

# 第七章 矿产质量研究和取样

## 第一节 矿产质量研究

### 一、矿产质量的基本概念

**矿产质量** 一般是指决定矿产能够满足社会生产要求的那种性质。也就是说，矿产质量是指决定矿产在国民经济中的工业价值、利用可能性和途径的那些特征的总和。一般常指满足当前采、选矿加工利用有优劣程度或能力。



## 矿产质量的概念具有相对性

矿产质量直接决定于国民经济对该矿种的需求，如果工业生产对某种矿产的需求越高。而该矿种满足这种需求性的可能性越低，则这种矿产较差的较差品级也将投入生产。此外，矿产质量概念还取决于技术进步（包括矿石的加工工艺和矿产的直接应用条件。随着采选冶技术的进步，以前不能利用的矿产现在可以利用，目前暂不能利用的矿产，将来可能被利用。

## 二、矿产质量的主要影响因素

影响矿产质量的因素很多，一般主要是矿石的化学成分及其含量特征、矿石矿物成分及其含量特征、矿石的结构、构造特征、以及矿石物理技术工艺特征等。



## 二、矿产质量的主要影响因素

矿产质量的好坏直接取决于矿石中**有用组分**或**有用矿物的种类及其含量**、**有害杂质的种类及其含量**和**伴生有益组分和有害杂质的赋存状态**。反映矿产有用组分的常用指标是**品位**，因矿种而异分别采用质量百分数（ $w_B\%$ ）、克每/吨（ $g/t$ ）、克每立方米（ $g/m^3$ ）来表示。

### 三、矿产质量的主要研究内容

根据影响矿产质量的因素。可将固体矿产分为利用化学组分的矿产、利用矿物及其性能的矿产以及利用化学组成和矿物性能的矿产三类。矿产质量研究的内容主要应包括以下几个方面。

## （一）矿石中 useful 及有害组分含量、赋存状态与分布规律

利用化学组分的矿产，如大部分金属矿产（黑色金属、有色金属、贵金属、稀有金属）和部分非金属矿产（盐、萤石、磷灰石等），工业利用时主要是从中**提取某种元素或化合物**，故矿产质量的好坏直接取决于矿石中**主要有用化学成分（或矿物成分）、伴生有益组分和有害杂质及其含量**，以及它们的**赋存状态**。

对于质量取决于矿石中物质成分的这类矿产的质量研究，其中的**化学组分及其含量**的研究往往格外重要。不仅要研究**主要组分**、还要研究**伴生组分**；既要研究**有益组分**，又要研究**有害组分**；除了查明组分的种类和含量，还要确定组分的**赋存状态**及分布变化规律。

反映矿产有用组分的常用指标是**品位**，主要有用组分的品位是划分**矿石工业品级**的依据，是评价矿产质量的主要指标之一。

有用组分的**赋存状态**对矿产质量的影响至关重要，对于金属矿床来说，通常只有当该金属元素成为有工业价值的**矿物形式**存在时，才具有工业价值。如铁矿床，自然界中已知含铁矿物有300多种，其中有工业价值的矿物仅4种，即**磁铁矿、赤铁矿、菱铁矿和褐铁矿**。

## （二）矿石中矿物组分、含量、共生组合及分布

**利用矿物及其性能的矿产：**大部分非金属矿产，工业上不是利用矿石中的某种有用化学成分，而是利用其中的某种**有用矿物，利用其性能**。故决定其质量的是不是矿石中某种有用组分和有害杂质的高低，而是其中有用的非金属矿物的含量多少和它们的某些技术或物理性能（如**金刚石的硬度、水晶的压电效应，云母的晶体大小、剥分性和绝缘性，石棉的纤维长度、抗热、耐酸和绝缘性等**）。

## （二）矿石中矿物组分、含量、共生组合及分布

研究矿石的矿物成分、共生组合、矿物的世代和生成顺序及矿物的次生变化。既要研究金属矿物，又要研究非金属矿物；既要研究原生矿物，也要研究次生矿物。

## （二）矿石中矿物组分、含量、共生组合及分布

测定矿石中各矿物组分的含量，以便预测分选后各类精矿及尾矿的大致矿物产出率，以便指导选、冶实验。对于很多非金属矿产（如云母、石棉、金刚石、宝石等）、只查明有用矿物的总含量还不够，还必须测定出各品级、各标号有用矿物的含量。因为不同品级和标号的有用矿物，不仅用途不同，而且价格相差几倍、几十倍，甚至几百倍以上。

### （三）矿石结构、构造及矿物嵌布特征

矿石的矿物成分和结构制约着**选矿方法**的选择，**有用矿物颗粒及其集合体的大小**决定着矿石在选矿过程的**粉碎程度**，而有用矿物的结构特征还影响着采样方法以及矿石加工实验方法的选择。

### （三）矿石结构、构造及矿物嵌布特征

矿石结构制约着**选矿方法和工艺流程**的选择。有用矿物颗粒和集合体的大小决定着矿石在选矿过程中的破碎程度，同时也影响着采样方法和矿石加工实验方法的选择。在矿石碎矿、磨矿工艺中矿物单体**解离**的难易程度，主要取决于矿物之间的嵌布特征（性）和连生矿物间的镶嵌关系。

研究矿石结构的**非均质性**同样也十分重要。往往矿石结构的非均质性（如带状结构或质量变化）决定了有将整个矿石划分成不同**自然类型及工业品级**的必要。

## （四）矿石的技术物理性质

矿石的技术物理性质的研究是为了查明矿石和近矿围岩的物理机械性质，如矿石的体重、松散系数、抗压强度、裂隙度、硬度脆性、磁性和电性等，为矿产资源/储量估算、矿床评价、矿山建设设计和开采提供必要的技术参数和资料。

矿石（物）的某些技术物理性质对确定开采方法、矿石加工和选矿方法都有重要的意义。如果矿石的技术物理性质研究不准确，最重将导致估算总储量的误差或矿山设计的失误。

## （五）矿石工艺性质研究

矿石的工艺性质是指矿石的加工工艺性能，即矿石的**可选性及可冶炼性能**。矿石的工艺性质由矿产全部质量指标决定的，其中除了有用组分品位和有害杂质含量外，最有意义的还有矿产中**矿物成分和含量**，各种矿物中有用组分和有害杂质的分布情况，有用矿物的**形态和大小**、矿石的**结构和构造**，矿石及其中有用矿物的物理技术特性，围岩及脉石的**化学成分和矿物成分**等。

## （五）矿石工艺性质研究

矿石的工艺性能研究的目的 是要评定矿石是否可以作为工业原料，矿床是否具有工业价值，确定既有效又经济可行的**选冶方法和工艺流程**，为矿山开发的可行性提供依据。

## 第二节 矿产取样

**矿产取样** 是从**矿体或近矿围岩**中采集部分矿石或岩石样品，并应用各种现代测试手段进行加工、鉴定、测试、分析、试验，以及对结果进行分析、整理和研究的整个过程。其主要目的是**查明矿产的质量、矿石和围岩的物理和化学性质、矿石的加工技术性能、矿床开采技术条件等**，为**矿床评价、储量估算以及有关的地质、采矿、选冶和矿产综合利用等方面的问题的解决**提供必要的资料依据。

## 第二节 矿产取样

**矿产取样** 不但是目前研究矿产质量最基本、最常用、最成熟和最有效的方法，也是矿产勘查中一项十分重要的基本作业，在矿产勘查的各个阶段都要进行。

取样的**核心问题就是样品的代表性**。所谓代表性，就是通过取样所查明的有关地质和矿产情况与实际特征的差异程度。

影响取样代表性的因素很多，主要有**矿体中有用组分分布的均匀程度、采样的规格、方法和数量以及样品的分布及抽样方式等**。

# 采样的基本原则

**完整性原则** 即包括研究各种必需的岩石和矿石。采样应在整个矿体厚度上连续进行，而且必须向围岩延伸一定的距离。对没有明显地质边界的矿体要在整个探矿工程上取样；

**均匀性原则** 即样品应按一定的网格等距采取，且采样网应始终保持一致。样品应尽量沿矿化变化最大的方向采取，且方向应该一致，或者是按真厚度，或者是按水平的或垂直的方向。

**分别性原则** 即各种自然矿石和矿化岩石应用分段法分别单独采取。

# 一、矿产的采样种类

不同矿产其质量研究内容不同，取样目的各异，按取样的目的可将矿产取样分为化学取样、矿物取样、物理取样和工艺取样。

# 1. 化学取样

**全称化学分析取样**，通过对样品进行化学分析，测定矿石中化学成分及其含量，确定矿石质量、矿体与夹石、围岩界线，进而圈定矿体，核算主要及伴生有用组分的平均含量，**研究各组分间的关系及空间变化规律**，估算矿产储量，划分矿石类型和工业品级，检验矿山生产活动中矿石的损失、贫化和质量变化等。同时为研究矿床成因、评定矿床工业价值及解决矿山开采加工等方面问题提供依据。

## 2. 矿物取样

矿物取样又称**岩矿鉴定取样**，通过对矿石及岩石（近矿围岩）进行矿物学、岩相学及岩石学的研究，以查明矿石及围岩的矿物成分和含量、共生组合、结构构造特点、矿物粒级和嵌布特征、矿物化学成分及次生变化等。用来确定**岩石类型、矿石自然类型、有用元素赋存状态、矿石加工技术性能、综合利用可能性、概略估计矿产质量**、以及解决矿床成因及其他一些地质问题。

### 3. 物理取样

物理取样又称技术取样。通过测定矿石和近矿围岩的物理机械性质（如矿石体重、湿度、松散度、块度、坚固性、抗压强度、孔隙度、裂隙度等），了解其物理性质和加工技术性能，为矿产储量估算、矿山建设设计和开采提供必要的技术参数和资料。

