《结晶学及矿物学》
实习与自学指导书

许虹　编著

中国地质大学 （北京）

前　　言

本书是作为《结晶学及矿物学》教材的配套实习指导书和辅导书而编写的。书的编写以《结晶学及矿物学》教材为依据，还参阅了部分兄弟院校的教材及实习指导书。本书目前为试用版。

本书不仅是学生进行《结晶学及矿物学》实习的指导书，而且是学生自学和复习的指导书。书中将教材各章的重点、难点和思考题列出，以便于学生自学和复习时准确掌握和深入理解各章的中心思想和精髓。

本书由岩石与矿物教研室许虹执笔编写，由李胜荣教授修订定稿。

由于时间仓促，水平有限，内容错误或不当之处在所难免，衷心希望使用本书的老师和同学们提出宝贵的意见，以便修订时改正。

许虹

中国地质大学（北京）
地球科学与资源学院
岩石与矿物教研室

2005 年 6 月

目　录

第一部分　结晶学基础 8

第一章　绪论 8

一、重点 8
二、难点 8
三、思考题 8

第二章　晶体的形成 9

一、重点 9
二、思考题 9

第三章　晶体的测量与投影 10

一、重点 10
三、思考题 10
四、实习：晶体目估极射赤平投影 10
（一）目的 10
（二）准备工作 10
（三）内容 10

第四章　晶体的外部对称 12

一．重点 12
二．难点 12
三．思考题 12
四．实习：晶体的对称（晶体模型上寻找对称要素、确定对称型） 12
（一）目的 12
（二）准备工作 13
（三）内容 13
（四）步骤和方法 13

第五章　晶体定向、晶面与晶带(晶棱)符号 17

一、重点 17
二、难点 17
三、思考题 17
四、实习：晶体定向和晶体符号 17
（一）目的 17
（二）准备工作 18
（三）内容及方法 18

第六章　单形和聚形 22

一、重点 22
二．难点 22
三、思考题 22
四、实习：单形和聚形 22
（一）目的 22
（二）准备工作 23
（三）内容 23
第七章　晶体的规则连生 26
一、重点 26
二、难点 26
三、思考题 26
四、实习：晶体的规则连生—双晶 26
（一）目的 26
（二）准备工作 26
（三）内容 26
五、综合性实习　晶体对称综合分析 27
第八章 晶体结构的几何理论 28
一、重点 28
二、难点 28
三、思考题 28
四、实习：矿物晶体结构的空间群 28
（一）目的 28
（二）难点 28
（三）准备工作 28
（四）内容和方法 29
第九章 晶体化学 30
一、重点 30
二、难点 30
三、思考题 30
四、实习：等大球体的最紧密堆积和矿物典型结构分析 30
（一）目的 30
（二）难点 30
（三）准备工作 31
（四）内容和方法 31
第二部分　矿物学 33
第一章　绪论 33
一、重点 33
二、思考题 33
第二章　矿物的化学成分 34

一、重点 34
二、难点 34
三、思考题 34
第三章　矿物的形态 35
一、重点 35
二、难点 35
三、思考题 35
四、实习：矿物的形态 35
（一）目的 35
（二）准备工作 36
（三）内容和方法 36
第四章　矿物的物理性质 38
一、重点 38
二、难点 38
三、思考题 38
四、实习：矿物的物理性质 38
（一）目的 38
（二）准备工作 38
（三）内容和方法 38
第五章　矿物的分类及命名 43
重点 43
第六章　自然元素矿物大类 44
一、重点 44
二、难点 44
三、思考题 44
四、实习　自然元素 44
（一）目的 44
（二）难点 44
（三）内容和方法 45
第七章　硫化物及其类似化合物矿物大类 46
一、重点 46
二、难点 46
三、思考题 46
四、实习　硫化物及其类似化合物 46
（一）目的 46
（二）难点 47
（三）内容 47
第八章　氧化物和氢氧化物矿物大类 50

一、重点 50
二、难点 50
三、思考题 50
四、实习　氧化物和氢氧化物 50
（一）目的 50
（二）难点 50
（三）内容 51
第九章 含氧盐矿物大类（一） 55
硅酸盐矿物类 55
一、重点 55
二、难点 55
三、思考题 55
岛状结构硅酸盐矿物亚类 55
一、重点 55
二、难点 55
三、思考题 56
四、实习　岛状结构硅酸盐矿物 56
（一）目的 56
（二）难点 56
（三）内容 56
链状结构硅酸盐矿物亚类 59
一、重点 59
二、难点 59
三、思考题 59
实习　链状结构硅酸盐矿物 59
（一）目的 59
（二）难点 59
（三）内容 60
层状结构硅酸盐矿物亚类 62
一、重点 62
二、难点 62
三、思考题 62
四、实习　层状结构硅酸盐矿物 62
（一）目的 62
（二）难点 62
（三）内容 63
架状结构硅酸盐矿物亚类 65
一、重点 65

二、难点 65
三、思考题 65
四、实习　架状结构硅酸盐矿物 65
（一）目的 65
（二）难点 66
（三）内容 66
第十章 含氧盐矿物大类（二） 其它含氧盐矿物 68
一、重点 68
二、难点 68
三、思考题 68
四、实习　其它含氧盐矿物 68
（一）目的 68
（二）难点 69
（三）内容 69
第十一章　卤化物矿物大类 72
一、重点 72
二、思考题 72
二、实习　卤化物矿物 72
综合性实习：未知矿物肉眼综合鉴定 73
目的 73
方法步骤 73

第一部分　结晶学基础

第一章　绪论

一、重点

晶体的概念、空间格子、晶体的基本性质。

二、难点

空间格子

三、思考题

1. 晶体的外形一定是规则的几何多面体？
2. 晶体不一定表现出规则的几何多面体外形。但生长时能自发长成规则几何多面体的固体，是否肯定都是晶体？为什么？
3. 空间格子与晶体结构有何联系？空间格子的结点是真实的晶体质点？
4. 能够反映晶体的对称性的三维图形是空间格子？
5. 晶体的几何多面体形态和解理反映晶体的哪些性质？

第二章　晶体的形成

一、重点

晶体生长和晶面发育几个理论的主要含义。

二、思考题

1. 晶体是怎样长大的？
2. 在有的晶体内部可以看到一层层平行的纹，说明晶体是如何长大的？有的晶体的晶面上有螺旋纹，说明了什么？
3. 晶面的生长遵循哪些规则？
4. 在一个晶体生长过程中，晶体形状大小的不同阶段晶面数目有变化吗？对于晶面数目一般大晶体的多还是小晶体的多？为什么？
5. 实际晶体的晶面与晶体结构的网面密度有何关系？

第三章　晶体的测量与投影

一、重点

面角守恒定律，晶面的投影

二、难点

1.晶体的极射赤平投影投影；
2.倾斜晶面的投影。

三、思考题

1. 为什么进行晶体投影？它的理论依据？
2. 晶体投影与晶体大小有关吗？晶体几何外形完全相同，但晶体大小不同，其投影图相同吗？
3. 不同方位（水平、倾斜、直立）相互平行的晶面投影特点？
4. 总结不同空间方位的晶面（水平、直立、倾斜）的极射赤平投影点与基圆的关系。
5. 倾斜晶面投影点与基圆的距离与晶面的倾斜程度有关吗？

四、实习：晶体目估极射赤平投影

（一）目的

熟练掌握晶体极射赤平投影投影的方法。

（二）准备工作

复习晶面投影的原理和晶面投影规律

（三）内容

利用晶体模型进行晶体投影，模型上晶面包括水平、直立和倾斜晶面，以及上下半球重合的晶面和同形等大不重合（如菱面体）的晶面。

晶体投影步骤：

1. 虚线（不用实线以区别于水平对称面）画基圆；
2. 正确摆放晶体（根据晶体定向原则，暂时按老师要求，该内容将在晶体定向一章讲解）；
3. 分析晶体所有晶面的空间方位；
4. 明确晶面投影点与基圆的关系：水平晶面投影在基圆中心，直立晶面投影在基圆上，倾斜晶面投影在基圆内（倾斜接近水平晶面投影点靠近基圆中心，倾斜接近直立者投影点靠近基圆）；
5. 投影：（1）上半球（投影球）晶面投影点记作 ⊙；

