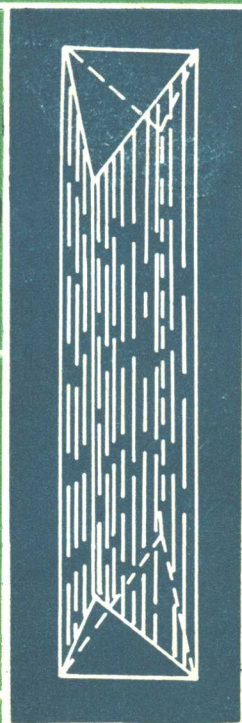
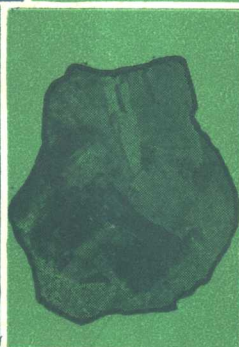
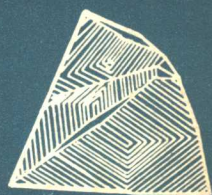
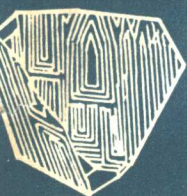


矿物基础知识

李方正



地质工人自学丛书

地质出版社

地质工人自学丛书

矿物基础知识

李 方 正 编

地质出版社

地质工人自学丛书

矿物基础知识

李方正编

地质部书刊编辑室编辑

责任编辑：许冀闻 荣灵璧

地质出版社出版

(北京西四)

地质印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本：850×1168¹/₃₂ 印张：5³/₁₆ 字数：134,000

1981年11月第一版·1981年11月北京第一次印刷

印数1—7,580册·定价1.30元

统一书号：15038·新643

前 言

我们伟大的祖国以历史悠久，幅员辽阔，物产丰富，人民勤劳勇敢著称于全世界。在祖国辽阔广大的土地内，蕴藏着丰富的矿产资源，这是我们用来进行社会主义建设不可缺少的物质基础。发展钢铁工业，除需要铁矿资源外，还需要锰、铬、钛、钒等矿物原料；发展农业，需要大量的氮、磷、钾肥，它们多来自矿物原料。国防和尖端工业上使用的能源，或者机械材料，也是从稀疏、放射性等矿物原料中得来的。

矿物是在地质作用中产生的，具有一定化学成分、结晶构造、外部形态和物理性质的天然体，是元素的加工厂。矿物学是专门研究矿物的科学，是地质科学中一门重要的基础学科。它的中心任务是：研究矿物是怎样生成的？什么化学成分组成？有哪些特点？有什么用处？我们应该怎样去认识矿物？……等等。

在世界范围内，每年平均都发现了几十种新矿物。我国地质工作者，在解放后的30多年里，先后发现了20多种新矿物。我国的地质工作者找出的大量矿物原料，在社会主义建设中已经起到了巨大作用。可以预言，地下埋藏的丰富矿物原料，将为祖国实现“四个现代化”贡献力量。

为了普及地质科学，帮助从事地质调查工作的工人同志以及初学地质的同志学习地质知识，特地编写了《矿物基础知识》这本科学普及读物，作为地质工人自学丛书之一。本书内容包括矿物的基本性质、形态、成因、分类及利用，以及常见的金属矿物和非金属矿物的描述等。全书共分七章，一至四章为通论，五、六两章为矿物的各论。在第五、六两章中对100多种较为常见和有工业价值的矿物作了描述。其中宝石类（即工艺美术类矿物的描述比一般矿物学多了一些内容，这主要是为了方便从事这项工作的同志而增加的。书后附矿物鉴定表。

书中矿物的形态一章，除讲述矿物集合体的形态外，还介绍了晶系的概念以及晶体的各种理想形态。并列举出常见的单形、聚形和双晶，以作为认识矿物的基础。

本书采用了按用途的矿物分类。这样以用途作主线，把用途相近的矿物贯串起来，可能有利于认识矿物和找矿。但是必须指出：目前绝大多数教科书都是按矿物的晶体化学来分类的。这个问题在第四章中将有详细的说明。