对于某些非金属矿产（石棉、水晶、云母等），通过测定其物理技术性质、确定矿产质量、划分品级和确定工业用途，评定矿床价值。

## 4. 工艺取样

工艺取样也称加工技术取样，通过矿石工艺性质和选冶实验研究，确定矿石的选矿、冶炼性能和加工技术条件。为制定矿石的加工方法、选冶生产工艺流程、最佳生产技术经济指标，以及为矿床技术经济评价、建矿可行性研究和矿山企业设计提供必要资料。

## 二、样品的采集方法

由于样品是在探矿工程中采取的，根据探矿工程种类的不同，样品的采集方法可分为坑探采样和钻探取样两大类。

## （一） 坑探工程的采样方法

在坑探工程，矿体的人工揭露面较大，所以常有的采样方法较多，主要包括刻槽法、剥层法、全巷法、刻线法、方格法、攫取法和打眼法等。

# 1. 刻槽法 (channel sampling)

**刻槽法** 是在矿体上按**一定的规格**刻凿长槽并将从中凿下的**全部矿石**作为样品的采样方法。该法主要用于**化学取样**，是一种极常用的采样方法。

样槽断面的规格有**矩形**和三角形两种，常用矩形断面。

样槽断面的规格是指样槽断面的宽度和深度的大小，用（**宽×深**）（**cm×cm**）表示，如10×3表示样槽断面宽是10cm，深是3cm。

# 1. 刻槽法

影响样槽规模大小的因素 主要是矿化的均匀程度，矿体厚度，矿石结构、构造，矿物的粒度和脆性以及矿石的坚固性等。一般地，矿化愈不均匀，矿体厚度愈小，矿物颗粒愈大和脆性较大，矿石愈疏松，样槽断面规模就应愈大；反之，则愈小。这些因素应全面考虑，综合分析，注重进主导作用的因素。通常情况下，矿化均匀程度和矿体厚度是主导因素。

# 确定样槽断面规格的方法

确定样槽断面规格的方法主要**经验类比法**和**试验法**两种。

**经验类比法** 此法是根据地质特征类似矿床采样断面规格的经验数据，可通过类比参考确定。为了工作方便，矿产地质勘查规范（国家地质矿产行业标准），按矿种总结出一套适用的采样断面常用规格范围（表7-1）。应用时要**根据矿床的具体特征**、结合任务要求，来确定具体的规格大小。

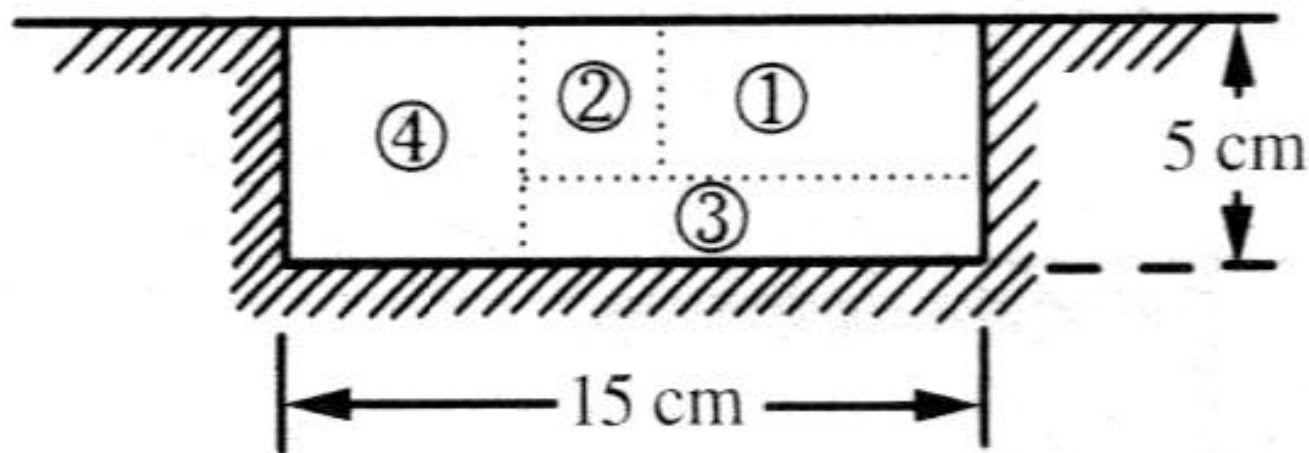
表 7-1 主要金属、非金属矿产常用采样规格参考表

矿 种		样槽断面规格 (宽×深) / (cm×cm)	样品长度 /m	样品间距 /m
金 属	铁、锰、铬	(5×2) ~ (10×5) 20×15 (风化矿)	0.3~2	
	铜、铅、锌、银、镍、钼	5×3 或 10×3 10×3 或 10×5 (银复杂)	1~2	5~10 (回采坑道)
	岩金、钴土、铍、铌、钽、煤等	(10×3) ~ (20×5)	<2	2~4 6~8 (变化不大时)
	钨、锡、汞、锑、磷	(5×3) ~ (10×5)	0.5~1.5	1.5~2
	稀有金属	10×5	1~2	5~10
	稀土矿产	10×5 (内生) 5×3 (风化壳)	1~2	
	铝土矿、冶镁菱镁矿	(5×3) ~ (10×5) (沉积型)	0.5~1	10~20 (铝土矿)
	砂矿 (金属矿产)	20×10	<1	
非 金 属	磷矿	10×5	0.5~1	
	重晶石、毒重石、萤石、硼矿	(5×3) ~ (10×5)	1~2 <0.7 (萤石)	
	高岭土、膨润土、耐火粘土	(10×5) ~ (10×3)	1~2	
	盐类矿产	10×50	0.5~2	
	石灰岩及白云岩、石膏	(3×2) ~ (10×5)	2~4	
	石膏、石棉、滑石、石墨	(5×3) ~ (10×5) (石墨) 10×5 (滑石)	1~2 0.6~1	
	硫铁矿	10×5	0.5~1	

# 确定样槽断面规格的方法

**实验法** 此法是在矿区选择有代表性的同一地段用不同的断面规格分别采样，分析、对比其结果，以最大断面为标准，在相对误差允许范围内，选择最小规格作为合理的样槽断面。试验样槽的布置有共槽法和分槽法两种方式。

**共槽法** 又称重叠刻槽法，不同规格的样槽相互套叠，如图7-1A，先分别刻取①、②、③、④部分矿石，然后按面积比例合并。



A. 共槽法

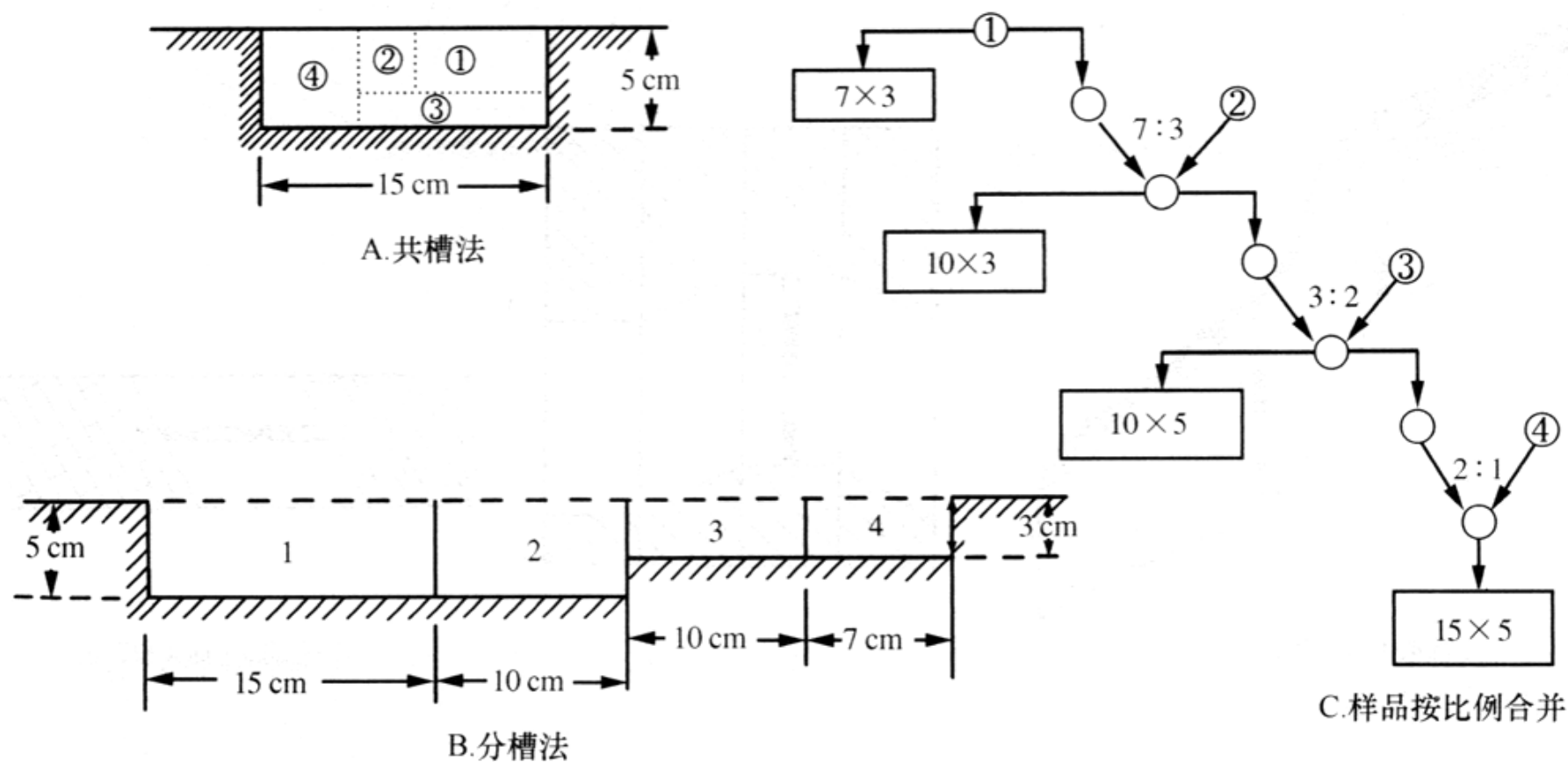
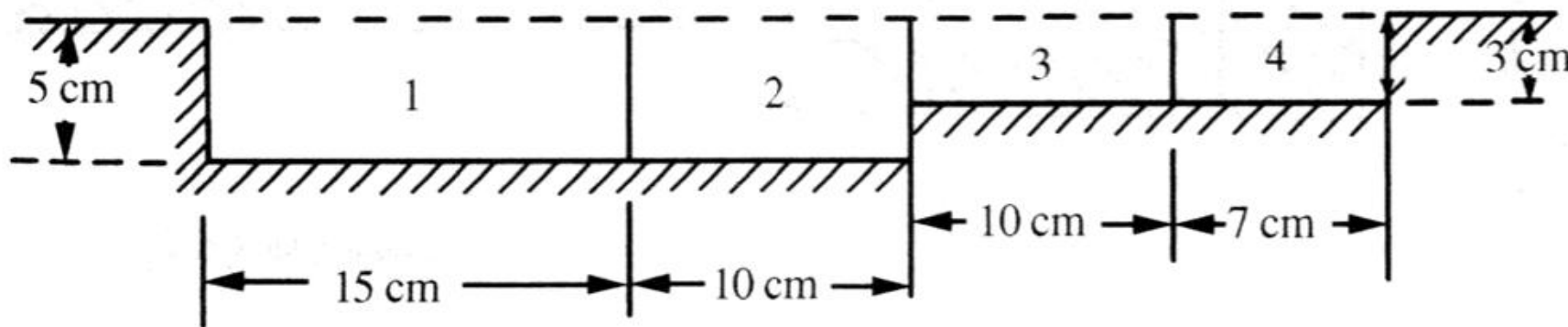