   （2）下半球晶面投影记作×；

   （3）直立（与投影面垂直）晶面投影为 ⊙或〇；

   （4）上下半球晶面投影点重合记为⊗

第四章　晶体的外部对称

一．重点

1. 晶体对称要素的含义和操作及其对称要素之间的关系（对称要素组合定理）；
2. 晶体对称分类的依据和体系。

二．难点

1. 对称要素中 $4L^3$、L_i^4 的确定。
2. 对称要素投影：L^2PC 中 L^2 与 P 的关系及 L^2 的投影位置；L^33L^23PC 中 $3L^2$ 的确定和投影位置，及 L^2 与 P 的系；等轴晶系晶体倾斜的 $4L^3$ 和 $6L^2$ 的投影；倾斜对称面的投影（大圆弧）。
3. 组合定理的应用。

三．思考题

1. 晶体的外部对称是有限的对吗？对称要素最多的是哪个对称型？
2. 只要能将图形平分为两相等部分的平面就是对称面吗?
3. 中级晶族晶体中能否有 L^n 或 P 与唯一的高次轴斜交，为什么?
4. 在低级和中级晶族中当晶体有 C 和 P 时，就有直立的对称轴和与之垂直的水平对称面存在,对吗？举例说明为什么。
5. 对称型 L^2PC 中 L^2 与 P 是何种关系(垂直、包含)?
6. 对称型 L^44L^25PC 中 4 个 L^2 和 5 个 P 分别与 L^4 为何种关系？为什么？
7. 对称型 L^33L^23PC 中有对称中心，P 与那种对称轴为垂直关系？与哪种对称轴是包含关系？
8. 当晶体对称要素中唯一的高次轴是 L^3，并有与之垂直的 P 时，该晶体属于三方晶系还是六方晶系？
9. 能否说：当晶体中有 L^2 而无对称中心时，此 L^2 必为 L_i^4？L_i^4 位置也具有 L^2 的功能，可以由 L^2 替代 L_i^4 吗？

四．实习：晶体的对称（晶体模型上寻找对称要素、确定对称型）

（一）目的

熟练掌握确定晶体对称型的方法及其对称要素投影，理解晶体对称的含义和对称要素之

间的相互关系，熟练进行晶体的对称分类。从中体会晶体形态与晶族晶系的关系。

（二）准备工作

复习晶体的对称对称的概念、对称操作和对称要素、对称要素的组合，对称型的概念、晶体的对称分类。

（三）内容

第一次实习：练习在低级和中级晶族的晶体模型上找出全部对称要素，并练习对称要素投影。

第二次实习：练习在中级高级晶族的晶体模型上找出全部对称要素（对称型）并投影；练习晶体分类。

第三次实习：利用对称组合规律在晶体模型上熟练寻找对称要素，确定对称型，进行晶体分类。

（四）步骤和方法

注意：操作过程中，模型尽可能不要转动，以免遗漏或重复计数。

（一） 找对称要素

观察晶体模型上面、棱、角的重复规律。

晶体上出现的对称要素有：对称面（P）、对称轴（L^n）、对称中心（C）、旋转反伸轴（L_i^n）。

1．对称面(P)

P 的数目：对称面在晶体中可无或一至数个，最多 9 个。P 的数目可记作 P 前的系数，如 9P。

P 可能出露的部位：①垂直并平分晶面处；②垂直晶棱并通过它的中点；⑧包含晶棱。

2．对称轴(L^n)

L^n 种类： L^1 、L^2 、L^3 、L^4 、L^6

L^n 可能出露的部位：①晶面的中心；②晶棱的中点；②角顶。

同一晶体 L^n 的种类和数目：可以无或有对称轴；同一轴次对称轴可有一个或数个，数个时有系数表示，如 $3L^2$；也可以数个不同轴次对称轴同时存在，如 $3L^44L^36L^2$。

3．对称中(C)

具有对称中心的晶体，其晶面必然都是两两平行、反向同形等大。由此可判别晶体有无对称中心。

4. 旋转反伸轴(L_i^n)

L_i^n 的种类：L_i^1 、L_i^2 、L_i^3 、L_i^4 、L_i^6。

晶体中的旋转反伸轴除 L_i^4 外其它可由简单对称要素（L^n、P、C）替代：$L_i^1 = C$、$L_i^2 = P$、$L_i^3 = L^3C$、$L_i^6 = L^3P$。

由于这些旋转反伸轴可以被简单的对称要素代替，只有 L_i^4 不能由简单对称要素代替，因此 L_i^4 具有特殊意义。

L_i^4的寻找方法：一般当晶体有 L^2 而无对称中心时，应注意该 L^2 是否是 L_i^4。方法是：将晶体围绕 L^2（暂定）旋转 90°，再进行反伸操作，观察旋转前后的图形能否重复，如重复，该假想直线是 L_i^4 而非 L^2。具有 L_i^4 的几何多面体以四方四面体和四面体（在后续课程中）最为典型；

另外，当晶体中惟一的高次轴是 L^3 且还有与之相垂直的 P，此时 L^3 和 P 的组合记作 L_i^6（因 $L_i^6 = L^3P$）而不能再单独记数，该晶体属于六方晶系而不是三方晶系，。

（一） 确定对称型和书写规则

对称型：晶体上所有对称要素的组合即为对称型，即所有对称要素按书写规则写出既是对称型。

书写规则：

1. 从前到后顺序：对称轴→对称面→对称中心，如 L^2PC；
2. 对称轴有多种轴次时，按轴次高低顺序依次书写，即高次轴在前低次轴在后，如 L^44L^2，$3L^44L^36L^2$。
3. 当对称要素中有时，书写时一定将 $3L^44L^36L^24L^3$ 写在第二位，如 $3L^24L^43PC$、$3L^44L^36L^29PC$。

（二） 应用对称要素组合规律找对称要素和确定对称型

1. 若在晶体中找到的高次轴多于一个，则该晶体属于**等轴晶系**，不能应用对称组合规律。等轴晶系中必然会找到 3 个互相垂直的上 L^4 或 L^2 和在其四周对称出现并与之斜交的 4 个 L^3；且在有 3 个 L^4 的晶体中必有 6 个 L^2；对称面可无，要么则为 3 个、6 个或 9 个；对称中心亦可有可无，其判别方法同前述。

2. 在中、低级晶族中可应用对称组合规律找对称要素。

对称组合规律如下：

(1) $L^n \times L^2_{\perp} \rightleftarrows L^n \mathbf{n}L^2_{\perp}$，$L^n$ 与 L^2 必须是相互垂直的关系，此时的 L^2 数目是 n 个，如 L^22L^2（$3L^2$）、L^33L^2、L^44L^2、L^66L^2。

(2) $L^n \times P_{//} \rightleftarrows L^n \mathbf{n}P_{//}$，$L^n$ 与 P 必须是包含（平行）的关系，此时的 P 数目是 n 个，如 L^22P、L^33P、L^44P、L^66P。

(3) $L^n \times P_{\perp} \rightleftarrows L^n P_{\perp} C$，$L^n$ 的轴次是偶次，当与 P 为垂直关系时，晶体具有对称中心，如 L^2PC、L^4PC、L^6PC。对称中心就不必一定通过观察晶面是否两两平行反向同形等大来确定，用该规则更简单易行。

