，需要采用种种方法，把岩石和矿石从整体中破碎下来；另一方面为了保证安全，需要使用各种方法支护岩体和矿体，防止其破裂崩塌。实践证明，矿石和岩石的稳固和坚固程度是很不一致的，有些容易破碎和崩塌，有些则相反。

矿石和岩石的稳固和坚固程度，主要取决于它们本身的组织

和构造，并由此而产生的各种物理机械性质。这些工业特性，不但对正确地选择穿孔爆破方法、采掘支护方法、机械设备、生产工具、技术措施等起着重大影响，而且直接影响劳动生产率、生产经济效果和安全。

矿石和岩石的物理机械性质包括硬度，抗压、抗张和抗弯强度，韧性，脆性，磨蚀性，密度和容重，孔隙度，透水性，松散性，穿孔性和爆破性等等。所有这些特性，基本上集中表现为在穿孔爆破方面的岩石坚固性，和矿山支护方面的岩石稳固性。

1. 岩石的坚固性

岩石的坚固性是一种抵抗外力的性能。但它抵抗的外力是一种综合外力，即机械破碎、炸药爆炸等作用下的力。

岩石坚固性的大小，目前国内常用坚固性系数（ f ）来表示。岩石坚固性系数，就是矿岩的单向极限抗压强度 R 除以100，即

$$f = \frac{R}{100}$$

常见的矿岩坚固性系数介于1~20之间，坚固性愈大的矿岩，其坚固性系数就愈大，反之则小。例如特别坚固的石英岩、玄武岩，其极限抗压强度高达2000公斤/厘米²，故其坚固性系数 $f=20$ ；而不坚固的页岩、致密的泥灰岩的极限抗压强度300公斤/厘米²，故其坚固性系数 $f=3$ 。

2. 岩石的稳固性

岩石的稳固性，是指矿石和围岩在一定暴露面的条件下，垮不垮的性质。影响稳固性的因素很多，除地质构造破坏的程度和水文地质条件外，暴露面的形状和大小、暴露时间长短、支护方法等也有极大的关系。

为了正确确定地下采矿方法和采空区的支护方法，矿岩稳固性一般按大小分为五级：

极不稳固的——没有支架或超前支架的支护，顶板和侧帮都不能有暴露面；