图 7-1 试验法确定样槽规格

**分槽法** 又称并列刻槽法，与共槽法的区别在于样槽的布置是相互并列的（图7-1B），故独立刻取，无需合并。



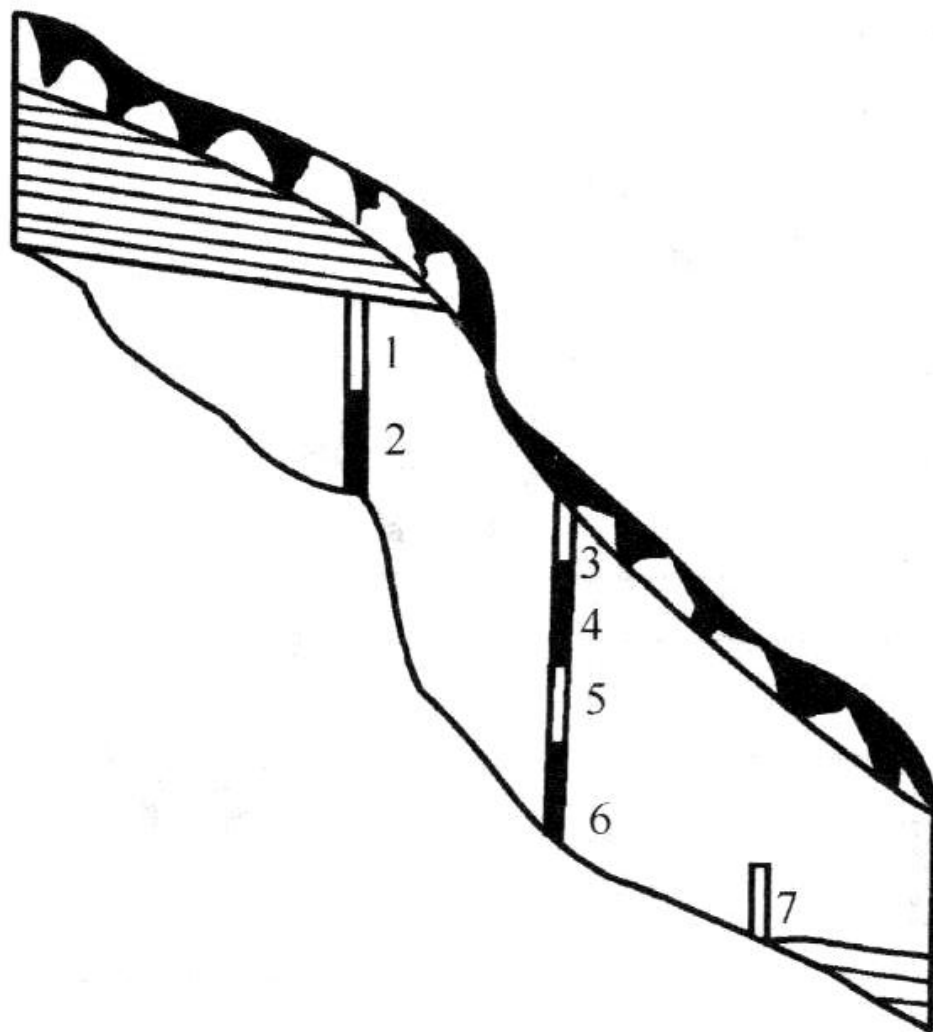
B.分槽法

以上两种方法，由于共槽法的样品在空间上是重叠包含的，可减少矿体品位变化的影响，结果查对可靠，故广为采用，特别对矿化极不均匀的矿床更为合适。对矿化较均匀的矿床可用分槽法，因其操作简单。

**样品长度** 是指单个样品沿取样线刻取的长度。样品长度取决于**矿体厚度、矿石类型和矿化均匀程度、最小可采厚度和夹石剔除厚度**等因素。如果采样长度过短，将增加样品数量，导致分析化验工作量增加；采样长度过长，将**降低样品代表性**，影响对矿石类型和工业品级的圈定。当矿体厚度较小、矿石类型变化复杂、矿化不均匀及矿体界线不清楚，则采样长度不宜过大。一般采样长度不大于**最小可采厚度和夹石剔除厚度**。

**样槽的布置** 为保证矿产取样的完整代表性和均匀性，应按一定的网度和相同方向相对等距离取样，布置样槽的原则是：布样应在观察、分层的基础上进行。使其延长方向沿着矿石质量变化最大的方向（常常是矿体的厚度方向）分矿石类型、品级、分段连续布置。并且贯穿矿体的全部厚度，不漏采，也不重采。各种样槽的布置集中展示在图7-2中。