（4）教材中的对称组合规律的第四条主要对 $L_i^4\,2L^22P$ 适用。

练习应用对称要素组合规律推导对称型：晶体上一个最高对称轴是 $\mathbf{L^4}$，还有与之成包含关系的 **P** 和垂直关系的 $\mathbf{L^2}$ 及 **C**。根据对称要素组合规律 $L^n \times L^2_{\perp} \rightarrow L^n \mathbf{n}L^2_{\perp}$ 和 $L^n \times P_{//} \rightarrow L^n \mathbf{n}P_{//}$，晶体上应有 4 个与 L^4 成包含关系的 P 和 4 个与 L^4 垂直关系的 L^2，既 $L^44\,L^2_{\perp}4\,P_{//}$；因为晶体上有对称中心，根据对称要素组合规律 $L^n \times P_{\perp} \rightarrow L^n P_{\perp} C$，晶体上的所有偶次轴即 L^4 和 L^2 都应有与之垂直的 P，也既 1 个有与 L4 垂直 P，有 4 个分别与 4L2 垂直的 P；与 4 个 L^2 垂直的 4 个 P 恰好是与 L^4 成包含关系的 4 个 P，这 4 个 P 重复不计数，只计数与 L^4 垂直的 1 个 P，前面推导得出的 $L^44\,L^2_{\perp}4\,P_{//}$ 再加上 1 个 P，该晶体的对称型应为：L^44L^25PC。

（三） 晶体对称分类（确定晶族、晶系）

根据晶体的对称型进行晶族晶系的划分，具体步骤：

晶体的对称分类

晶族	对称特点	晶系	对称特点	对称型	
				种类	对称型的国际符号
低级晶族	无高次轴	三斜晶系	无 L^2 和 P	L^1、C	1、$\underline{1}$
		单斜晶系	有 L^2 和 P，无系数	L^2、P、L^2PC	2、m、2/m
		斜方晶系	有 L^2 和 P，系数超过 1	$3L^2$、L^22P、$3L^23PC$	222 、 mm(mm2) 、 mmm(2/m2/m2/m)
中级晶族	高次轴只有一个	三方晶系	1 个 L^3 或 L_i^3	L^3、L^3C、L^33L^2、L^33P、L^33L^23PC	3、$\underline{3}$、32、3m、$\underline{3}$m(32/m)
		四方晶系	1 个 L^4 或 L_i^4	L^4、L_i^4、L^4PC、L^44L^2、L^44P 、 $L_i^42L^22P$ 、 L^44L^25PC	4、$\underline{4}$、4/m、42（422）、4mm 、 $\underline{4}$2m 、 4/mmm(4/m2/m2/m)
		六方晶系	1 个 L^6 或 L_i^6	L^6、L_i^6、L^6PC、L^66L^2、L^66P 、 $L_i^63L^23P$ 、 L^66L^27PC	6、$\underline{6}$、6/m、62(622)、6mm 、 $\underline{6}$2m 、 6/mmm(6/m2/m2/m)
高级晶族	多个高次轴	等轴晶系	4 个 L^3	$3L^24L^3$、$3L^24L^33PC$、$3L^44L^36L^2$、$3L_i^44L^36P$、$3L^44L^36L^29PC$	23 、 m3(2/m$\underline{3}$) 、 43(432) 、 $\underline{4}$3m 、 m3m(4/m$\underline{3}$2/m)

（四） 对称要素的目估极射赤平投影

在确定晶体对称型的基础上，将晶体放置正确位置（晶体定向后续内容，暂按老师要求做），分析晶体所有对称要素的空间方位（水平、倾斜、直立），及对称要素之间的相互关系，这对于正确对对称要素进行极射赤平投影是至关重要的。投影作图具体步骤：

1. 画出基圆，虚线表示；
2. 正确放置晶体（晶体定向）；
3. 分析对称要素的空间方位，对其投影。

（1） 对称面的投影：用粗实线表示。它与球面上大圆的投影原理相同，即：水平对称面投影为基圆（虚线的基圆改为实线），直立对称面投影为基圆的直径；倾斜(与投影轴斜交)者为以基圆直径为弦的大圆弧，只在等轴晶系中有 6P 或 9P 时出现倾斜的对称面。

（2） 对称轴或旋转反伸轴的投影：类似与晶面的投影都是线的投影，即直立的对称轴投影于基圆圆心，水于者于基圆上(1 个水平对称轴在基圆上出露点为两点)，倾斜者位于基圆内（仅在等轴晶系出现，如 $4L^3$、$6L^2$）。

（3） 对称轴符号：L^2、L^3、L^4、L^6、Li^4 分别表示为：〇 、△、□、○（六边形）、□

（4） 对称中心的投影：因投影时是将晶体中心与投影球中心重合，故其投影点位于基圆中心，以 C 表示。

例：长石晶体（L^2PC，晶体放置 L^2 为左右，数量多的晶面垂直投影面）、方解石晶体（L^33L^23PC，L^3 直立，其中 1 个 L^2 放置左右）和石盐晶体($3L^44L^36L^29PC$，其中 3 个 L^4 分别为直立、前后、左右)的对称要素的极射赤平投影图(图 1、2)。

第五章　晶体定向、晶面与晶带(晶棱)符号

一、重点

1. 选择晶轴原则，不同晶系选择不同对称要素作为晶轴；
2. 晶体常数
3. 确定晶面符号及晶棱符号
4. 观察同一晶体上当晶面形状大小相同时其晶面符号的特点。

二、难点

1. 在晶体上确定晶轴；
2. 晶面与结晶轴截距系数的确定、晶面指数的确定；
3. 四轴定向晶面符号的确定。

三、思考题

1. 单斜晶系晶体有一晶面，其在三个结晶轴上的**截距**之比为 1：1：1，试问此晶面的晶面符号是（111）吗？如果此种情况分别出现在斜方、四方和等轴晶系的晶体中，它们的该晶面的晶面符号分别写为什么？为什么？
2. 晶面符号为（0kl）和（001）的晶面分别在单斜、斜方和四方晶系中与三个结晶轴的关系如何（垂直、斜交）？
3. 试问比较符号和晶面符号两者在构成形式及指数含义上的异同。
4. 单斜晶系中的[100]代表什么方向？（用与结晶轴的相对关系表达）
5. 等轴晶系中的[110][111]分别平行与立方体中的什么方向？
6. 某矿物为斜方晶系，其晶体形态由{hk0}、{010}和{001}单形组成，试问组成[001]晶带的晶面有哪些？

四、实习：晶体定向和晶体符号

（一）目的

1. 掌握选择晶轴的原则，正确进行晶体定向。
2. 熟记晶体常数特点，据此在晶体模型上熟练确定各晶面的晶面符号，并能据晶面符号想象出其晶面在晶体上的空间方位。
3. 练习晶带(晶棱)符号的确定，明确其含义。

（二）准备工作

复习晶体定向的概念、各晶系晶轴选择原则和晶体常数特点、晶面符号的概念和表示方法及晶棱符号的含义。

（三）内容及方法

第一次实习：三轴定向（三斜、单斜、斜方、四方、等轴晶系）晶体的晶面符号的确定。

目的：熟练掌握各晶系晶体定向原则和晶面符号确定。

难点：（1）晶轴的选择和晶体常数在确定晶体符号中的应用；（2）单斜晶系晶体 X 轴的选择、X 轴在确定晶体符号中的应用、（001）和（0kl）晶面的投影。

第二次实习：四轴定向（三方、六方晶系）晶体的晶面符号的确定。

目的：熟练掌握各晶系晶体定向原则和晶面符号确定，学会在投影图上确定晶面符号（对于四轴定向的晶面符号的确定，利用投影图比用晶体模型来得便捷）。

难点：（1）水平 X 轴（向前左偏 30 度）和 U 轴的选择；（2）晶面指数前三位的确定，如{10$\underline{1}$0}、{11$\underline{2}$0}、{hh$\underline{2}$hl}。