在本书的编写过程中，曾得到许多单位和同志的热情帮助，特别是北京地质学院袁复礼教授、矿物教研室老师和地质博物馆高振西总工程师及金菊媛、北京地质局102队、黑龙江省地质局第二地质队、浙江省地质局区测队及长春地质学校的同志们，最后又请曲益华同志作较详细的审查修改，在此谨表诚挚的谢意。

作者限于水平，错误和观点片面之处在所难免，恳切期望同志们批评指正。

目 录

第一章 矿物的化学组成和物理性质	1
一、什么是矿物	1
二、矿物的化学组成	3
1. 矿物是由化学元素组成的	3
2. 矿物的类质同象	4
3. 矿物的同质异象	6
4. 矿物中的水	7
5. 矿物的假象	8
三、矿物的物理性质	9
(一) 矿物的光学性质	9
1. 颜色	9
2. 条痕	10
3. 光泽	11
4. 透明度	12
(二) 矿物的力学性质	12
1. 硬度	12
2. 解理和断口	14
3. 比重	16
4. 其他的力学性质	17
(三) 矿物的其他性质	17
1. 磁性	17
2. 发光性	18
3. 放射性	18
4. 味、嗅、感	18
5. 导电性	18
第二章 矿物的形态	19
一、晶体	19

(一) 什么是晶体	20
(二) 晶体的基本性质	21
1. 多面体性	22
2. 均一性	22
3. 异向性	22
4. 对称性	22
5. 定熔性	22
(三) 晶系	22
(四) 晶体的理想形态	25
1. 单形	25
2. 聚形	25
3. 双晶	30
二、矿物单体和集合体的形态	31
(一) 矿物单体的形态	31
1. 结晶习性	31
2. 晶面条纹	33
(二) 矿物集合体的形态	34
1. 粒状	34
2. 柱状、纤维状、放射状	34
3. 片状、鳞片状	34
4. 晶簇	34
5. 葡萄状、肾状	36
6. 鲕状集合体	36
7. 钟乳状集合体	36
8. 同心圆状	36
9. 土状集合体	37
10. 被膜状、皮壳状	37
第三章 矿物是怎样生成的	38
一、矿物的生成方式	38
1. 从液体中形成	38
2. 从气体中形成	38
3. 从固体中形成	38
二、形成矿物的地质作用	39

(一) 内生形成矿物的地质作用	39
1. 岩浆期及其矿物	40
2. 伟晶-气化期及其矿物	40
3. 热液期及其矿物	41
4. 火山作用及其矿物	41
(二) 外生形成矿物的地质作用	42
1. 风化成矿	43
2. 沉积成矿	43
(三) 变质形成矿物的地质作用	45
1. 接触变质	45
2. 区域变质	45
三、矿物的组合、共生和伴生组合	46
第四章 矿物的分类及其利用	47
一、矿物的分类	47
二、矿物的利用	48
第五章 金属矿物	52
一、钢铁工业常用矿物	52
1. 铁矿	52
2. 锰矿	56
3. 铬矿	58
4. 镍矿	59
5. 钛矿	61
6. 钴矿	63
7. 钼矿	64
8. 钨矿	65
二、有色金属工业常用矿物	67
1. 铜矿	67
2. 铅矿	72
3. 锌矿	74
4. 锡矿	76
5. 锑矿	77
6. 汞矿	78

7. 铋矿	80
8. 铝矿	81
9. 镁矿	81
10. 金矿	82
11. 银矿	82
12. 铂矿	83
三、稀有及放射性矿物	84
1. 铀矿	84
2. 钍矿	86
3. 铍矿	87
4. 镭矿	88
5. 锂矿	89
6. 铌钽矿	90
第六章 非金属矿物	92
一、特种非金属矿物	92
二、农业常用矿物	99
1. 磷肥矿物	99
2. 钾肥矿物	102
3. 氮肥矿物	105
4. 镁肥矿物	106
5. 农药矿物	107
三、美术工艺常用矿物	112
四、建筑材料常用矿物	120
五、常见的造岩矿物	122
第七章 矿物鉴定表	137

第一章 矿物的化学组成和物理性质

一、什么是矿物

我们人类居住和生活的地球是一个微扁的球体，它的平均半径长约6371公里。地球从里到外，构造很复杂，根据其物质状况的不同常简单归纳为三个层圈构造：最里面的一层为地核，平均厚度3471公里，中间一层为地幔，平均厚度约为2900公里，最外面一层为地壳，平均厚度为33公里(图1)。由此可见，地球的构造就好象一个鸡蛋，有蛋黄、蛋白和蛋壳。地壳是由岩石构成的。岩石是由矿物组成的。那么，什么是矿物呢？矿物是具有一定化学成分和物理性质的天然生成的化合物或单质元素。详细解释如下。