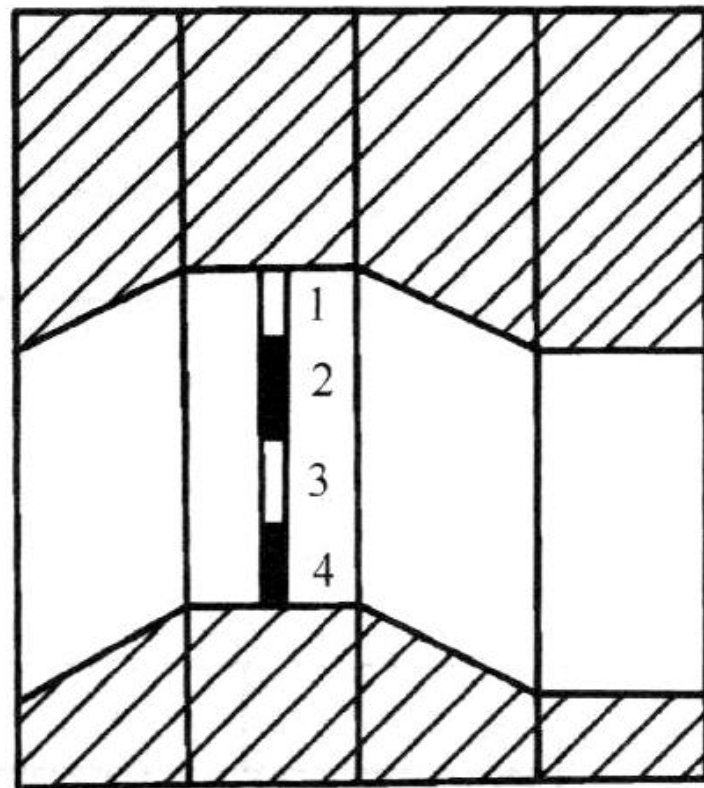
在探槽中的位置一般在靠近编绘壁的槽底或编绘壁的下部。



A.探槽中阶梯状采样

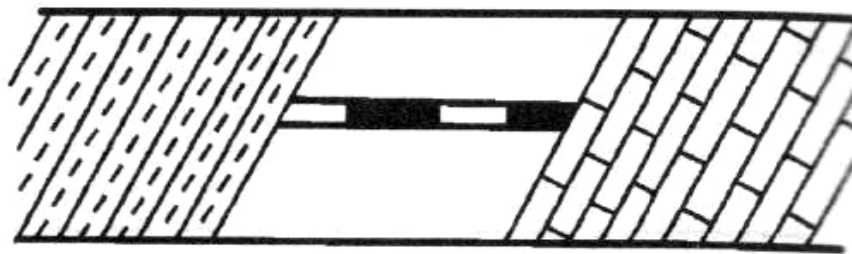
在浅井等垂直坑道中，一般在井壁上采样。矿化均匀时，一壁取样即可

（图7-2B）；矿化不均匀，两壁相差较大时，两壁甚至四壁采样，相应位置样品合并为一。

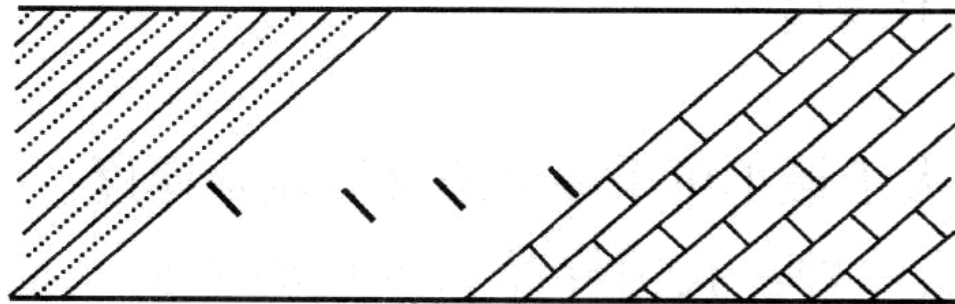


B.浅井—壁上采样

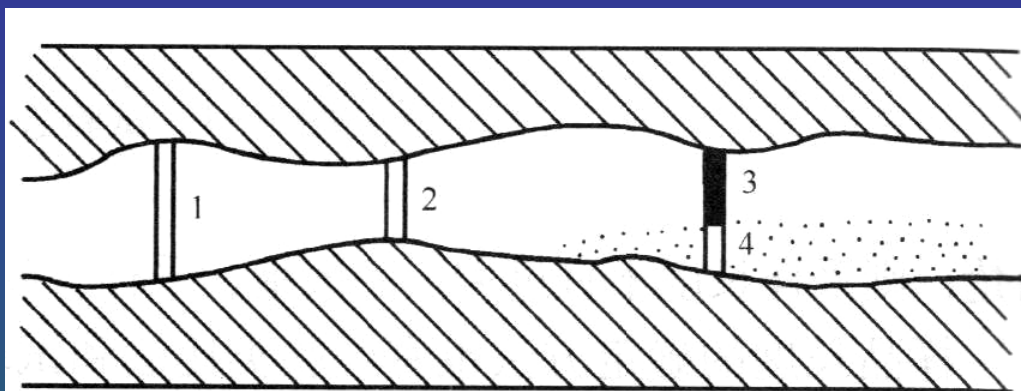
在水平坑道中，刻槽取样的样品一般采自高届坑道底1.0~1.4m的**腰线**上，在穿脉等切穿矿体厚度的水平坑道中，应在**两壁或一壁连续取样**；在矿化变化不大，能保证取样的代表性时，可以仅在一壁取样（图7-2C、D）。



C.穿脉壁上的水平刻槽

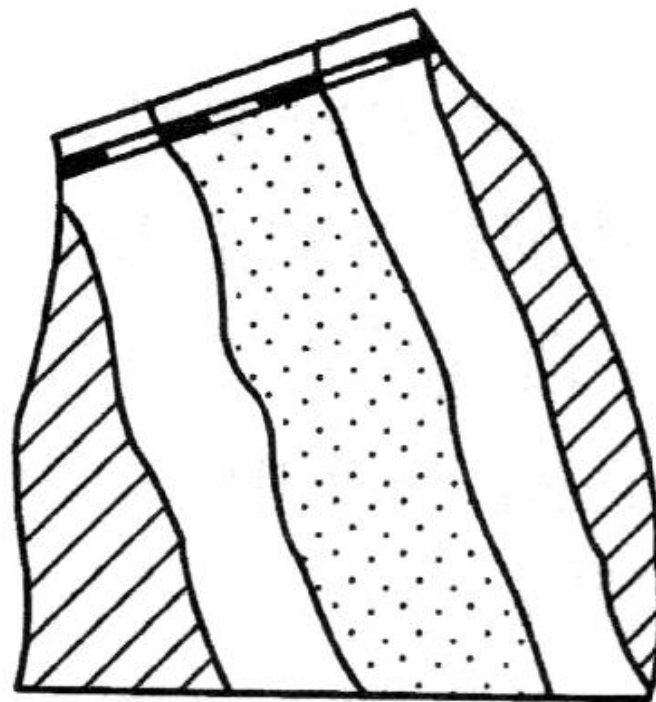


D.穿脉壁上沿矿体厚度方向刻槽



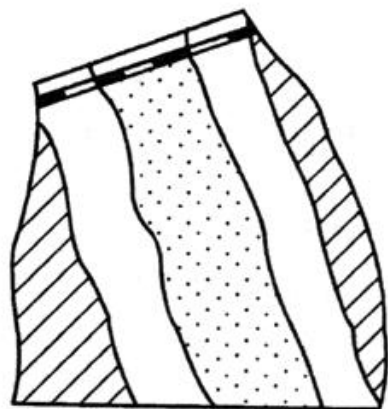
E.沿脉壁上刻槽

在沿矿体走向掘进的沿脉坑道掌子面或坑道顶板上取样（图7-2E、F）。

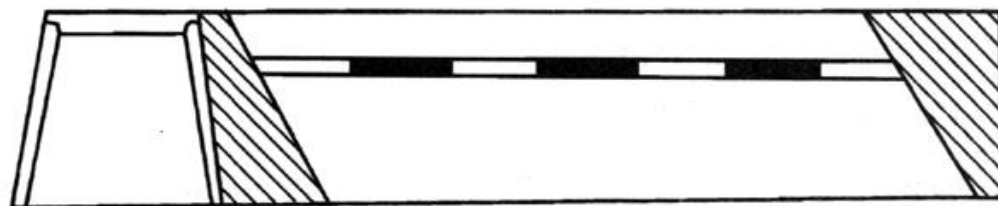


F.沿脉坑道顶板刻槽

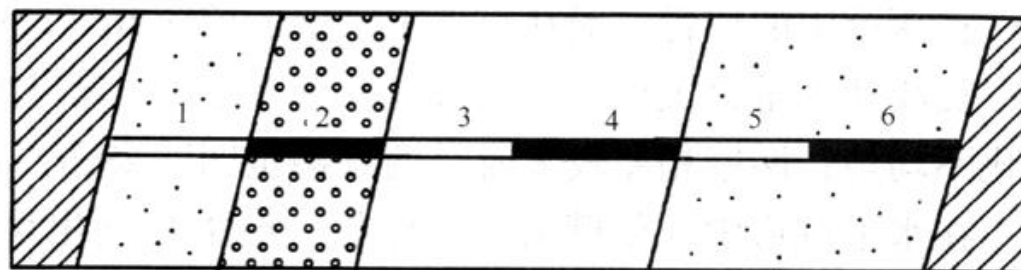
当矿体厚度很大时，矿体具有带状构造时，或与矿体围岩不清楚，需要连续刻槽分段取样（图7-2G、H）。最后一段样槽长度若小于 $1/2$ 样长，此样合并到前一个样品中去；若大于 $1/2$ 样长，则单独作为一个样品。



F.沿脉坑道顶板刻槽



G.坑道壁上连续刻槽分段采样



H.矿体具带状构造时的连续分段刻槽采样



图 7-2 样槽的布置与采样示意图

1—致密状矿石（富矿）；2—浸染状矿石（贫矿）；3—浮土；4—围岩；  
5—页岩；6—灰岩；7—砂岩；8—样槽及样品编号；9—稠密浸染状矿石

同一件样不得跨越不同矿种或不同矿层（图7-3），不同矿石自然类型和工业品级（图7-4）矿层的顶底板必须各有一件控制样品。

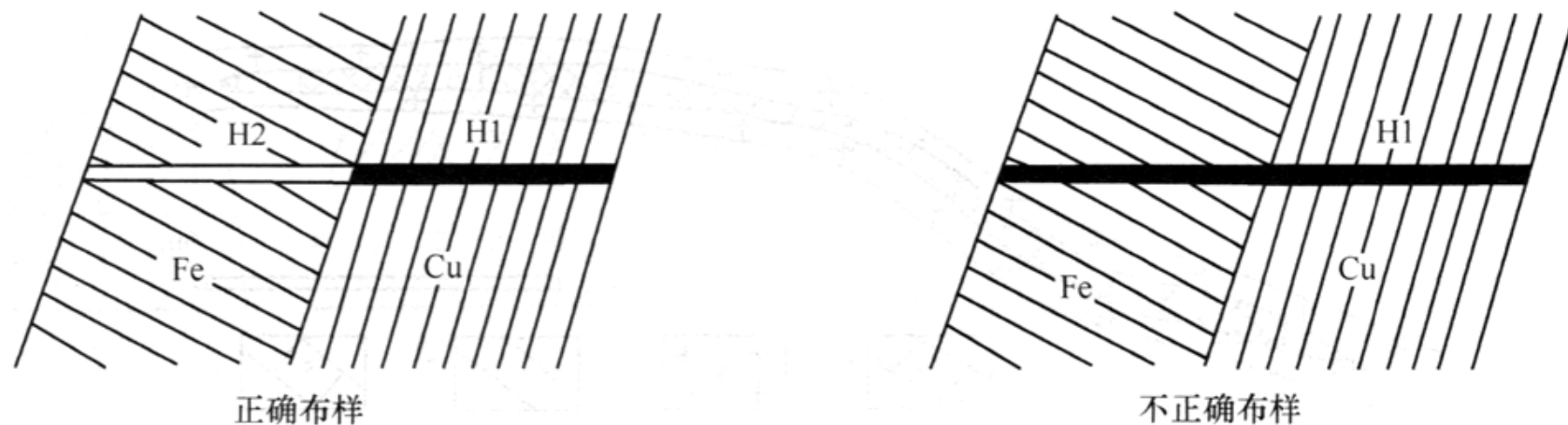
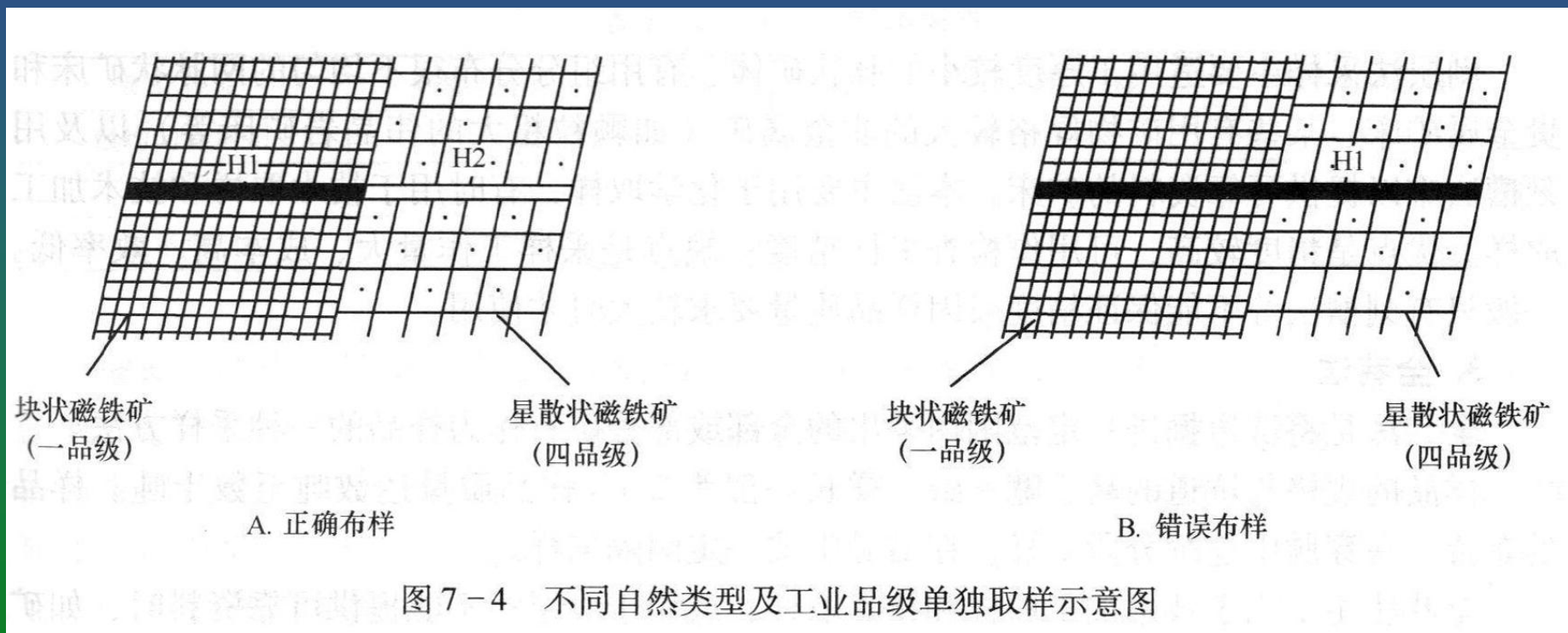