第三次实习：三轴、四轴定向（七个晶系）晶体的晶面符号及晶带符号的确定。

目的：熟练掌握三轴、四轴定向的各晶系晶体定向原则和晶面符号及晶带符号的确定，掌握晶带符号与晶面符号的关系。

难点：晶带符号的确定。

<u>内容和方法</u>

(一) 晶体定向

晶体定向即是在晶体中确定坐标系统。晶体定向的具体步骤：

4. 找出晶体的全部对称要素，确定对称型；
5. 根据对称型确定晶族、晶系（晶体对称分类）；
6. 按各晶系选择晶轴的原则进行晶体定向，即将根据选择晶轴原则选出的对称要素按结晶轴位置放置晶体模型。由于晶体对称特征有以下二种定向：

三轴定向：X（前后）、Y（左右）及 Z（上下）轴，用于除三、六方晶系以外的其它晶系。

四轴定向：水平等角度分布的 X、Y、U 和与之垂直的 Z 轴，用于三、六方晶系。

不同晶系选择作为晶轴的对称要素是不同的，如单斜晶系以 L^2 或 P 的法线作为 Y 轴，即首先将晶体模型按 L^2 或 P 的法线沿 Y 轴方向放置（投于投影图的左右），然后再选择与 Y 轴垂直的相互夹角大于 90°（单斜晶系 Z 与 X 夹角 β 角大于 90°）的主要晶棱分别作为 X 和 Z 轴，并使作为 Z 轴的晶棱垂直与投影面（此时作为 X 轴的晶棱向前下倾）。

具体各晶系选择晶轴原则见表　　和教材。

注意；①晶轴为交于晶体中心的三或四条直线，在晶体(木块)模型上是看不见的，但在实际晶体中，它们为格子构造中的重要行列或行列方向；②按选轴原则安置好的晶体不要轻易变动，否则需重新定向；③在三、六方晶系中的晶体模型上，作为 X、Y、U 轴的 3 个 L^2 或 3 个 P 的法线投影时要注意正确位置（作为 Y 轴的 L^2 的 P 法线一定在投影图的左

右，其它即随之正确）。

(二)晶面符号

晶面符号采用**米氏符号**：晶面在结晶轴上截距系数倒数比。其含义为，按照 X、Y、（或 U 轴）、Z 轴的顺序排列，晶面在结晶轴上的截距系数→系数倒数→比值。

晶面符号的一般形式三轴定向的晶系为(hkl)，四轴定向的三六方晶系为（hkil）。小括号中的 hkl 或 hkil 称为**晶面指数**，其值为晶面在三个或四个（四轴定向）结晶轴上的截距系数的倒数比。例如：某晶面在 X、Y、Z 轴上的截距系数分别是 2、3、6，其晶面指数为 3、2、1（注意是倒数比），晶面符号为（321）。某晶面与 X 轴相交，与 Y、Z 轴平行，其晶面符号为 1/n:1/∞：1/∞=1:0:0→100→（100）。

在晶体定向后确定晶面符号的一般方法：

（1）观察晶面与晶轴的关系——平行还是相交；

（2）晶面与晶轴平行者其截距系数为∞，截距系数的倒数 1/∞，故晶面指数为 0；

（3）对于与 2 个以上晶轴相交的晶面，估计其晶面与不同结晶轴截距的倍数（若未与晶轴直接相截，可设想该晶面延展后与晶轴相截），结合晶体常数特征（轴率），确定其晶面指数。估计与不同晶轴截距倍数的方法不适用于低级晶族（因晶体常数 a≠b≠c），适用于等轴晶系晶面与三轴和中级晶族各晶系中晶面与二水平轴的截距倍数的估计关系。例如等轴晶的系晶体上一晶面与 x、Y、z 轴的正端**等截距**相交。由于等轴晶系的晶体常数 a=b=c，3 个轴角 90°，故该晶面在 X、Y、Z 轴上的截距系数相等，其晶面符号应为（111）。如四方晶系晶体上一晶面与 x、Y、z 轴的正端**等截距**相交。由于四方晶系的晶体常数特征为 a=b≠c，3 个轴角 90°，该晶面在 X、Y 轴上的截距系数相等，但在 Z 轴上的截距系数与 X、Y 轴的不等（尽管截距相等），所以它的晶面符号不应为（111），而应是（hhl），其中 hh 表示在 X、Y 轴上的截距系数相等。

各晶系晶体的定向

<table>
<tr><th>晶族</th><th>晶系</th><th>对称型</th><th colspan="2">结晶轴的选择</th><th>结晶轴的安置及晶体常数特征</th></tr>
<tr><td rowspan="3">高级晶族</td><td rowspan="3">等轴晶系</td><td>$3L^24L^3$
$3L^24L^33PC$</td><td colspan="2">三个互相垂直的 L^2 为 a、b、c 轴</td><td rowspan="3">a 轴前后水平，
b 轴左右水平，
c 轴直立。
a=b=c
α=β=γ=90º</td></tr>
<tr><td>$3L_i^44L^36P$</td><td colspan="2">三个互相垂直的 L_i^4 为 a、b、c 轴</td></tr>
<tr><td>$3L^44L^36L^2$
$3L^44L^36L^29PC$</td><td colspan="2">三个互相垂直的 L^4 为 a、b、c 轴</td></tr>
<tr><td rowspan="4">中级晶</td><td rowspan="3">四方晶系</td><td>L^4
L_i^4
L^4PC</td><td rowspan="4">唯一高次轴为</td><td>两个均垂直与 c 轴且本身间也相互垂直的适当晶棱方向为 a 轴和 b 轴</td><td rowspan="3">c 轴直立，
a 轴前后水平，
b 轴左右水平。
a=b≠c
α=β=γ=90º</td></tr>
<tr><td>L^44P</td><td>两个相互垂直的 P 的法线为 a 轴和 b 轴</td></tr>
<tr><td>L^44L^2、$L_i^42L^22P$
L^44L^25PC</td><td>两个互相垂直的 L^2 为 a 轴和 b 轴</td></tr>
<tr><td>六方晶</td><td>L^66L^2、L^66L^27PC、
L^33L^2、L^33L^23PC</td><td>三个互成 60º 交角的 L^2 为 a 轴、b 轴和 u 轴</td><td>c 轴直立，
b 轴左右水平，
a 轴水平朝正前偏左</td></tr>
</table>

族	系和三方晶系	$L^6 6P$ $L_i^6 3L^2 3P$ $L^3 3P$	c 轴	三个互成 60º 交角的 P 的法线为 a 轴、b 轴和 u 轴	30º， u 轴水平朝正后偏左 30º。 a=b≠c α=β= 90º γ=120º
		L^6、L_i^6、L^6PC L^3、L^3C		三个均垂直于 c 轴且本身间互成 60º 交角的适当晶棱方向为 a 轴、b 轴和 u 轴	
低级晶族	斜方晶系	$3L^2$、$3L^2 3PC$	三个互相垂直的 L^2 为 c 轴、b 轴和 a 轴		c 轴直立 a 轴前后水平 b 轴左右水平 a≠b≠c α=β=γ=90º
		$L^2 2P$	L^2 为 c 轴，二个互相垂直的 P 的法线为 b 轴和 a 轴		
	单斜晶系	L^2、L^2PC	L^2 为 b 轴	两个均垂直于 b 轴的适当晶棱方向为 c 轴和 a 轴	b 轴左右水平， c 轴直立， a 轴前后、朝前下方倾。 a≠b≠c α=γ=90º β>90º
		P	P 的法线为 b 轴		
	三斜晶系	L^1、C		三个适当的晶棱方向为 c 轴、b 轴和 a 轴	c 轴直立， b 轴左右、朝右下方倾， a 轴大致前后、朝前下方倾。 a≠b≠c α ≠ β ≠ γ ≠ 90º α>90º、>90ºβ>90º

