

銅、鉛、鋅的生產技術

袁 鍾 馬 芳 編 著

科學普及出版社

1958年·北京

目次

前言	1
第一章 找矿	3
1. 什么是矿床及矿体? 什么是有色金属矿床?	3
2. 哪些是铜、铅、锌的有用矿物? 它们含量达到多少, 才有开采价值?	4
3. 这些矿物的成分及互相間生成的关系	4
4. 怎样识别这些矿物	5
5. 除有用矿物外, 构成矿床还有哪些矿物	7
6. 岩石的种类、性质和矿床的关系	7
7. 矿床是怎样形成的	8
8. 矿床的形状和它与地质构造的关系	11
9. 矿床的变化和二次富集	13
10. 寻找何物	14
11. 用什么方法寻找	17
第二章 采矿	21
什么是采矿	21
采矿的井巷	21
井巷的掘进	23
矿床的开拓	35
采矿准备工作	37
矿体回采	38
运输及提升	45
排水、照明	50
安全技术 and 劳动保护	52

第三章 选矿	55
1. 什么是选矿	55
2. 选矿方法的分类	55
3. 有色金属矿的选矿过程	56
4. 碎矿	57
5. 筛分	61
6. 磨矿	62
7. 分级	64
8. 选别	65
9. 脱水	71
10. 厂内运输	73
11. 谈谈土法选矿	74
第四章 冶炼	78
1. 什么是冶炼	78
2. 冶炼的方法	78
3. 冶炼与选矿的关系	79
4. 冶炼的原料和材料	79
5. 铜的冶炼	81
6. 铅的冶炼	95
7. 锌的冶炼	102

緒 言

在矿产被找到以后，經過勘查知道它的蘊藏量，就可以进行开采。采出的矿石經過选别，弃去无用的成分，留下有用的部分，便可以进行冶炼。冶炼所得的产品，可用来制造机器，造船，筑铁道，修建桥梁，生产武器装备及日常用品等等。所以找矿是采矿的尖兵，采矿、选矿是冶炼工业的原料基地，而冶炼工业为各种产品提供所需要的金属材料。

銅、鉛、鋅是属于有色金属。它們在国民經济上所起的作用很大，用途也很广泛。

(1) 銅 銅的性質柔軟而坚韧，有很大的展性、延性和很好的导电性。所以它可以广泛的应用在电气工业上。譬如电信电话的导綫，电車的架空綫，电力輸送綫，电动机和其他的电器上都要用到銅。此外，銅还用在枪弹炮弹上，是重要的兵工原料。

(2) 鉛 鉛有很良好的耐磨性、耐腐蝕性、柔軟性和延展性。所以鉛的用途很广。最大的用途是用来作蓄电池的阴阳极板，还可以用鉛制成鉛板来建筑制硫酸所必要的鉛室，以避免硫酸的腐蝕。鉛的化合物如鉛白、鉛丹等可作油漆的顏料。

(3) 鋅 鋅比鉛輕而比鉛坚硬，它的最大特性就是不容易氧化，所以用鋅鍍过的鉄板和鉄絲可以保証不生锈而使用寿命較长。鋅还可以作电池的阴极板。鋅和銅，鋅和鉛，鋅和錫做成的合金在机械制造工业上，汽車工业上用途很广。

我国有色金属矿产資源很丰富，全国各省几乎都有銅、

鉛、鋅矿床存在。比較著名的大銅矿有云南东川銅矿、甘肃白銀厂銅矿、山西中条山銅矿、安徽銅官山銅矿和河北寿王坟銅矿。比較著名的大鉛鋅矿有湖南临湘桃林鉛鋅矿、辽宁的桓仁鉛矿及該省鳳城青城子鉛鋅矿。最近又在甘肃祁連山附近及浙江省、江西省都发现了产量很大的銅矿。在青海的吸鉄山又发现了全国最大的鉛鋅矿。

解放后,我国的采矿、选矿、冶炼工业发展得很快,許多的矿山采用着现代化的机械设备进行生产,并試驗和推行了各种新技术,使采矿、选矿、冶炼的生产量又不断提高。在党的建設社会主义总路綫的光輝照耀下、在全国范围内掀起了生产大跃进高潮,各部門創造了許多新紀錄。在选矿、采矿、冶炼方面的許多生产指标已达到或超过世界水平。各地方又大办工业,用土法采矿、选矿、冶炼为祖国生产更多的金屬和原料。发展速度真是一天等于二十年。