图 7-3 不同矿种（层）分开取样示意图

Fe—铁矿；Cu—铜矿；H1—样段及编号

同一件样不得跨越不同矿种或不同矿层（图7-3），不同矿石自然类型和工业品级（图7-4）矿层的顶底板必须各有一件控制样品。



## 刻槽法的用途和特点

刻槽法是目前最常用的采样方法，在矿产勘查阶段广泛应用。主要用于化学取样，适用于各种类型的固体矿产，样品在探槽、浅井和坑道中采集。该法的优点是所采取的样品的代表性较强，可以分段采样；缺点是人工刻槽效率低。

## 2. 剥层法（sampling by stripping）

剥层法也称为刻面法，是在垂直于矿层面的断面上，按一定的规格凿下一层矿石作为样品的采样方法。

剥层的规格用长、宽、深三个要素度量。其中剥层的长度一般为矿层的厚度，剥层的宽度是指沿矿层走向剥取的长度，剥层的深度是指垂直于宽度沿层面剥取的长度。即样品的宽度与深度合成剥层的断面规格，剥层的宽度一般采用20~50cm，深度则为5~15cm。

## 2. 剥层法

剥层样品可以沿矿体走向按一定间距采取（图7-5），也可连续刻面分段取样。

剥层法采样主要适用于厚度较小的脉状矿体、有用组分分布很不均匀的网脉状矿床和贵金属矿床、某些有用矿物规格较大的非金属矿（如颗粒粗大的伟晶岩矿床等）以及用刻槽法难以提供可供资料的矿床。

本法主要用于化学取样，有时也用于技术取样和技术加工取样。优点是精度较高，可用于检查采样精度；缺点是采样工作量大、成本高、效率低。一般只有刻槽法不能保证精度或因样品要求较大时才使用。

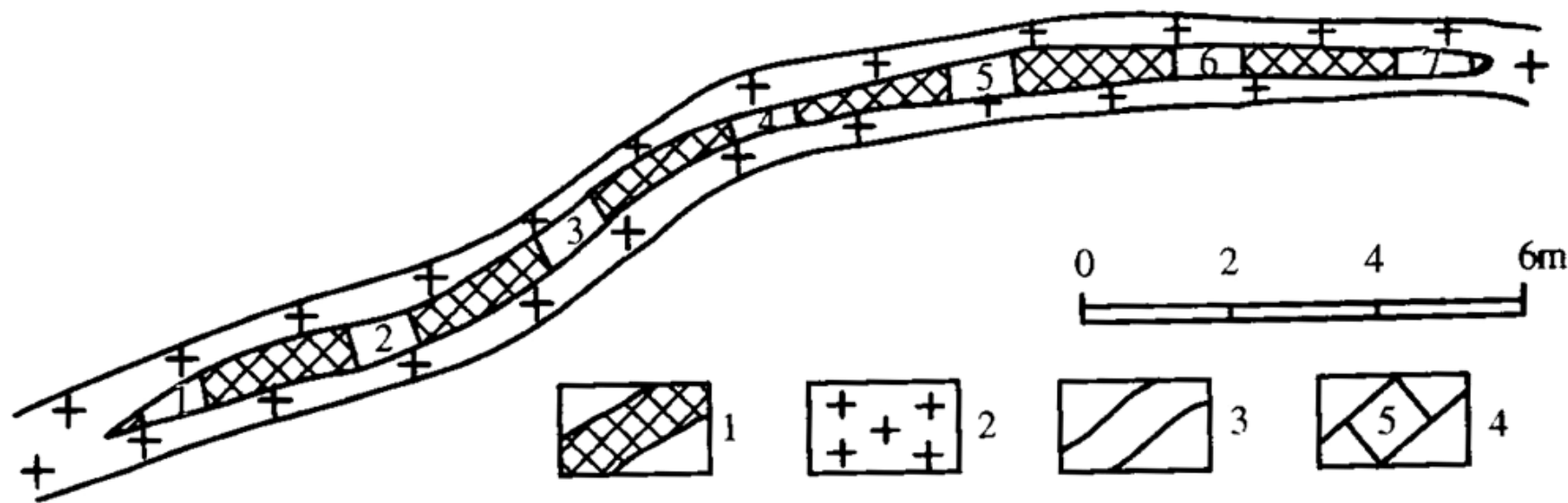


图 7-5 探槽中矿化不均匀的伟晶岩脉的剥层取样

1—矿化伟晶岩脉；2—花岗岩；3—探槽底界；4—剥层样品及编号

### 3. 全巷法 (bulk sampling)

**全巷法** 是将坑道掘进一定范围内采出的**全部矿石**作为样品的一种采样方法。

**样品的规格与坑道的高、宽一致，样长一般为2米。**样品质量达数吨至数十吨。样品的布置，在穿脉中**连续分段取样**；在沿脉中按一定的间隔采样。

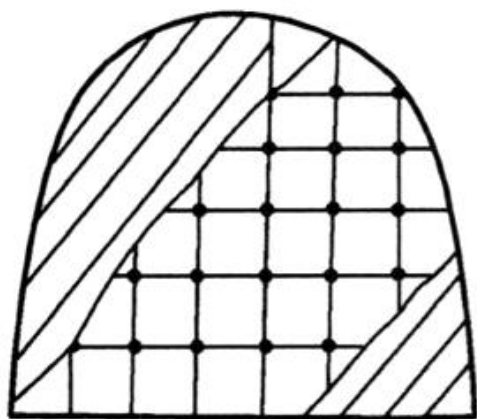
### 3. 全巷法 (bulk sampling)

**全巷法** 主要用于**技术加工取样和技术取样**，或用于剥层法不能提供可靠资料时，如**矿化极不均匀的贵金属及稀有金属矿床、含量极低的宝石和特种原料矿、颗粒粗大的伟晶岩矿等的取样**；另外可以检查其他采样精度。

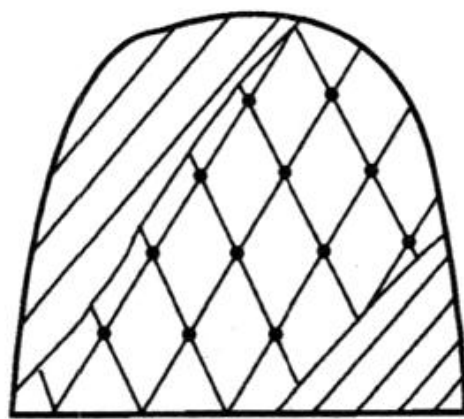
全巷法的特点是**精确度高**，样品质量大且**不影响掘进**，但采样方法复杂，加工搬运工作量大，成本高，所以轻易不用此法。

## 4. 网格法

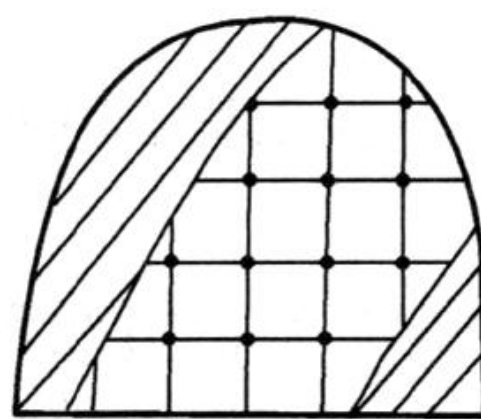
网格法又称打块法，是在矿体出露部位按一定的网格，在其交叉点打取等量矿（岩）石碎块，合并为一个岩石样品的采样方法。