在确定晶面符号时，应注意下列几点(并思考为什么)：

1．晶面指数首先考虑用确定数值，如(321)、(10$\underline{1}$1)等。当晶面指数难以确定时，以(hkl)、(hhl)、(hkk)、(hh$\underline{2}$h0)、(0k$\underline{k}$l)等一般形式表示。晶面与晶轴负端相截时，对应的晶面指数为负，如与 Z 轴负端相截与其它两晶轴平行的晶面，其晶面符号为（00$\underline{1}$）。

2．晶面指数的一般规律：当晶面与晶轴平行时，其对应的晶面指数为 0，如(100)、(010)、和(10$\underline{1}$0)等；当晶面与晶轴相截时，截距系数越大晶面指数越小，如一晶面在 X、Y、Z 轴上的截距系数分别为 1、2、0，晶面符号为（210）；四轴定向晶体的晶面指数前三位代数和为 0,如（10$\underline{1}$0）、（hh$\underline{2}$hl）。

3．当晶面与三个晶轴等距相截时，因其晶体常数不同其对应的晶面指数不一定全部相等。如与三结晶轴（正端）等距相截的晶面符号：等轴晶系中为(111)、四方晶系中为(hhl)、低级晶族中则为(hkl)。三方、六方晶系中为(hh$\underline{2}$hl)(与 U 轴负端相截，截距是其它水平轴的 1/2)。

4．所有晶面符号中的晶面指数均为较小的整数(很少超过 6)，不会出现小数等非整数。

5．在一个晶体上同一晶面符号决不会在不同晶面上重复出现。

（五） 晶面符号中数字(0 除外)与字母不能共存，但不包括系数,如(hh$\underline{2}$hl)。

(三)晶带轴(晶棱)符号

它的确定亦需在晶体已完成定向和知道晶体常数的基础上完成。

晶带轴(晶棱)符号的一般形式为[rst]。其含义为：设想将晶棱平移到过晶轴的交点(即晶体的中心，此时该晶棱必为一晶带轴)，在其上任取一点，求出此点的坐标(x，y，z)，并以轴长来度量(坐标 x，y，z 应尽量取成轴长的整数倍)，即：x / a。：y / b。：z / c。＝r：s：t，该晶棱(晶带)符号记作[rst]。

晶体中平行于 x、Y、z 轴的晶棱或晶带轴，其符号应分别为[100]、[010]、[001]。

应该注意的是，晶棱符号与晶带轴符号虽形式上相同，但前者只代表一个晶棱方向，而晶带轴符号则表示平行此晶棱方向的一组晶面。如等轴晶系{100}（立方体）和{110}（菱形十二面体）的聚形，其[001]晶带（图 1 中 CC′）的晶面有（100）（110）（010）（$\underline{1}$10）（00$\underline{1}$）（$\underline{11}$0）（0$\underline{1}$0）（1$\underline{1}$0），即所有平行于 Z 轴的晶面或投影与基圆上的晶面；[010]晶带（图 1 中 BB′）的晶面有：（100）（101）（001）（$\underline{1}$01）（$\underline{1}$00）（$\underline{10}$1）（00$\underline{1}$）（10$\underline{1}$）,即平行于 Y 轴的所有晶面或投影于直径（投影图上下直径）上的所有晶面。

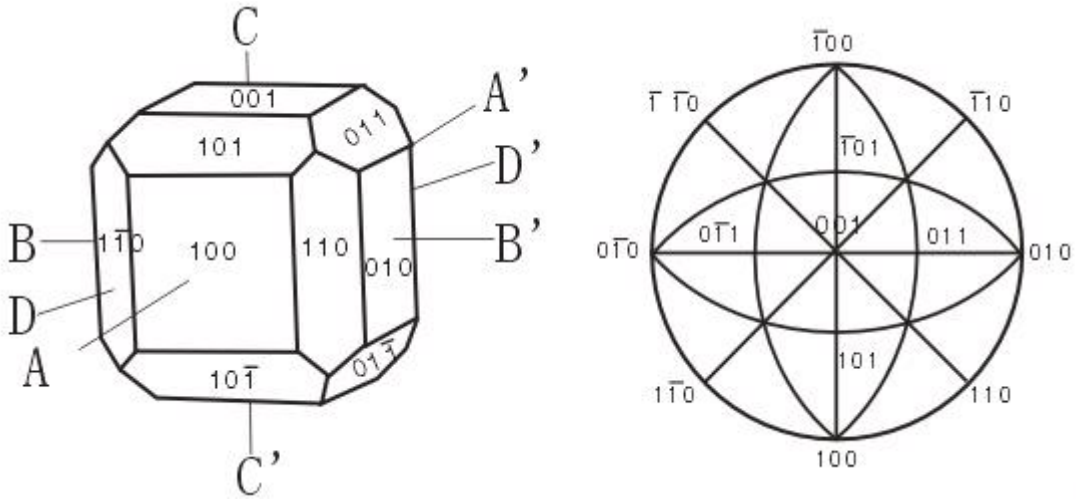


图 1 晶带及其赤平投影

第六章　单形和聚形

一、重点

1. 单形概念的理解，即单形不能仅从晶面形态确定，而是通过晶体上所有对称要素的操作。
2. 单形与对称型或晶系的关系，熟悉单形在各晶系中出现的规律。这是聚形分析的基础。
3. 单形符号的确定；
4. 47 中几何单形和 146 中结晶单形的含义；
5. 理解组成聚形的单形与对称型的关系。

二．难点

1. 单形与对称型或晶系的专属性；
2. 单形在投影图上的的推导；
3. 聚形分析中单形的确定。

三、思考题

1. 总结归纳各晶系的单形。哪些单形仅出现在一个晶系或晶族中？哪些单形可以在不同晶系中出现？
2. 带斜方二字的单形出现在何种晶系或晶族中？带四方二字的单形出现在何晶系中？菱面体在何晶系中出现？
5. 三方和六方晶系的单形与晶系的关系有何特点？等轴晶系的单形与晶系有何关系？
6. 单面和平行双面仅在低级晶族出现吗？
7. 仅靠单形符号即可知道单形吗？为什么？如{100}、{110}、{hk0}，你知道它们是何种单形吗？
8. 区别以下各组单形（特别注意在聚形中如何区别）：①八面体、四方双锥、斜方双锥；②四方四面体、斜方四面体、四面体；③三方双锥、三方偏方面体、菱面体。
9. 以各组单形能否组成聚形？其理由是什么？①八面体与平行双面；②四方双锥与平行双面；③六方柱与菱面体；④两个四方柱；⑤两个四面体。
10. 用投影图说明对称型为 m3m，{110}、{hkk}、{111}和{hhl}是何种单形。

四、实习：单形和聚形

（一）目的

1. 认识 47 种单形，理解单形的概念；熟习单形符号的确定；

2. 熟练掌握单形在各晶系中的分布规律，正确进行聚形分析。

（二）准备工作

1. 复习单形的概念、各晶系单形分布的规律；
2. 组成聚形的单形与对称型的关系——只有属于同一对称型的单形才能组成聚形。

（三）内容

分三次实习：

第一次实习：单形

目的：认识 47 中几何单形和单形在各晶系的分布规律。

难点：（1）单形与晶系的关系；（2）等轴晶系单形晶面与结晶轴或对称要素的关系。

第二次实习：聚形分析（一）

目的：掌握低级和中级晶族聚形分析的方法

难点：（1）单形名称的确定，实际操作过程中容易忘记单形与对称型或晶系的关系；（2）单斜晶系单形符号（晶面与 X 轴的关系）和三、六方晶系单形符号（四轴定向）的确定。