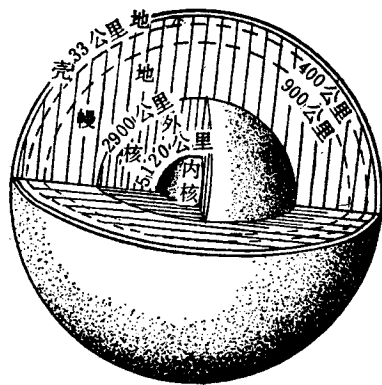


图1 地球的层圈构造示意图

(1) 矿物是化合物或单质元素：绝大多数矿物是由两种或两种以上的元素化合而成的。例如，石英是由硅元素的一个原子和氧元素的两个原子化合而成的二氧化硅(SiO_2)；方铅矿是分别由铅元素和硫元素的一个原子化合而成的硫化铅(PbS)；磁铁矿是由铁元素的三个原子和氧元素的四个原子化合而成的四氧化三铁(Fe_3O_4)等等。除此以外，还有少数矿物是由单质元素组成的。例如，金刚石由碳(C)元素组成，石墨也是由碳(C)元素组成。金(Au)和银(Ag)等元素分别组成自然金和自然银，铜(Cu)元素可以形成自然铜，汞(Hg)元素可以形成自然汞

(水银)等等。所以我们说：自然界绝大多数的矿物都是由几种元素的原子化合形成，只有少数矿物才是以单质元素的形式出现的。

(2) 矿物是天然生成的：就是说矿物是天然地质作用的产物，而不是人造的。矿物虽然没有生命，但也是在漫长的地质历史时期、在自然界里慢慢形成的。最近几十年来，人们利用结晶学的知识，模拟天然晶体生长的条件，在工厂或实验室里用人工的方法，制造出来的晶体，如人造金刚石、人造压电石英等，人们通常称它们为“人造矿物”。(3) 矿物具有一定的化学组成和物理性质。譬如说：有的矿物易溶于水、有的矿物不溶于水；有的易溶于酸、有的不溶于酸；有的咸，有的苦；有的硬、有的软；有的导电，有的绝缘等等。这些性质恰恰是我们鉴别和使用矿物的依据。

还必须指出：多数矿物都是固体，但也有少数矿物是液体。如自然汞和水都是液态矿物。

矿物同人类，特别是同我们地质工作者的关系是很密切的。岩石是由矿物组成的；许多矿物成为工业上不可缺少的重要原料。

那么，什么是岩石呢？岩石有那些种类呢？岩石一般由几种矿物组成，如花岗岩主要是由石英、长石、云母等矿物组成的。有的岩石仅由一种主要矿物组成，如纯橄榄岩主要由橄榄石组成的。岩石按成因可分为岩浆岩沉积岩和变质岩三大类。

(1) 岩浆岩（又叫火成岩）：由地壳深处高温高压的，成分复杂的硅酸盐熔融体一岩浆冷凝形成的岩石。其中在火山爆发过程中喷出地表的岩浆所形成的岩石，叫做火山岩；如果岩浆未喷出地表，只是上升到地壳上部形成的岩石，叫做侵入岩。岩浆岩按二氧化硅(SiO_2)和其他组份含量的多少，又可分为超基性岩、基性岩、中性岩、酸性岩和碱性岩等。

(2) 沉积岩（又叫水成岩）：是原岩（即原来的岩浆岩，沉积岩和变质岩）经过风化破碎，由流水或风力搬运、沉积或化学沉淀作用，在河流、湖泊和海洋中形成的岩石。常见的沉积岩有砂岩、页岩、石灰岩等等。