正方形网



菱形网



长方形网

图 7-6 方格法取样

## 4. 网格法

网格的形状各异，有菱形、正方形和长方形等，网格边长10~25cm。每个样品由15~100个点的碎块合成，每个点采下的碎块大小应近于相等，总质量约2-10kg。

网格法适用于矿化不均匀的矿床，或用于岩石特别坚硬、刻槽法采样困难。本法主要用于化学采样，其特点是采样过程简单，工作量小、效率高，精度也较高。

表 7-2 攫取法样品规格

矿化性质	矿堆上小块份样的个数	每个小块份样的质量/kg	样品的总质量/kg
极均匀和均匀	12 ~ 16	0.05	0.6 ~ 0.8
不均匀	20 ~ 25	0.10	2 ~ 2.5
极不均匀	36 ~ 50	0.20	7.2 ~ 10

## 5. 攫取法（拣块法）（grab samples）

**拣块法** 是在**矿石堆上或矿车上**按一定的**网格**拣取矿石作为样品的一种采样方法。

采样时用一绳网铺在矿石堆上（网的形状可以是正方形网或菱形网），在网格中心交叉点上取出块度大致相等的少量矿石碎块合并成一个样品（图7-7）。

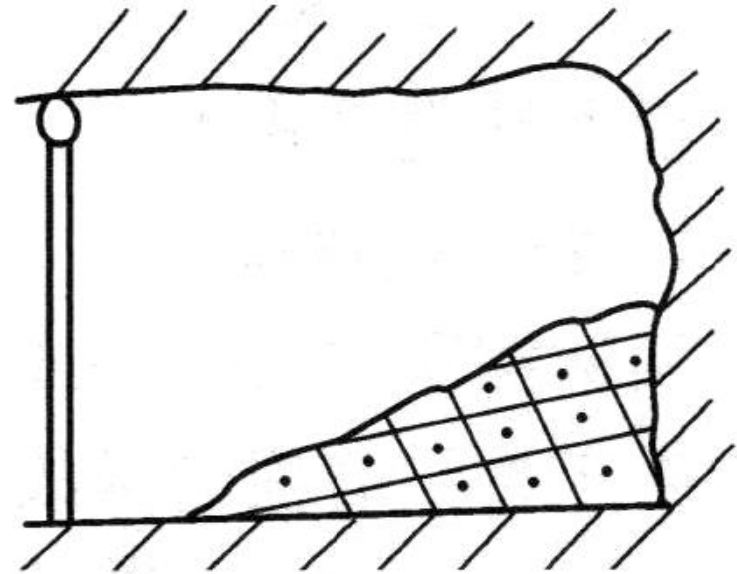


图 7-7 矿石堆上  
用攫取法取样

## 6. 打眼法（炮眼法）

打眼法 是在坑道掘进过程中，采取炮眼钻进所产生的**矿泥或矿粉**作为样品的一种采样方法（图7-8）炮眼深度可达7~8m。样品可以一眼一样，也可以数眼合并为一样。

打眼法的优点是**代表性较高**，不影响掘进工作，**效率高、成本低**。缺点是沿脉坑道中的采样不能沿厚度方向进行；常**不能按类型、级别分段采样**。故该法主要用于均匀的块状或浸染状矿体的化学取样。

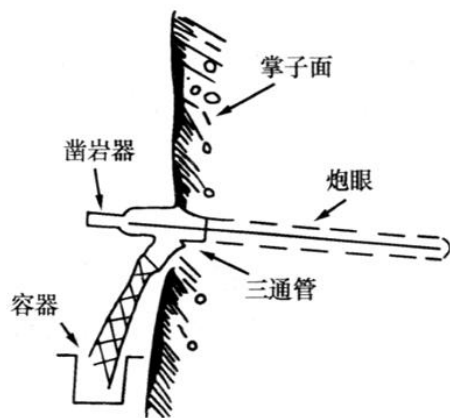


图 7-8 打眼法取样

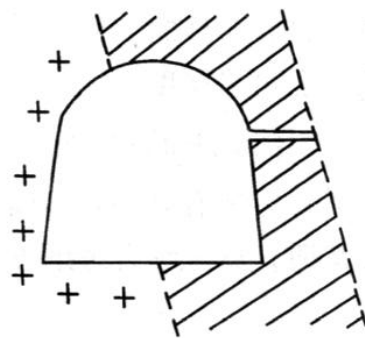


图 7-9 打眼法取样代替坑道揭露矿体

## （二）钻探工程中的采样方法

1. 岩心钻探取样 从钻探所得岩矿心或岩粉中采集样品的的方法。

（1）矿心部分采样 一般沿长轴方向取矿心的一半。具体采样方法是用岩心劈心机将岩（矿心）沿长轴方向切成2份或4份，取其一份或对角两份作为样品。样品长度是指用样品实长按采取率换算而得的进尺长度。，通常可参照刻槽法的样品长度。

（2）矿粉部分的取样 在岩心采取率低时需同时采取矿粉以取不足。

## （二）钻探工程中的采样方法

2. 冲击钻探取样      冲击钻探是用冲击钻头击碎岩（矿石）进行钻进，所得样本为矿屑，采集时用抽筒从孔底提取，样品长度一般与刻槽法相同。

### （三）采样方法的选择

不同的采样方法有其各自不同的特点，对不同地质特征的矿床有着不同的适应性。在采样方法的选择上，要全面分析，综合考虑，在保证可靠、精度和有代表性的前提下，尽可能经济高效。

## （四）样品间距的确定

**样品间距（采样间隔）** 通常是指沿矿体走向及倾斜方向采样时（如在沿脉及上下山坑道），采用间隔取样，相邻两个样品间的距离。在质量变化很大时，不得超过2~4m。样品间距是影响采样结果的重要因素之一。合理地选择样品间距对矿体变化性的研究和矿床的正确评价都有重要的意义。

# 1. 影响样品间距的因素

影响样品间距的因素 主要是取样的目的和矿体的地质特征。后者包括有用组分分布的均匀程度、矿体厚度变化程度和矿体规模等。一般来讲，组分分布越均匀，矿体厚度变化越小，矿体规模越大，取样要求的精度越低和采样方法越高，样品间距越大；反之，样品间距越小。其中取样目的和矿化均匀程度是主要因素。

## 2. 样品间距的确定方法

目前确定样品间距的方法与确定工程间距的方法类似，主要有**类比法**、**稀空法**和**数学分析法**。

**(1) 类比法** 据已勘查类似矿床采样的**经验数据或规范标准**确定待勘查矿床的样品间距。此法常用于**普查和部分详查阶段以及对中小型矿床勘探**时确定样品间距。此外，还可以根据**品位变化系数**所反映的**矿化均匀程度**来确定合适的样品间距，详见表7-3。

表 7-3 品位变化系数与取样间距的关系

矿床 类型	有用组分分布均匀程度		沿脉坑道 样品间距/m	矿床举例
	特 征	变化系数/%		
I	极均匀	<20	50 ~ 14	最稳定的铁及锰的沉积矿床及变质矿床；块状钛磁铁矿、铬铁矿的岩浆矿床
II	均 匀	20 ~ 40	15 ~ 4	铁及锰的沉积变质矿床，风化型铁矿床，铝土矿床，某些矽酸盐类及硫化物类的镍矿床
III	不均匀	40 ~ 100	4 ~ 2.5	铜及多金属的接触交代矿床，热液矿脉和交代矿床，硅酸盐及硫化物类型的镍矿床；金、砷、锡、钨、钼等热液矿床；铜矿及铬铁矿的浸染矿石
IV	很不均匀	100 ~ 150	2.5 ~ 1.5	不稳定的多金属、金、锡、钨、钼等矿床
V	极不均匀	150 以上	1.5 ~ 1.0	某些稀有金属矿床；纯橄榄岩中的铂矿

## 2. 样品间距的确定方法

**(2) 稀空法** 在矿床上选一**代表性地段**，以事先确定的最小间距采样，依次减稀一个样品，分别计算放稀前后有用组分的**平均品位**，以放稀前的平均品位为基准，对比历次放稀后的平均品位。**在允许误差范围内采用放稀后的最大距离为样品间距。**试算结果最好再结合其他方法多考虑。

## 2. 样品间距的确定方法

**(3) 数学分析法** 此法是根据平均品位的相对误差，求得一定范围内的采样个数，再求出样品间距，计算公式如下：

$$L = \frac{S}{N} \qquad N = \left( \frac{tV}{P} \right)^2$$

式中： $L$  为样品间距； $S$  为采样地段的总长度； $N$  为必须采样个数； $P$  为给定的精度要求，即平均品位的相对允许误差； $V$  为采样地段品位变化系数，必须以单样计算； $t$  为概率系数（据所求可靠程度，查概率积分表而得）。

## 三、样品的加工

### （一）样品加工的必要性

采集的化学样品是为化验分析准备的，其原始质量较大，多达数千克至数十千克，颗粒也较大且不等粒，而实验室分析所需的样品，一般只要**50~200g**，粒径要小于**0.1mm**。显然，所采集的原样与实验室分析的要求在质量和粒度存在着巨大的差异，在实验分析之前对原样必须进行加工，即**破碎和缩减**。

# 三、样品的加工

## （二）样品加工的原理

**样品加工的基本准则** 是既要使缩减后的样品具有代表性，又要使加工过程简单、迅速和经济。

缩分后样本是否具有代表性，与样品中**有用矿物及有用组分分布均匀程度、有用矿物的数量和直径有关**，通常只有当样品破碎后的粒径与有用矿物的粒径相同时，有用矿物才会完全呈**单颗粒**分布在样品中。这时，才能使有用矿物在样品中拌匀，缩减产生的误差才能减小。

## 三、样品的加工

### （三）样品最小可靠质量确定

最小可靠质量 是指样品破碎到一定粒级时，缩减后缩减误差不超标的最小样品质量。

#### 1. 最小可靠质量的影响因素

主要有样品中有用矿物的粒径、颗粒数、相对密度、矿石平均品位和化学分析允许误差等。有用矿物粒径越大，颗粒数越少，相对密度越大，矿石平均品位越低，允许误差越小，样品可靠质量应越大；反之，应越小。