第三次实习：聚形分析（二）

目的：掌握高级晶族聚形分析的方法

难点：高级单形名称的确定，注意组成单形的晶面数目及晶面与结晶轴或对称轴的关系。

内容和方法

(一)认识单形

对照教材 47 种单形图逐一观察模型，记忆单形名称，尤其对其中的 20 种常见单形要熟练地掌握。

分析单形时一定要注意：单形的晶面数目、晶面间的相对位置、晶面的形状以及晶面和对称要素之间的关系(与对称要素是平行、垂直、等角度相交，还是任意斜交)，同时还要注意单形的横切面形状等。

例如菱面体：由六个两两平行的菱形晶面组成，晶面三个在上，三个在下，上下各交于 Z 轴，并上下晶面相互等角度错开（区别于偏方面体）。

(二)单形在各晶族、晶系中的分布

各晶族、晶系出现的单形

晶族晶系	面类	柱类	锥类		其它
			单锥	双锥	
低级晶族	单面 双面	斜方柱	斜方单锥	斜方双锥	斜方四面体

	平行双面				
四方晶系	单面 平行双面	四方柱 复四方柱	四方单锥 复四方单锥	四方双锥 复四方双锥	四方四面体 四方偏方面体 复四方偏三角面体
三方晶系	单面 平行双面	三方柱 复三方柱 六方柱 复六方柱	三方单锥 复三方单锥 六方单锥	三方双锥 六方双锥	菱面体 三方偏方面体 复三方篇三角面体
六方晶系	单面 平行双面	六方柱 复六方柱 三方柱 复三方柱	六方单锥 复六方单锥	六方双锥 复六方双锥 三方双锥 复三方双锥	六方偏方面体
等轴晶系	四面体　三角三四面体　四角三四面体　五角三四面体　六四面体 八面体　三角三八面体　四角三八面体　五角三八面体　六八面体 立方体　菱形十二面体　五角十二面体　偏方复十二酉体　四六面体				

(三)区分下列的相似单形

1. 三方双锥、菱面体、三方偏方面体.
2. 斜方双锥、四方双锥、八面体、四方偏方面体。
3. 斜方四面体、四方四面体、四面体。
4. 斜方柱、四方柱。
5. 复三方柱、六方柱。
6. 复三方双锥、六方双锥、复三方偏三角面体、六方偏方面体。
7. 三角三八面体、四角三八面体、偏方复十二面体。
8. 菱形十二面体、五角十二面体、六四面体、四六面体。

对于等轴晶系的单形特别要注意组成单形的晶面的数目、晶面与结晶轴的关系（平行、斜交、截距相等、截距系数倍数等）以及晶面相互关系等。

(四)单形符号的确定

单形符号(简称形号)的方法是在构成单形的所有晶面中选择一个晶面（称代表面），该晶面的晶面指数用大括号“{}”括起来，即为该单形的单形符号，如立方体的单形符号为{100}、菱形十二面体为{110}。

单形符号和晶面符号的含义不同：单形符号表征组成该单形的所有晶面的结晶学取向，即代表了构成该单形的所有晶面与晶轴具有相同的相对位置关系;代表面通过对称型可以将属于该单形的其它晶面全部推导出来，由此可知单形几何形态和其名称；同一单形符号在不同的对称型或不同晶系中代表的单形不同，如{100}在斜方晶系为单面或平行双面（对称型不同单形不通同），在四方晶系为四方柱，等轴晶系为立方体；如{110}，在四方晶系代表四方柱，等轴晶系代表菱形十二面体。而晶面符号仅表示一个晶面与结晶轴的位置关系，同一晶面指数其含义与晶体常数有关，如(001)晶面在晶面指数 1 的含义在斜方晶系和四方晶系中都与 Z 轴垂直而在单斜晶系该晶面与 Z 轴斜交。

确定单形符号的步骤如下：

1．确定晶体的对称型及晶系；

2．进行晶体定向；

3．选定代表晶面，确定其晶面指数，写出单形符号(形号)：

代表性晶面的选取是正确写出单形符号的关键。总的原则是：选择正(晶面)指数最多、且尽量满足 A≥B≥C 的晶面。具体地说即所谓的“先前、次右、后上”的原则。如立方体的六个晶面符号为(100)、(010)、(001)、($\bar{1}$00)、(0$\bar{1}$0)、(00$\bar{1}$)，其单形符号应定为{100}；又如，四面体的四个晶面符号为(111)、(1$\bar{1}$1)、(11$\bar{1}$)、($\bar{1}$11)，其形号应定为{111}。

在确定晶面符号时应注意的问题在确定形号时亦应注意。

(五)单形的推导

以单形中任意一个晶面作为原始晶面，通过对称型中全部对称要素的操作，可以推导出该单形的全部晶面。在同一对称型中，由于原始晶面与对称要素的相对位置不同，可以推导出不同的单形。每一个对称型其晶面与对称要素的相对位置最多只可能有七种，从而每一对称型可推导出七种单形。但不同晶族或晶系由于对称特点不同，因此表示晶面与对称要素的相对位置时，七种位置的最小重复单位也是不同的，推导单形时，各晶族或晶系应当选择的七种位置的最小重复单位详见教材。

实习中，学习推导不同晶系的某些常见单形，以加深对单形概念的理解。

（六）聚形

1. 聚形的含义

两个以上单形组成的几何多面体即为聚形。

能够组成聚形的单形不是任意的，只有属于同一对称型的单形才能相聚。因此，熟练掌握各晶系的能够出现的单形是聚形分析的关键，否则就会出现斜方晶系的聚形有四方柱或四方晶系的聚形出现斜方柱的错误。

2. 聚形分析的方法和步骤：

(1) 确定晶体的对称型和晶系；

(2) 确定单形数目：

在晶体模型上同形等大的晶面属于同一单形。据模型中非同形等大的晶面种类的数目可以确定晶体上的单形数目；

(3) 确定单形名称和单形符号：

可根据对称型、晶系、单形晶面的数目、晶面之间的相互关系、晶面符号等进行综合分析来确定。对于一些形状简单的单形，则可通过假想把单形的晶面延长扩大至相交后想像该单形的形状。

分析时应注意单形在各晶族、晶系中的分布规律；各晶族、晶系所包含的单形；在聚形中单形的晶面形状可能发生变化，但同一单形各晶面与对称要素的关系不会因组成聚形而变化。如菱形十二面体和四角三八面体的聚形，后者已无法根据晶面的形态来确定单形名称，但晶面与结晶轴的关系是不改变的，所以晶面符号和晶面投影点位置是不变的，由此可以判断单形名称。

(4) 检查核对

只有属于同一对称型的单形才能聚合。因此，确定该聚形晶体所属的对称型，检查自己所确定的形号及单形名称是否符合该对称型所属的单形，如不符合，则说明有错误。

第七章　晶体的规则连生

一、重点

1. 掌握双晶的概念，双晶和平行连生的区别。
2. 双晶面、双晶轴、接合面和双晶律的概念和含义，以及它们的表示方法。
3. 学习识别双晶类型以及肉眼识别双晶的方法，掌握分析双晶要素的方法，熟识一些常见的双晶律。

二、难点

掌握双晶律的分析。

三、思考题

1. 双晶面与对称面、双晶轴与对称轴有何异同?
2. 双晶律的表示方法？
3. 双晶有哪些类型？常见的矿物双晶有哪些？

四、实习：晶体的规则连生—双晶

（一）目的

（1）掌握双晶的特征，学会用肉眼识别双晶。
（2）掌握分析双晶要素的方法，熟识一些常见的双晶律。

（二）准备工作

复习双晶概念、双晶要素、接合面、双晶律、双晶类型。

（三）内容

1．识别双晶：根据双晶经常出现的凹角、缝合线或双晶纹来识别。

2．确定双晶类型：

通常按照双晶接合面是否规则来鉴别接触双晶(简单接触双晶、聚片双晶或环状双晶)和穿插双晶，前者双晶的接合面为规则的平面，后者为不规则的折面。

注意：接合面可以用于平行于它的晶面符号表示。但穿插双晶的接合面不规则，一般

要求定出接合面的总体方向即可，至于很不规则的接合面，则不予确定。

3．分析双晶要素

(1) 分析双晶中某一单晶体(注意是一个个体)的对称型及晶系，进行晶体定向。

(2) 找出双晶面并确定其方向：

在双晶中相邻两个单体之间，假想有一个平面，若通过反映操作后，能使双晶的两个单体重合或平行，该平面就是双晶面。按照单晶体的定向原则，确定出双晶面的方向，它可以用平行于某晶面或垂直于某晶棱的方向来表示，例如尖晶石的双晶面∥(111)。