本書就从有色金屬的一般生产知識談起,通俗地介紹有关銅、鉛、鋅的找矿、采矿、选矿、冶炼的生产技术知識。

第一章 找 矿

找矿是地質工作的一个重要部分。要找矿，一定会碰到三个基本問題：(1) 向何处找；(2) 寻找何物；(3) 用什么方法去寻找。要回答第一个問題，就必须研究生成矿产的矿床形状、矿物种类及性質。它周围岩石的种类、构造、性質及这个矿床怎样形成等等方面。要回答第二个問題，我們就必须了解寻找矿床的标志，怎样根据这些标志去发现，推断。要回答第三个問題，我們就必须掌握常用的采矿方法，学会怎样去进行这些工作。总之，我們应具备有一定的找矿及勘探的知識。

1. 什么是矿床及矿体？什么是有色金屬矿床？

自然界中有很多种矿物，可以供人类利用的叫做有用矿物。凡是一种或两种以上的有用矿物的集合体叫做矿床。含有銅、鉛、鋅中一种或两种以上的有用矿物集合体就是有色金屬矿床。所采掘的部分就是矿石。

矿体的含义和矿床是一样的，不过矿床与矿体范围有区别，一个矿床可以包括几个矿体，而一个矿体不能包括几个矿床。

一个矿床（或矿体）有没有开采价值，主要看在这矿床中有用矿物的含量、矿床的儲量以及采矿、选矿、冶炼的条件。随着选矿技术的提高，过去認為没有开采价值的矿床，现在也都能进行开采了。

2. 哪些是銅、鉛、鋅的有用礦物？它們含量達到多少，才有開採價值？

對於銅來說，它的有用礦物有：黃銅礦 (CuFeS_2)，輝銅礦 (Cu_2S)，斑銅礦 ($3\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{FeS}_2$)，黝銅礦 ($4\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$)，自然銅 (Cu)，銅藍 (CuS)，孔雀石 ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$)，赤銅礦 (Cu_2O)，石青 ($2\text{CaCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$)。含有上面一種或兩種以上的礦物集合體，就是銅礦。這些礦物生成時隨着地質情況不同而不同，因此，世界各國都不一致，在我國以黃銅礦、斑銅礦、輝銅礦的礦床較多，這三種礦物是我國最有價值的礦物。

對於鉛來說，有用礦物有方鉛礦 (PbS)、白鉛礦 (PbCO_3)、硫酸鉛礦或稱鉛礬 (PbSO_4)。對於鋅來說，有用礦物有閃鋅礦 (ZnS)、菱鋅礦 (ZnCO_3)。在我國以方鉛礦、閃鋅礦為最有價值的礦物。

我們所需要開採的礦床，它含有有用礦物的量，一般叫做這個礦床的含量，或者叫做品位，含量是以百分數 (%) 來表示的。

銅、鉛、鋅的礦物，含量在 0.1 % 時就有開採價值。

3. 這些礦物的成分及互相間生成的關係

上面舉的這些礦物，它們在生成時容易和硫化合而成硫化物，有的容易和氧化合而成氧化物。

屬於硫化物的有：黃銅礦，輝銅礦，自然銅，斑銅礦，黝銅礦，銅藍，方鉛礦，閃鋅礦。

屬於氧化物的有：孔雀石，石青，白鉛礦，硫酸鉛礦，菱鋅礦。

現今，我們所採掘的礦物有 80 % 以上是硫化物，其次才

是氧化物。硫化物在选矿时比氧化矿有利得多，这在选矿篇内会談到。

这些矿物，在生成时往往是几种矿物一道生成，很少是单独一种矿物存在的，这种特性叫做矿物的共生。矿物的共生，对于找矿、采矿、选矿、冶炼都有很大的关系；在找到一种有用矿物以后，根据共生的关系，很快的就能找到第二种矿物。另外在知道矿物共生以后，可以周密的考虑采矿及选矿方法，把它们收回来，用到工业建設上。

下面是两个共生的例子：

(1) 黃銅矿——磁鉄矿——黃鉄矿共生。

(2) 方鉛矿——閃鋅矿共生。

这些矿物，在生成时都是有先后次序的，常常可以看見一种矿物复于另一种矿物上面，或包围另一种矿物，包在外面的矿物是先結晶，而藏在里面的矿物是后結晶。譬如，有些黃銅矿体被磁鉄矿体包围在外面，这就說明了它們共生的关系。