## 2. 确定最小可靠质量的公式

样品的最小可靠质量大致与颗粒的直径的平方正比例关系，应用切乔特公式确定最小可靠质量。

切乔特公式： $Q=Kd^2$

式中： $Q$  为缩减样品的最小可靠质量（kg）； $d$  为样品的最大颗粒直径（mm）； $K$ 为缩分系数（根据矿石特征确定）。在应用切乔特公式 时，确定合适的 $K$ 值至关重要。确定 $K$ 值的方法有**类比法**和**实验法**两种。

# (1) 类比法 可根据矿产种类、矿化特点参考 采样规范确定 $K$ 值。

表 7-4 部分矿产样品缩分系数  $K$  值参考表

矿 种	$K$ 值	备 注
铁、锰、铜、铅、锌、铝土矿、菱镁矿、磷、重晶石、毒重石、硼、高岭土、膨润土、耐火粘土、盐类、石膏滑石、硅灰岩、硫铁矿等	0.1 ~ 0.2	铜、铅、锌伴生贵金属时 $K$ 取 0.3 ~ 0.5；结核状磷矿 $K$ 取 0.2 ~ 0.3；盐湖矿 $K$ 取 0.05 ~ 0.2；盐类矿化不均时 $K$ 取 0.5
钨、铋、砂锡矿	0.2 ~ 0.3	铋矿伴生贵金属时 $K$ 取 0.4
硅酸镍矿、稀有金属	0.1 ~ 0.3	稀有金属伟晶岩型 $K > 0.3$
硫化镍矿、稀土矿	0.2 ~ 0.5	
锡、汞、花岗岩型稀有金属	0.2	镍、汞组分不均时 $K$ 取 0.3 ~ 0.5
铬	0.25 ~ 0.3	
脉金	0.2 ~ 1	据金颗粒大小而定
银	0.2 ~ 0.8	
钼	0.1 ~ 0.5	多用 0.2
石灰岩、白云岩	0.05 ~ 0.1	
萤石、石墨、玻璃硅质原料	0.1	

( 2 ) 试验法 根据矿床实际情况和切乔特公式试验确定 $K$ 值。分两种形式，一种是使 $d$ 不变，使 $Q$ 变化，采用不同的 $K$ 值，然后在化学分析允许误差范围内选择最小 $K$ 值；另一种是使 $Q$ 不变，使 $d$ 变化，而求相应的 $K$ 值，最后选择最小 $K$ 值。

## （四）样品的加工程序

样品的加工程序 一般包括破碎、过筛、拌匀和缩减四个基本工序。破碎的目的是减少样品粒径，增加有用矿物颗粒数，最终减少最小可靠质量，加快缩减样品。一般采用机械破碎方法，分为粗碎（粒度25mm）、中碎（5~10mm）、细碎（1~5mm）和粉磨（0.15~1mm）几个阶段，分别使用颚式破碎机、轧辊机、对辊机或盘式细碎机、盘磨机或球磨机来完成。

## （五）样品的合并

在满足代表性的前提下，为减少测试、分析工作量，常常在化验之前将若干个样品合并为一个样品。如在分析伴生有益组分及有害杂质时，矿石质量已基本掌握的勘探阶段和生产勘探阶段常采用样品合并。

## 四、样品的鉴定、分析、测试和试验

### （一）矿石的矿物学及矿相学鉴定

对矿石的矿物学研究、目前仍是以显微镜下鉴定为主，辅以各种测试手段，如硬度、磁性、折光率、微化分析、电子探针等测试。

# （一）矿石的矿物学及矿相学鉴定

## 主要目标：

- 1) 查明矿石矿物成分、矿物共生组合、矿物次生变化及分布规律。
- 2) 确定矿石中各矿物组分的数量，据精度要求不同可采用目估法和统计法等。
- 3) 查明矿石的结构构造、测定矿物外形、粒度、嵌布特征及硬度、磁性、脆性等物理性质。
- 4) 考查矿石中元素的赋存状态。
- 5) 结合物相分析，确定矿石氧化程度，划分矿石类型。

## （二）矿石化学成分分析

**矿石化学成分分析** 目的是确定矿石的化学成分及其含量，同时还要查明元素的赋存及其分布规律。常用的分析方法有**光谱分析**、**化学分析**和**核子物理方法**等。

# 1. 光谱分析

主要用于普查找矿阶段（如化探），在勘探阶段则常用于检查矿石中可能存在的伴生有益组分和有害元素的种类和含量，为基本分析、组合分析和全分析提供项目，分项目多，又称为多元素分析，速度快，价格便宜。

## 2. 化学分析

化学分析是最基本的方法，其分析精度高，分析结果用来评价矿石质量、圈定矿体和估算储量。根据分析的目的要求又可分为基本分析、组合分析、合理分析和全分析。

## 2. 化学分析

1) **基本分析**（普通分析、单项分析、主元素分析）：查明矿石中主要有用组分的含量及变化情况，以了解矿石质量，划分矿石类型和品级、圈定矿体和估算储量。

2) **组合分析**：了解矿石中具有综合回收利用价值的**伴生有益组分**及影响矿石选冶性能的**有害组分含量**，以便估算伴生有益组分的储量或划分矿石类型和品级，并了解有害杂质对矿石质量的影响。样品一般**由基本分析副样组合而成**。

## 2. 化学分析

3) **合理分析**（物相分析）：确定有用组分赋存的物相，区分矿石的**自然类型和工业品级**，了解**有用矿物的加工技术性能**和矿石中可回收的元素成分。

4) **全分析**：了解矿石中各种元素及组分的含量，以便进行矿石物质成分的研究。全分析的项目是根据光谱分析结果，**除痕量元素外的所有元素**。成本高，费时费力。

### （三）矿石物理技术性质测定

测定矿石物理技术性质一般是为了矿产资源/储量估算及矿床评价提供必要的资料，而对于某些非金属矿床（云母、水晶、石棉等），更重要的是评价其矿产质量、确定其加工工艺特性。通常物理技术性质测定项目有矿石的体重、温度、孔隙度、硬度、块度、矿石和围岩的抗压强度、裂隙度、松散系数等。评价非金属矿产质量所需测定的项目视矿种和要求而定。

# 1. 矿石体积质量（体重）的测定

矿石体积质量（体重）是指自然状态下单位体积矿石的质量，它是储量计算的重要参数之一。矿石体重测定分小体重和大体重两种情况。

# 1. 矿石体积质量（体重）的测定

1) 小体重测定目前多用涂腊法和塑封法。

**涂腊法** 取小块样品（直径5~10cm）封腊，根据阿基米德原理，采用涂腊排水法测定矿石在封腊前后的质量及封腊后的体积。

计算公式为  $D=W/(V_1-V_2)$   $V_2=(W_1-W)/d$  其中  $D$  为矿石体重( $kg/cm^3$ )， $W$  为样品在空气中的质量， $V_1$  为样品封腊后的体积， $V_2$  为样品上所涂腊的体积， $W_1$  为样品涂腊后的质量， $d$  为蜡的相对密度，一般取  $d=0.93$ 。

# 1. 矿石体积质量（体重）的测定

1) 小体重测定目前多用涂腊法和塑封法。

**塑封法** 其原理同蜡封法，不同的只是用塑料袋替代蜡封闭矿样（用注射针管抽成真空），由于塑料袋很薄、很轻，其**体积和质量可以忽略不计**，方法简单易行。只要测定出塑封矿样的质量（ **$W$** ）和体积（ **$V$** ），则小体重  **$D=W/V$** 。

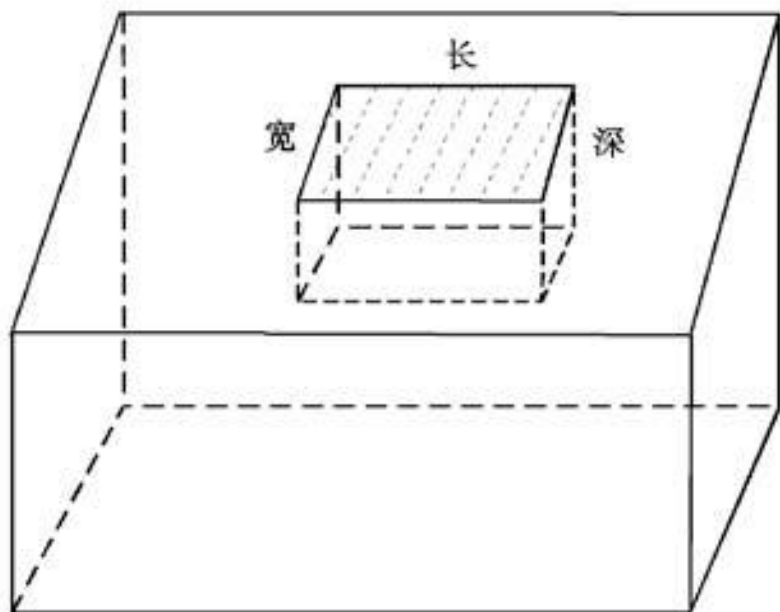
## 2) 大体重的测定

采集大体重样的目的是修正风化或氧化松散矿石中的小体重数据。采样方法分全巷法和样坑法，在野外直接测定。

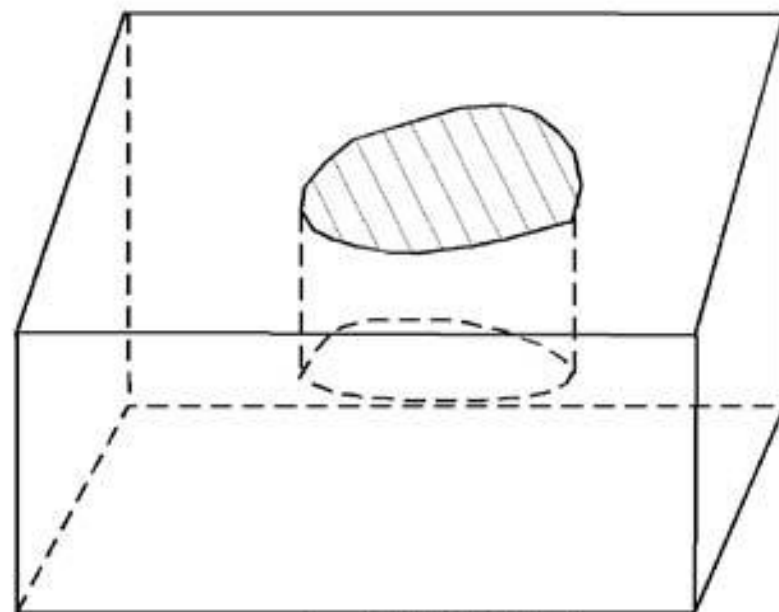
**全巷法** 先将样品称质量  $W$ ，再测采出样品的坑道体积  $V$ ，通过灌砂法测量砂子体积）。大体重计算公式为  $D=W/V$  ( $t/m^3$ )