(3) 找出双晶轴并确定其方向：

在双晶中相邻两个单体之间，假想一直线，若双晶中的一个单体（注意另一个体不动）围绕它旋转一定角度后可与另一个单体重合、平行或连成一个完整的单晶体，则此直线就是双晶轴。按照晶体定向原则，在中一单体进行定向的基础上，确定出双晶轴的方向，它可以常用垂直某晶面形式表示，例如尖晶石的双晶轴上(111)。

4．参观天然产出的双晶

将下列矿物的双晶对照教材，观察双晶可能出现的凹角，双晶纹、缝合线等，分析其双晶类型和双晶律。

尖晶石：尖晶石律

锡　石：膝状双晶

方解石：聚片双晶和接触双晶

石　英；道芬双晶和巴西双晶

石　膏：燕尾双晶

正长石：卡斯巴双晶

斜长石：聚片双晶

五、综合性实习　晶体对称综合分析

第一次实习：晶体对称综合分析

目的：熟练掌握低级、中级和高级晶族聚形分析的方法。

第二次实习：晶体对称综合分析（测试）

目的：通过对晶体模型的综合分析，考察学生对宏观对称的掌握情况。

第八章 晶体结构的几何理论

一、重点

1. 晶体外部对称与晶体内部对称的联系与区别；
2. 空间格子、平行六面体、晶胞三者的含义，晶体常数和晶胞参数的区别；
3. 了解十四种布拉维格子的由来，重点掌握四种格子类型；
4. 了解晶体内部对称要素，认识空间群国际符号；掌握晶体内部对称要素及空间群国际符号与晶体外部对称要素及对称型的国际符号的联系与区别。

二、难点

1. 螺旋轴的操作及符号含义；
2. 晶体结构中找螺旋轴和滑移面。

三、思考题

1. 晶体外形的对称和晶体内部结构的对称有什么联系和区别？
2. 晶体常数和晶胞参数反映了晶胞的什么性质？
3. 螺旋轴的表示方法是以左旋还是右旋为标准？
4. 什么是空间群?空间群与对称型的国际符号有何异同?
5. 已知橄榄石、金红石和石榴石的空间群分别为 Pbnm、$P4_2/mnm$ 和 Ia3d，试问与它们对应的对称型是什么？

四、实习：矿物晶体结构的空间群

（一）目的

认识和理解晶体内部对称要素及空间群。

（二）难点

（1）单位晶胞的确定；（2）寻找螺旋轴和滑移面。

（三）准备工作

复习教材晶体内部对称要素及空间群的内容。

（四）内容和方法

分析下列矿物晶体结构的空间群(石盐 NaCl、金刚石 C、金红石 TiO_2、黄铜矿 $CuFeS_2$、石墨 C)。

(一)分析步聚

1. 确定晶系：在晶体结构模型中选相当点，利用相当点确定平行六面体（单位晶胞），找出 a、b、c 和三个轴角，对照晶体常数确定晶系。
2. 确定格子类型(P、C、I、F)：根据晶胞中相当点的分布确定：
3. 分析对称要素的分布：重点找出空间群的国际符号中三个位置上的对称要素。

(二)对矿物晶体结构分析的具体要求

1. 石盐 NaCl：在结构模型中找出对称要素 m、3、rn 并确定空间群。
2. 金刚石 C：在结构模型中找出对称要素 d、3、m 并确定空间群。
3. 金红石 TiO_2：在结构模型中找出对称要素 4_2、n、m 并确定空间群。
4. 黄铜矿 $CuFeS_2$：在结构模型中找出对称要素 $\underline{4}$，2、d 并确定空间群。
5. 石墨 C：在结构模型中找出对称要素 6_3、m、c 并确定空间群。

第九章 晶体化学

一、重点

1. 掌握等大球体最紧密堆积的两种类型、空隙类型及空隙数目与球体数目的关系；
2. 掌握配位数和配位多面体；
3. 熟习晶体结构类型和典型结构；
4. 理解类质同相、型变（晶变）现象、同质多相、多型及有序—无序的概念、形成条件及意义。

二、难点

1. 概念的理解和应用；
2. 典型结构分析。

三、思考题

1. 等大球体最紧密堆积的类型和堆积层的重复规律？
2. 当 n 个球作最紧密堆积时，其四面体空隙和八面体空隙的数目各占多少?
3. 对于离子晶格配位数主要取决于什么？
4. 举例说明何谓类质同相？其意义？
5. 常见同质多相的矿物有哪些？其转变的条件？
6. 型变现象发生在哪类矿物中？方解石和文石为何关系？
5. 已知镁橄榄石 $Mg_2[SiO_4]$晶体结构中，O^{2-}近似成六方最紧密堆积，Mg^{2+}和 Si^{4+}分别充填八面体空隙和四面体空隙。试问两种阳离子分别占据哪种空隙？它们各自占据相应空隙总数的几分之几？
7.

四、实习：等大球体的最紧密堆积和矿物典型结构分析

（一）目的

（1）熟悉等大球体的最紧密堆积方式及球体间空隙的种类及其分布；（2）初步学习分析晶体结构模型，加深对配位数、配位多面体的理解；（3）熟悉若干典型结构。

（二）难点

典型结构分析。

（三）准备工作

复习教材晶体化学中最紧密堆积、配位数和配位多面体、晶体结构类型及典型结构的内容。

（四）内容和方法

(一)最紧密堆积及球体间的空隙

1．观察等大球作立方最紧密堆积和六方最紧密堆积堆积层的重复特点。

2．观察上述两种最紧密堆积方式中球体间空隙的种类、数目及分布情况。假设由 n 个球作堆积，求出该堆积中两种空隙的数目，并填入表中。

种 类	立方最紧密堆积	六方最紧密堆积
重复层特点		
空隙种类		
空隙数目		

(二)典型结构分析

例：石盐(NaCl)

1．确定晶系及格子类型

格子类型是由晶体结构中相当点的分布来确定。具体方法：先选定结构中的任一点，如 Na 离子的中心，然后找出所有与其相当的点，找出单位晶胞，即可以确定晶系和格于类型(石盐为等轴晶系．立方面心格子)。

2. 求配位数(相邻异号离子或原子的数目

Na 离子周围有 6 个最靠近的 C1 离子，则 Na 的配位数为 6。C1 离子周围有 6 个最靠近的 Na 离子，则 Cl 的配位数亦为 6。

3．观察阳离子配位多面体及联结方式

以一个阳离子为中心，将其周围与之成配位关系的阴离子中心联结起来所构成的几何多面体，就是阳离子的配位多面体。例如石盐(NaCl)中，Na 的配位多面体为八面体。

4．计算化学式及单位晶胞的分子数(Z)

计算方法：晶胞角顶的每一个 Cl 为 8 个晶胞所共有，故每个 CI 归属于每个晶胞的只有 1/8 个，则八个角顶的 Cl 实际为言 1/8×8＝1 个 C1；晶胞的面中心亦有 C1，它为两个晶胞所共有，故每一晶胞只占有 1/2 个 CI，而单位晶胞中 6 个面中心均有 C1，实际为 1/2×6＝3 个 CI；故每一单位晶胞中，Cl 共有 4 个(1/8×8＋1/2×6 ＝ 4)。同理，每一单位晶胞中 Na(在晶胞棱上者以 1/4 个计)亦共有 4 个(1 十 1/4×12＝4)。

即在单位晶胞中，共有 Na_4Cl_4(＝4NaCl)，其化学式为 NaCl，Z＝4。

（三）作业

分析下列典型结构：石盐(NaCl)型、闪锌矿(ZnS)型、红砷镍矿(NiAs)型、黄铜矿($CuFeS_2$)、赤铜矿(Cu_2O)型、金红石(TiO_2)型、萤石(CaF_2)型(包括课内和课外作业).