4. 怎样識別这些矿物

我們去認識这些矿物有許多的方法。

第一个方法就是按照結晶形状去判断。大部分矿物是有結晶的，所謂結晶就是这些矿物在生成时都是按一定形状而产生的。譬如岩盐就是一个个小立方体，这些小立方体就是岩盐的結晶。不仅岩盐有結晶，很多矿物都有結晶，不过有的結晶很完整很明显，有的就不完整不明显。有色金属矿物的結晶形状有立方体（譬如方鉛矿、黃鉄矿），菱面体（如閃鋅矿），纖維状（如孔雀石）等。

所以，对于普通矿物的测定，上面几种东西已經足够了。

第二个方法是根据比重的不同去区别。比重就是一个物

体的重量和这物体体积一般大的水的重量相比的倍数。譬如方鉛矿的比重是 7.5, 就是方鉛矿的重量比所取的和这块方鉛矿体积一般大的水的重量大 7.5 倍。在比重相差較大的矿物鉴别时, 可以有效地运用比重性質的特征。

下面, 我們列出一个矿物鉴定表, 应用上面的方法一一去做, 就能識別它是哪种矿物了。

表 1

矿物名	性質 化学成分	結 晶	硬 度	比 重	顏色及 光 澤	条 痕	解理及 断 口
黄 銅 体	CuFeS_2	块状少有 結晶	3.4—4	4.2	黄 銅 色 金屬光澤	綠黑	不整齐的 断口
輝 銅 矿	Cu_2S	少有結晶 成块状	2.5—3	5.5	暗 灰 色 金屬光澤	暗灰	貝壳状断 口
斑 銅 矿	$3\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Fe}_2\text{S}_3$	致密块状	3	5	赤 褐 色 金屬光澤	灰黑	不整齐的 断口
黝 銅 矿	$4\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{Sb}_2\text{S}_3$	块状	3.4	5	灰 色 金屬光澤	暗灰	
赤 銅 矿	Cu_2O	块状	3.5	5.8	赤 褐 色 金屬光澤	赤褐	
自 然 銅	Cu	块状或片 状	2.5—3	8.8	紅 銅 色 金屬光澤	紅銅	金屬齿状 断口
孔 雀 石	CuCO_3 $\text{Cu}(\text{OH})_2$	纖維状	3.5—4	3.9	暗 綠 色 玻璃光澤	綠	不整齐的 断口
銅 藍	CuS	块状	1.5—2	4.6	浓 藍 色	黑	
石 青	2CaCO_3 $\text{Cu}(\text{OH})_2$	纖維状	3.5—4	3.8	天 藍 色 玻璃光澤	深蓝	不整齐的 断口
方 鉛 矿	PbS	立方体	2.5—2.75	7.4—7.6	鉛 黑 色 金屬光澤	鉛黑	立方体, 完全解理
白 鉛 矿	PbCO_3	板状	3.0—3.5	6.5	白, 灰 色 剛光澤	白	貝壳状断 口
硫酸鉛矿	PbSO_4	柱状	2.75—3.0	6.3	白, 綠黃 淡黃, 褐 金屬光澤	白	
閃 鋅 矿	ZnS	块状及柱 状少有	4.0	4.0	金 剛 色 及脂肪光 澤	褐	解理完 全, 十二 面形
菱 鋅 矿	ZnCO_3	晶, 通常 为乳房状	5.0	4.3—4.4	白, 褐, 灰	白	菱形解理
黄 鉄 石	FeS_2	立方体	6—6.5	5	淡黄銅色	微綠	不整齐断 口

5. 除有用矿物外,构成矿床还有哪些矿物

构成矿床的成分,除了有用矿物外,一般还与一些没有经济价值的矿物共生,这些矿物叫做脉石。譬如石英、云母、方解石就是常见的脉石,此外矿床中也常常夹有岩石的碎块,称为夹石。以上这些脉石与夹石在采矿上统统叫做废石。

包围矿体的还有岩石,叫做母岩或围岩,矿床与围岩的界限可能是很分明的,也可能是不分明的。

6. 岩石的种类、性质和矿床的关系

岩石是由各种不同矿物组成,按照岩石生成的性质,可把岩石分成火成岩、沉积岩、变质岩三个大类。常见的火成岩有花岗岩、辉长岩、角闪岩、橄榄岩。沉积岩有砂岩、页岩、石灰岩。变质岩有片岩、片麻岩等。