## 2) 大体重的测定

**样坑法** 在矿石表面用工具凿取一个**规则四壁及底部较平整的正方形或矩形体**，取出矿块称取质量（ $W$ ），并较精确地测量样坑的长、宽、深后计算出体积（ $V$ ），一般测量2~3次，误差不大于5%时取平均值；样坑也可以是**非规则的任意形状**，用塑料薄膜（袋）放入样坑内，用**充水法**测定出矿样坑的体积，采样比较简单，测出的体积也较精确。样品的体积一般不小于 $0.125\text{m}^3$ ，（即长、宽、深均为0.5米）。



a、规则形态样坑



b、非规则形态样坑

不同类型不同品级的矿石应分别测定体重。

一般每一品级需测小体重20~50个（计算平均值用于矿产资源/储量估算，大体重每一类型为1~3个。体重样品应采自有代表性的部位。

由于小体重样品的裂隙已被破坏，相对变致密了，故通常小体重大于大体重（误差有时高达50%~80%），当矿体裂隙发育时，大体重要多测几个以校正小体重。

## 2. 矿石湿度测定

**矿石湿度** 是指自然状态下单位重量矿石中的含水量，即含水量与湿矿石的质量百分比。是计算储量用，因为体重为湿体重，而品位却为干品位，二者必须统一。

矿石湿度 **$B$** 为：

$$B = \frac{W_{sh} - W_g}{W_{sh}} \times 100\%$$

其中 **$W_{sh}$** 为湿样品的质量， **$W_g$** 为干样品的质量

## 2. 矿石湿度测定

当湿度较大（>3%）时，体重值要进行湿度校正（化学组分含量是在干状态测的）。

$$C_{sh} = C_g \frac{100 - B}{100}$$

体重样和湿度样必须用同一样，或同一地采取，以便验证。

### 3. 矿石松散系数测定

**松散系数** 是指一定量的矿石在爆破前后的体积比值，即矿石由天然状态到爆破之前的松散程度。测定目的是为确定矿车、吊车、矿仓等的容积提供资料。计算公式如下

$$K_s = V_s / V_y$$

其中  $K_s$  为松散系数， $V_s$  为爆炸后松散矿石体积， $V_y$  为爆炸前原矿石体积。

## 4. 岩（矿）石抗压强度测定

**抗压强度** 是指岩（矿）石在外力作用下抵抗破碎的能力。测定抗压强度是为了**开采设计提供依据**，以便计算支护材料用。

一般在矿层及顶板围岩中采样，按不同硬度级别分别采样，每一级采2~3个，规格为**5cm×5cm×5cm**的立方体，每种试验应取**两块**，送专门实验室分别进行平行层面和垂直层面的施压试验。

## （四）矿石选冶工艺性质试验

**矿石选冶工艺性质试验** 是矿产勘查工作必不可少的重要环节之一。因为矿产勘查阶段探明的矿产储量，除少数外，大多数不能自然达到工业生产利用要求，**必须进行选冶试验**。其试验标准是应达到工业生产上既技术上可行，又经济上合理。

# 1. 矿石选冶试验程度的分类

**矿石选冶试验程度** 是指试验深度、广度和规模的综合概念，技术经济指标在现实生产中的可靠性，选冶试验规模和模拟度的高低等，将选冶试验程度分为五类：**可选（冶）性试验、实验室流程试验、实验室扩大连续试验、半工业试验和工业试验。**

# 1. 矿石选冶试验程度的分类

**可选（冶）性试验** 在实验室采用具有工业意义的选冶方法和常规流程，在对矿石物质组成初步研究的基础上，用物理或化学的方法获得目的产品反映的技术指标，目的是为了判别试验对象是否可作为工业原料。试验定量程度差、模拟度差。可选性试验对评价矿石质量具有重要意义。对易选（冶）矿石试验结果，可作为制定工业指标的基础。

# 1. 矿石选冶试验程度的分类

**实验室流程试验** 在可选性试验的基础上，利用实验室规模的设备，进一步深入研究在何种流程条件下获得较好的选冶技术指标而进行的**流程结构及条件的多方案比较试验**，即**选择技术经济最优的流程方案和条件**。试验结果一般是矿床开发**初步可行性研究和制定工业指标的基础**；对易选矿石可作为矿山的设计依据。

# 1. 矿石选冶试验程度的分类

**实验室扩大连续试验** 对实验室流程实验推荐的流程串组为连续性的类似生产状态操作条件下的试验，试验是在动态中实现，具有一定的模拟度，成果是可靠的。其结果一般可作为矿山设计的基本依据；但对于难选矿石，仅能作为矿床开发初步可行性研究和制定工业指标的基础资料和依据。

# 1. 矿石选冶试验程度的分类

**半工业试验** 是在专门试验车间或试验工厂进行矿石选冶的工业模拟试验。是采用生产型设备，按“生产操作状态”所作的试验。目的是验证实验室扩大连续试验结果。**工业模拟度强，成果更为可靠。**供**矿山设计**使用。

# 1. 矿石选冶试验程度的分类

**工业试验** 借助工业生产装置的一部分、一个或数个系列，性能相近，处理量相当的设备，进行局部或全流程试验，具有试生产的性质。结果作为矿山设计建厂和生产操作的基础和依据。

上述五类选冶试验程度，先后层次分明，前一试验是后试验的基础，后一试验是前一试验的验证、发展和提高，各类试验程度应循序渐进，不可逾越。对于某些易选冶矿产可只进行第一类或前两类试验；对于难选（冶）矿产，则需按顺序进行上述全部试验。一般前三项试验由勘查单位负责进行；第四项试验由勘查单位与工业部门密切配合进行；第五项试验由工业部门进行。

## 2. 矿产勘查各阶段矿石选冶实验的基本要求

矿产勘查各阶段都应进行矿石选冶实验，运用选冶手段评价矿石质量和矿床经济价值时，选冶阶段应与矿产勘查程度相适应。即按各勘查阶段工作目的要求、矿产选冶难易程度的不同，而进行相应的选冶实验。矿产选冶难易程度是根据矿产物质组成研究初步推断并划分为易选、一般和难选矿石。

表 7-5 矿产勘查各阶段矿石选冶试验程度表

勘查阶段	选冶试验目的	矿石物质组成研究	矿石特征	选冶试验程度	选冶试样要求
预查	预测矿石是否可选	粗略研究		类比研究	对发现的矿体或少量矿石
普查	评定矿石是否可以作为工业原料	初步研究	易选矿石	类比评价, 不做试验	主要矿石自然类型、主要品级的试验单样, 可选(冶)性试验每个样质量约 50 ~ 500kg
			一般矿石	做可选(冶)性试验	
			难选矿石	做可选(冶)性试验及实验室流程试验	
详查	评定矿床是否具有工业价值	详细研究	易选矿石	做可选(冶)性试验	工业类型和采矿、选冶条件可能组合的试样, 实验室流程试验每个样质量约 300 ~ 1000kg; 实验室扩大连续试验每个样质量 5 ~ 25t
			一般矿石	做实验室流程试验	
			难选矿石	做实验室流程试验及实验室扩大连续试验	
勘探	为矿山开发可行性研究或设计提供依据	深入研究	易选矿石	做实验室流程试验	工业类型和采矿、选冶条件组合样, 围岩夹石的混入率, 样品质量, 实验条件, 试验内容等, 由地质、试验、设计单位“三结合”共同研究确定
			一般矿石	做实验室扩大连续试验	
			难选矿石	做半工业试验	

## 五、取样结果的整理及研究

通过取样资料的综合整理研究，主要是总结矿体外部、内部主要标志值的变化性质和变化程度及其控制地质因素，以指导勘查工作合理进行。综合整理研究的内容主要包括以下几个方面的研究。

- （一）品位统计分布曲线的研究
- （二）品位空间变化特征研究
- （三）元素间相关特征研究

## （一）、品位统计分布特征的研究

矿床中各种金属元素的统计分布特征是矿床的一种重要的固有特征。揭示概率分布函数的地质意义，有助于解决成矿理论的检验、储量评价、成矿远景预测和勘查方法选择等重要的地质问题。

对品位资料进行统计分析包括作直方图（统计分布曲线）、分布类型确定、计算统计特征值、对统计结果进行地质解释等。

## （二）、品位空间变化特征研究

**品位空间变化** 包含空间变化的**趋势性和连续性**两个方面，趋势性指的是品位随空间位置改变的变化，反映总体变化特征；连续性则是指相邻空间点的品位变化关系，代表局部变化特征。

**品位变化特征研究方法**主要包括**图解法、趋势函数法、自相关函数法和变异函数法**等。

### （三）、元素间相关特征研究

元素间相关性研究常用**相关图解法**、相关系数及相关比等几种方法。

1. 品位空间变化图解
2. 元素相关特征图解
3. 品位变化与控制因素关系