(3) 变质岩（又叫变成岩）：是上述岩浆岩和沉积岩在高

温高压下引起变质所形成的岩石。常见的变质岩有大理岩、矽卡岩、片岩、片麻岩等等。

总之，各种岩石都是由矿物组成的，矿石●是有用矿物组成的。要认识岩石和矿石，必须首先认识矿物。

二、矿物的化学组成

1. 矿物是由化学元素组成的 要知道矿物的化学组成，首先还是谈谈地壳是由那些化学元素组成的吧！因为它们是密切联系着的。整个地球的化学成分我们无法直接知道，但是地球表面的化学成分，我们却可以用化学分析的方法计算出来。许多地质学家长期研究证实了如下的事实：组成地壳的化学元素很多。化学元素周期表上的元素几乎应有尽有。但是，各种元素的含量是不均匀的。有的很多，有的很少；有的集中，有的分散。氧、硅、铝、铁、钙、钠、钾、镁、钛、氢、碳等十一种元素，占了地壳总量的99.45%（其中氧占46.95%，硅占27.88%，铝8.13%，铁5.17%……）其他近80多种元素才占0.55%。可见地壳中的矿物主要是由上面这些元素组成的，而且多以氧化物和含氧盐存在（见表1）。

矿物的化学成分一般比较固定，一种矿物往往由一定的化学元素所组成，变化不大。例如，石英由二氧化硅（ SiO_2 ）组成；方

矿物的主要化学组成

表 1

矿 物 种 类	占各种矿物%	占地壳总重量 %
硅 酸 盐	24	75
氧 化 物	14	17
碳 酸 盐	5	1.7
磷 酸 盐	18	0.7
其……………他		

●矿石：有用矿物的集合体称为矿石。如铁矿石、铜矿石等。

铅矿由硫化铅(PbS)组成,方解石由碳酸钙(CaCO_3)组成等。但是有些矿物往往混入少量的杂质。如铁质、锰质、碳质、粘土,甚至有的还混入水分、气体等物质,成为包裹体。对于这些混入的杂质,通称为机械混入物。矿物中混入物的存在是相当普遍的。由此,常使一些原来为无色透明的矿物染为各种颜色。例如,水晶(SiO_2)本来是无色透明的,但混入锰(Mn)可成紫色;混入钛(Ti)成蔷薇色,混入高价铁(Fe^{3+})成红色,或混入碳(C)成黑色等。

2. 矿物的类质同象 什么叫做类质同象呢?为了说明这个问题,让我们先举一个例子来看一看。闪锌矿的化学成分为硫化锌(ZnS)。从理论上说, Zn^{+2} 和 S^{-2} 在数目上的比例是1:1。但自然界产出的闪锌矿中常含有铁(Fe^{+2})、镉(Cd^{+2})、锰(Mn^{+2})等等,而且在不同产地的闪锌矿中,铁、镉、锰……的含量又是很不相同的。每当闪锌矿中含有这些元素时,Zn的含量就低于理论值,比例就不是1:1。但($\text{Zn}^{+2} + \text{Fe}^{+2} + \text{Cd}^{+2} + \text{Mn}^{+2} + \dots$)与 S^{-2} 之比还是1:1。我们对含铁量不同的闪锌矿进行研究以后还发现,随着闪锌矿含铁量的增加,它的性质和晶胞[●]的大小都发生规律性的变化(表2):颜色由浅变深、比重

含铁量不同的闪锌矿物物理性质变化表

表 2

FeS的含量(%)	0.16%	10.31%	18.25%	26.2%
物理性质				
颜色	无色	棕黑色	黑色	铁黑色
条痕	白色	浅黄色	绿褐色	褐色
透明度	透明	半透明	薄片不透明	
光泽	全刚光泽		半金属光泽	
晶胞大小($\text{\AA}$) [*]	5.423	5.432	5.442	5.450
比重	大—————→小			

• $1\text{\AA} = 10^{-8}$ 厘米

●晶胞:——即组成晶体质点排列的最小单位。实验证明,在直径只有一毫米的食盐(NaCl)小晶体中,就有 10^{16} 个晶胞,可见晶胞十分微小。

由大变小，晶胞由小变大等等。这些现象说明铁、镉、锰等成分，在闪锌矿中不是无规律的机械混入物，而是一种类质同象混入物。

从上述例子中可以得出类质同象的概念：晶体中某种质点被类似质点所代替（置换、取代），而能保持原有晶体构造类型，只是稍微改变其晶胞常数^①的现象，称为类质同象。

类质同象是在晶体形成过程中发生的。例如闪锌矿在其形成过程中，成矿溶液中不仅含 Zn^{+2} 和 S^{-2} ，而且还含有 Fe^{+2} 、 Cd^{+2} 、 Mn^{+2} ……等离子。锌（ Zn^{+2} ）与铁（ Fe^{+2} ）的化学性质相似，离子半径相近，因此，铁（ Fe^{+2} ）占据部分锌（ Zn^{+2} ）的位置而形成含铁闪锌矿。含铁闪锌矿与闪锌矿的内部构造没有显著的变化（图2）。因此闪锌矿中的铁，被称为类质同象混入物。但是它的置换只局限于一定的范围，一般不能超过20%。这种现象称为不完全的类质同象。