火成岩对矿床的形成有非常重要的关系,所以对它的特性加以较详细的叙述。

火成岩分为喷出岩和深成岩。前者是从地表深处上升到表面的熔融岩浆凝固而成,熔岩在地表上凝固的很快,它多成为玻璃状和块状产生出来。深成岩是岩浆熔汁未达到地面,而在地表面 500 到 1000 公尺以下的深度凝固时生成的,在这种情况下,岩浆熔汁因冷却得慢,便凝固成由结晶粒组成的岩石。

根据成分,火成岩分成酸性、中性、基性和超基性四种。这四种都是由各种深成岩产出的。属于酸性岩的有花岗岩;属于中性岩的有角闪岩;属于基性岩的有辉长岩;属于超基性的有橄榄岩。这些花岗岩、角闪岩、辉长岩、橄榄岩都是构成有色金属矿床的母岩。

沉积岩是由大小不同的火成岩碎块被风和水带走,在河

底或水里經過化学作用和沉积作用而生成。因为地壳在造山作用时,受力不平衡,它能产生很大的裂縫,这时岩浆便冲在这裂縫中成为矿床,所以沉积岩也是矿床的母岩。

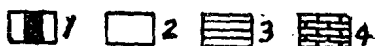
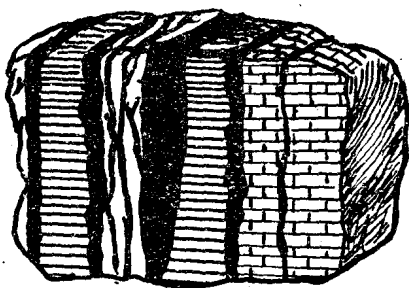


图1 矿块图

1. 鉛矿矿脉; 2. 脉石矿物;
3. 鋅矿矿脉; 4. 围岩。

变質岩是火成岩或沉积岩在极深的地下受到高温和高压作用而生成;在形成矿床时,它也能成为母岩。

所謂形成母岩就是矿床被夹在火成岩与沉积岩之間,或被夹在火成岩与变質岩中間,这时火成岩与沉积岩、火成岩与变質岩都是母岩。

这里有一个图,从这个图就可以更进一步明白它們的关系了。

7. 矿床是怎样形成的

矿床的形成有下面几种情况:

- (1) 由岩浆侵入到岩石內而生成矿床(这叫內生矿床)。
- (2) 不是由岩浆侵入,而是由地壳表面的风化作用生成矿床(这叫外表矿床)。
- (3) 由于地壳的变質作用而生成矿床(这叫变質矿床)。

有色金屬矿床的形成以第一种情况最重要和最普遍,現在我們来詳細的講一講。

前面說过岩石由矿物組成,而矿物又是由岩浆生成的,那

末岩浆是什么呢？岩浆就是含有各种化合物（譬如硫化物、氧化物等）的复杂溶液。这种溶液里含有大量的蒸气和气体。現在的岩浆就埋藏在不可到达的深度里，而成熔融状态存在。它含有常見的元素象矽、鉛、鉄、鈣、鎂、鉀、鈉和其他金屬元素，还含有氧和氢。这些岩浆被非常厚的地层压住。当地壳发生变动，构造被破坏，一部分地层变薄弱，岩浆因为外面的压力减低，就趋向地层較弱的地方，如果地层发生裂縫，它就沿着裂縫向上升，其中一部分經過与地表連通的噴火口噴出来，另一部分就侵入地层里，經過冷却而凝固。不同性質的矿物按先后順序結晶出来，就生成了含有各种不同矿物和岩石的矿床。

岩浆在凝固的一切过程中都能生成矿床。但是因为所受各种作用不同，因而矿床的形式也就不同。与有色金屬有关系的作用有：

(1) 接触矿床：岩浆在侵入火成岩和沉积岩时，放出大量的热，这种热力作用可使原来的岩石改变性質，这种現象叫做接触变質。石灰岩为最容易受接触变質的岩石，假如，石灰岩中含有一些矽、鉄、鎂、鋁的氧化物，受接触变質以后，就变成含有这些氧化物的矽灰石、透輝石、石榴子石等。这些矿物常常成分散小粒的結晶存在石灰岩中，这些矿物叫做接触矿物。它常与黃銅矿、磁鉄矿共生，这种矿床叫接触矿床，接触矿床是有色金屬的重要矿床，它常蘊藏有丰富的矿产。

(2) 交代矿床：有时，岩浆侵入到岩石以后，由岩浆里分出来的含有矿物和气体的水溶液，沿裂縫上升，在上升的过程中，因条件改变，在有利的环境下就将溶液中所携带的有用矿物沉积下来成为矿床。溶液在沉积时，新的物質通过化学作用将原来的物質侵蝕和溶解，偷偷地把它成分换去，在偷换成分的地点，把新物質留下来，这种作用叫做交代作用。由交

代作用而生成的矿床叫交代矿床。有許多大的鉛鋅矿就是因为含有鉛鋅的溶液和围岩起了作用，交代围岩中一部分物質而形成的矿床。

矿物沉积的前后，这些溶液交代了围岩，改变了它的矿物成分和結構，这种現象叫做围岩蚀变。常見的围岩蚀变有：云英岩化，絹云母化，蛇紋石化，綠泥石化，矽燧岩化等。

許多重要的有色金屬就是由交代作用而产生，它的明显标志，就是围岩蚀变。

(3) 热液矿床：矿物的沉积，不只是充填裂縫。帶有矿物的热溶液鑽入围岩后，常常将岩石溶解在当地，并沉积出相当多的矿物。气体也經常可以鑽入围岩中，使围岩变质。所有由于气体，特别是热的溶液內結晶产生的矿物而形成的矿床叫做热液矿床。

热液矿床因为热液的温度和生成的深度不同，又分为高温热液矿床、中温热液矿床、低温热液矿床。温度在 100°C 到 450°C ，深度在1500公尺到4500公尺的矿床叫高温热液矿床。温度在 175°C 到 300°C 之間，深度在1200公尺到3600公尺的矿床叫中温热液矿床。而温度在 50°C 到 200°C 左右，成矿的深度离地表不远或靠近地表的地方，这种矿床叫低温热液矿床。

中温热液矿床是比較最有价值而形式也最多样化的矿床。它能供給大量的金、銀、銅、鉛鋅矿产的开采量。这类矿床的矿物有黃铁矿、黃銅矿、黝銅矿、斑銅矿、閃鋅矿、方鉛矿等。

低温热液矿床也是有意义的矿床。它的金屬矿物有黃銅矿、閃鋅矿、方鉛矿。我国四川西部、云南北部、貴州西部有一些銅矿的矿床，都屬於这一类。它的矿物有斑銅矿、原生輝銅矿等。

所有在地球表面发生的对原生矿物的作用叫做风化作用。它包括冷和热、露水和融雪、雨和风、下渗的水以及植物等对矿物的作用。地表岩石及矿物受风化作用后，起初生成許多細小的裂縫，随着裂縫的扩大，碎成大大小小的碎块，末了成为更細的碎粒，这些碎粒被水帶到距原来很远的地方而沉积下来，叫做沉积矿床。在沉积过程中，比重大的沉在下面，比重小的积在上面。有些有色金属矿床也是由沉积而生成，不过，这不是主要的。

变質矿床是变質作用生成，一些大的鉄矿与它有关。

8. 矿床的形状和它与地質构造的关系

由于岩浆充填的裂縫形状不同及生成的作用不同，所以矿床的形状也是不規則的。它有脉状、扁豆状、矿团矿、矿巢状和网状(见图2)。

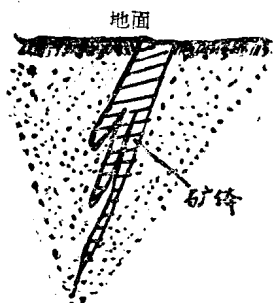
矿床的形状和地質构造很有关系。在生成以后，如果受地質构造的破坏，就受很大的影响。譬如受折綫或断层的破坏，矿床就改变形状和位置。

折綫：矿床在生成后，因为受到地球内部压力作用，矿床可能变成傾斜或水平位置，就形成了折綫，向上的折綫叫做背斜层，向下的折綫称为向斜层(图3)。

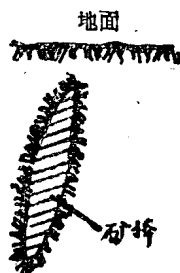
折綫給采矿带来很大的不利，因为它使矿体形状变化，因此采矿方法也就因之而改变。

断层：因为地球内部压力，使岩层往往断裂成許多独立的大块，其中有的大块向上，另外的大块下沉，这就形成了断层(图4)。

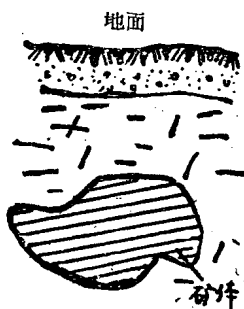
断层的出現就使矿床切断，这时要把它們找到，就困难得多。同时有断层的地方水容易侵入，对采矿也相当不利。