再如，在菱镁矿的形成过程中，成矿溶液中不只含镁（ Mg^{+2} ）而且还含有亚铁（ Fe^{+2} ）。 Mg^{+2} 与 Fe^{+2} 的化学性质相似，离子半径相近，所以菱镁矿 MgCO_3 中的镁（ Mg^{+2} ）可以被任意数量的铁（ Fe^{+2} ）所代替、或者菱铁矿（ FeCO_3 ）中的 Fe^{+2} 可以被任意数量的 Mg^{+2} 所代替，而两者的构造类型无显著不同。因此，

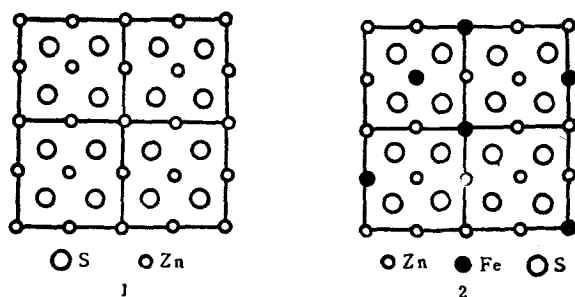


图2 含铁闪锌矿与闪锌矿的内部构造没有显著变化

1—闪锌矿构造；2—铁闪锌矿构造

^①晶胞常数——指决定晶胞大小的轴长、 a_0 、 b_0 、 c_0 和轴角 α 、 β 、 γ 的数值。

菱镁矿中的铁或菱铁矿中的镁都称为类质同象混入物。这种现象称为完全的类质同象。

类质同象的形成，主要决定于彼此代替的离子半径应大小相近，互相代替的离子对周围其他离子的作用应相似；以及互相代替的离子总电价应该相等。此外，温度和压力也有一定的影响。

研究矿物的类质同象，不仅因为这种现象很多，而且可以说明矿物组分的多变性，更能清楚地阐明元素共生的规律，从而大大加强找矿工作的预见性和对矿产综合利用的评价。实践证明，大多数稀散元素是以元素类质同象替换的方式存在于矿物之中。如闪锌矿中含镓、锗、铟、镉、铊等；辉钼矿中常含铼；锆矿物中常含有铪等，都是以类质同象方式存在的。

3. 矿物的同质异象 化学成分相同的物质（同质），在不同环境下，可以形成在性质和构造上完全不同的晶体（异象体）。这一现象称为同质异象。金刚石和石墨是最常见的同质异象体，有人称它为碳元素的两兄弟。金刚石和石墨都是由单质碳（C）元素组成的，但是，它们的性质却完全两样（表3）。金刚石无比坚硬，色泽绚丽，形体规则（多成立方体、八面体、菱形十二面体）；而石墨则硬度很小，甚至染手。颜色钢灰，成片状和块

金刚石与石墨物理性质对比表

表 3

金 刚 石	石 墨
八 面 体	鳞 片 状 块 状
透 明	不 透 明
硬 度 10	硬 度 1
比 重 3.5—3.53	比 重 2—2.33
裂 开 中 等	解 理 极 完 全
金 刚 光 泽	金 属 光 泽
导 电 性* 弱	导 电 性 强

* 导电性：矿物对电流的传导能力。它和矿物的内部构造有关。导体，如自然金属及部分硫化物等；半导体，如黄铁矿，自然硫；绝缘体，如石棉，白云母等，

块状出现。同一种元素成分具有两种异象体的，叫做同质二象，具三种异象体的，叫做同质三象；以此类推，三种以上的则叫做同质多象。在矿物中同质二象最为普遍。

同质多象的形成最根本的原因还在于外界条件（主要是温度和压力）的变化引起晶体内部构造的不同而产生的。

金刚石晶体中的碳原子排列比较紧密，而且每个碳原子周围都有四个距离相等的碳原子，构成最紧密的四面体堆积，这就决定了它的硬度大，熔点高等性质，而石墨中的碳原子成层状分布，距离稀疏，这就决定了石墨硬度低，成片状等性质。图3为金刚石和石墨的晶体内部构造。