(1)



(2)



(3)



(4)

图2 矿体的形状图

1.脉状；2.扁豆状；3.矿团状；4.矿集状。



图3 褶皱图

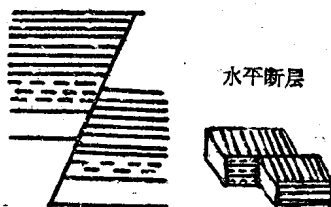


图4 断层图

9. 矿床的变化和二次富集

由岩浆侵入所生成的矿床统统叫做原生矿床。原生矿床里的矿物叫做原生矿物，这时如果含量很高的矿物都集中在一起，就是矿物的富集。但是有一些重要的矿物，在原生矿床里，经过地表外部的化学作用生成了其他的矿物，则叫做次生矿物。这些矿物富集起来，便是二次富集。

在原生矿床上部受到氧化作用，下部受到地下的水作用，可将矿床分成三个带，即氧化带(1)、二次富集带(2)及不变硫化带(3)(图5)。

(1) 在氧化带里：矿床露在地表的部分叫露头，露头是地表受风化作用以后生成的。露头有赤褐色的往往就是褐铁矿，有青蓝色的往往就是蓝铜矿、孔雀石等等一些氧化矿物。

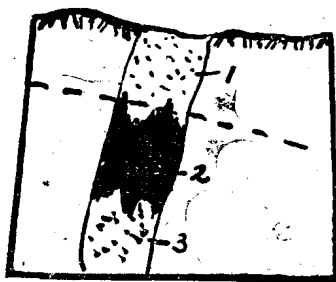


图5 矿床氧化后三带形状示意图

褐铁矿是原生的黄铁矿，接近地表后受空气中雨水作用而生成的。雨水中含有氧、二氧化碳、硫化氢和一些有机酸，这些东西能使硫化物中的黄铁矿发生氧化作用，变成硫酸亚铁及硫酸，硫酸亚铁很不稳定要继续氧化便生成褐铁矿的次生矿物。

黄铜矿受雨水及氧化作用生成硫酸铜及硫酸亚铁，硫酸亚铁继续氧化成褐铁矿，硫酸铜和矿床中的方解石发生作用而沉淀出丰富的氧化铜(如蓝铜矿、孔雀石、矽孔雀石、褐铁矿)的矿床，这种铜矿极有价值。

如果是方铅矿的露头，在氧化带里能生成白铅矿。如果

是閃鋅礦而脈石是方解石或石灰岩，能生成異極礦（也是鋅的一種礦物）。

(2) 在二次富集帶里，這裡接觸不到氧，所以沒有氧化作用。這裡黃銅礦最容易與氧化帶跑下來的硫酸銅起作用，生成斑銅礦或輝銅礦或銅藍等次生氧化礦物，增加這一帶的含銅量，於是形成二次富集帶。

(3) 不變硫化帶：就是沒有發生變化的硫化礦物部分，它仍然保持着原生礦物。

在實際找礦工作中，就常常會碰到這樣的情況，有一些礦床它下部是原生硫化礦物而上部就變化成許多次生氧化物。譬如黃銅礦，它最下部是黃銅礦的原生礦物，而上部却是輝銅礦（或斑銅礦、藍銅礦、銅藍）和褐鐵礦等其他一些氧化物。

以上十節，就回答了第一個問題——向何處找。

10. 尋找何物

在找礦時必須根據這個地區的地質構造情況及形成礦床的作用去找到礦床生成的標志。找礦工作一般只能在地表上進行。

找礦的標志有下面幾個：

(1) 有沒有適宜礦體生成的地質構造和生成這種礦體特殊性質的岩石。

(2) 地表的露頭。

(3) 地下水的涌出情況。

(4) 特殊植物。

(5) 礦轉石及有關的礦物岩石碎屑。

(6) 舊礦的遺迹。

(一) 適宜的地質構造及特殊性質的岩石。