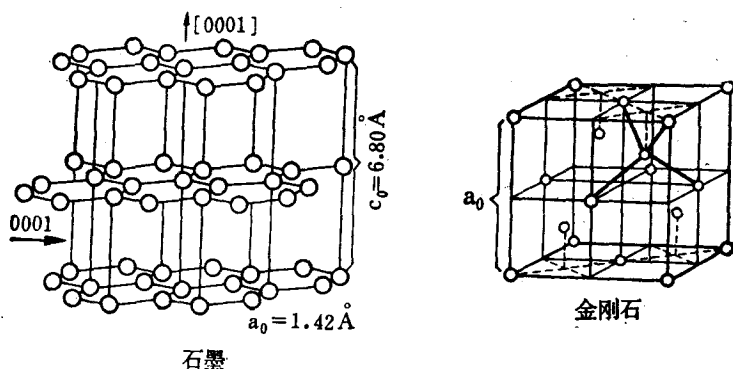


图3 金刚石与石墨的晶体内部构造

下面举例说明，外界条件（主要是温度和压力）的变化，是同质异象体形成的主要原因。例如金刚石在真空条件、压力恒定（高压或低压）的情况下加热至 1900°C 时变为石墨，但石墨冷却时不能变成金刚石，故称为单变性的同质异象。

4. 矿物中的水 固体矿物里含有液体的水吗？回答是：有的矿物含水。例如蛭石放在火上灼烧后体积要膨胀18—25倍，比重也有明显的减小，能在水面上漂浮，好象蛭虫在水中游动，一样。为什么蛭石被火烧后体积膨大，比重减小呢？这是因为它原来含水，灼烧后失去了水分的缘故。

几种含水矿物

表 4

矿物名称	化学式	含水类型
滑石	$Mg_3[OH]_2[Si_4O_{10}]$	构造水
蛇纹石	$Mg_8[OH]_8[Si_4O_{10}]$	构造水
高岭石	$Al_4[OH]_8[Si_4O_{10}]$	构造水
硼砂	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	结晶水
石膏	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	结晶水
光卤石	$KMgCl_3 \cdot 6H_2O$	结晶水
硅孔雀石	$Cu_3[AlSi_3O_{10}][OH]_2 \cdot H_2O$	结晶水
沸石	$Na[AlSi_5O_{12}] \cdot 4H_2O$	自由水
铋华	$Bi_2O_3 \cdot nH_2O$	吸附水
钴土	$Co_2O_3 \cdot 2H_2O$	吸附水
褐铁矿	$Fe_2O_3 \cdot 2H_2O$	吸附水
硬锰矿	$mMnO \cdot MnO_2 \cdot nH_2O$	吸附水

自然界有许多矿物是含水的，如滑石、蛇纹石、高岭石、褐铁矿等。根据水在矿物中存在的状态，可分为四种类型（表4）

构造水：是以氢氧根（ OH^- ）和氢离子（ H^+ ）形式存在于晶胞的固定位置。例如白云母 $KAl_2[AlSi_3O_{10}][OH]_2$ 。

结晶水：是以水分子（ H_2O ）的形式存在于矿物晶胞的固定位置，水分子数与矿物中其他的组分成简单的整数比。例如石膏 $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ 。

自由水：矿物中存在的水位于晶胞以外，这种水加热时可慢慢放出来，如沸石水。

吸附水：矿物中存在的水与内部构造无关。含量不定。加热到 $110^\circ C$ 时大部分水都能失去。

5. 矿物的假象 我们在野外识别矿物的时候，需要认真观察和研究它的特征，否则会被一些假象所迷惑。譬如黄铁矿氧化后部分物质溶解流失了，而其中的氧化铁（褐铁矿）被残留下来并充填原硫化物矿物的空间位置，于是氧化铁（褐铁矿）就依黄铁矿的形态出现，我们称之为褐铁矿呈黄铁矿的假象。总之，一