典型结构	晶系	格子类型	最紧密堆积方式	配位数		阳离子配位多面体	化学式	Z
				阳离子的	阴离子的			
例：石盐	等轴	立方面心格子	ABC、ABC	6	6	八面体	NaCl	4
闪锌矿								
红砷镍矿								
黄铜矿								
金红石								
萤石								
赤铜矿								

第二部分　矿物学

第一章　绪论

一、重点

1. 矿物概念的含义；
2. 矿物学与其它学科的关系。

二、思考题

1. 水和石油是矿物吗？
2. 月球上采集的岩石标本中有矿物吗？
3. 人工合成的晶体是矿物吗？

第二章　矿物的化学成分

一、重点

1. 了解地壳化学成分特点、离子类型；
2. 了解胶体矿物的含义；
3. 掌握矿物中水的类型及其性质、矿物晶体化学式书写规则。

二、难点

矿物中的水

三、思考题

1. 通常所指的胶体矿物是胶凝体还是胶溶体？蛋白石是晶体还是胶体矿物？
2. 矿物中水的类型有哪些？哪种类型是中性不带电的水？
3. 结晶水和结构水有哪些异同点？
4. 哪种水写入矿物晶体化学式？在化学式中的位置？
5. 类质同相的成分在化学式中如何书写？
6. 从下列矿物的晶体化学式中你能得到关于矿物晶体化学方面的什么信息？铬铁矿 $FeCr_2O_4$ 与铬铅矿 $Pb[CrO_4]$; 蓝晶石 $Al_2[SiO_4]O$ 与夕线石 $Al[AlSiO_5]$ 褐帘石 $(Ca,Ce,Y)_2(Fe^{2+},Fe^{3+})(Al,Fe^{3+})_2[SiO_4][Si_2O_7]O(OH)$。

第三章　矿物的形态

一、重点

4. 实际晶体与理想晶体的区别；
5. 结晶习性的含义；
6. 矿物集合体的含义、其显晶质形态和隐晶质及胶态集合体形态的类型。

二、难点

1. 晶面条纹与双晶纹的区别；
2. 隐晶质和胶态集合体形态；
3. 区分个体。

三、思考题

1. 实际晶体和理想晶体在外形上有何不同?
2. 结晶习性的含义?
3. 如何判断集合体中的单体形态?
4. 晶面花纹与双晶纹相同吗?
5. 为什么鲕状集合体不能称为粒状集合体?
6. 钟乳石是单体还是集合体?为什么?
7. 萤石（对称型 m3m）具有（111）完全解理。试问：萤石共有几个方向的解理面？在平行萤石晶体的（100）和（111）切面上，分别可见到几个方向的解理纹（解理面在切面上的迹线）？

四、实习：矿物的形态

（一）目的

（1）通过同种晶体的理想形态与实际晶体对比，认识它们在几何形态上的异同，理解歪晶的概念，认识晶面花纹；（2）熟识矿物常见的单体形态和集合体形态，初步掌握正确的描述方法。

（二）准备工作

复习教材矿物的形态一章，了解矿物的单体形态和矿物的集合体形态，了解晶体的宏观形态和表面微形貌的观察内容。

（三）内容和方法

(一)对比理想晶体和实际晶体

观察对比理想形态晶体(模型)与相应的实际晶体；认识晶面花纹，并绘图表示。完成下表：

矿物名称	晶系	主要单形	晶面花纹
石榴石			
黄铁矿			
石　英			
电气石			

晶面花纹对某些矿物具有重要的鉴定意义，观察时应注意晶面花纹的形状、延伸方向、疏密宽窄以及反映的对称性等。如黄铁矿的晶面条纹，反映其对称要素无 L^4。

(二)矿物的单体习性

按矿物单体在三度空间发育程度、延伸状况的不同，晶体习性分成三种类型。观察如下标本：

1．一向伸长：

柱状：石英、绿柱石

长柱状：辉锑矿、角闪石

针状：电气石，软锰矿、纤维状石膏、石棉

2．二向延长：

板状：石膏、重晶石

片状：镜铁矿、白云母

鳞片状：石墨、辉钼矿

3．三向等长：

粒状：黄铁矿，橄榄石

晶体形态较完好时，即晶体大部分被晶面所包围，这种单体需要分析并描述它的对称、晶系，单形名称及单形符号；观察描述晶面花纹。

双晶是矿物的规则连生体，是矿物形态的重要研究内容，一般应描述其双晶律。

(三)矿物的集合体形态

1．显晶集合体形态：

按照矿物单体的结晶习性和它们集合方式的不同可分为柱状、板状、片状等。因此观察矿物集合体时，首先要判断集合体中的单体习性，然后注意其集合方式。

2．隐晶和胶态集合体形态：

隐晶集合体指在显微镜下才可辨别出矿物单体的集合体，而胶态集合体则不具单体界线。隐晶集合体可以由溶液直接结晶，也可以由胶体老化而成。胶体由于表面张力的影响，常使集合体趋于形成球状，老化后内部形成放射状、纤维状或同心圆放射状构造．隐晶和胶态集合体的进一步划分，主要是根据外表形态，也有一些是根据成因的。

观察一下集合体形态：

矿物名称	单体形态（习性）	集合体形态（集合方式）
红柱石		
阳起石		
石英		
重晶石		
石墨		
黄铁矿		
鲕状赤铁矿	————	
玛瑙	————	
方解石（钟乳石）	————	
高岭石	————	

(四)注意事项

1．要根据标签提示的内容进行认真观察和记录。

2．观察集合体形态，首先要确定集合体中的矿物是显晶的还是隐晶的或胶态的．然后按照各自的特点描述其集合体形态。若为显晶质体，则首先要圈定单体及判断单体的结晶习性。对于同种矿物单体，其不同方位的断面可呈现不同的几何形态，如红柱石的断面可呈粒状、板状、针状、柱状等。因此，必须多观察、分析，统计后才能确定单体的形态，进而观察其集合方式。

第四章　矿物的物理性质

一、重点

8. 掌握矿物颜色（自色、他色、假色）、条痕、光泽及透明度的标本观察、描述方法及它们之间的关系；了解矿物发光性的概念及其测试方法。
9. 掌握矿物摩斯硬度等级、解理的含义

二、难点

1. 光泽的等级，颜色、条痕、光泽及透明度的关系；
2. 解理的观察和认识。

三、思考题

1. 何谓矿物的自色、他色、假色？
2. 矿物的颜色、条痕、光泽、透明度之间有何关系?
3. 为什么矿物的条痕比矿物的颜色稳定?
4. 理解与裂开有何异同?
5. 某矿物有两组解理；该矿物是否属于等轴晶系?为什么?
6. 等轴晶系的{110}解理的组数和夹角与斜方晶系的(110)解理的是否一样?为什么?
7. 影响矿物硬度的因素有哪些?如何才能较准确地获得矿物的硬叁度?
8. 用手掂量矿物的相对密度时需要注意哪些事项？

四、实习：矿物的物理性质

（一）目的

学会观察和识别矿物的光学性质和力学性质，并掌握对其描述的方法。

（二）准备工作

复习教材矿物的物理性质一章，重点矿物的光学性质和力学性质部分。

（三）内容和方法

1．矿物的光学性质

(1) 颜色

矿物的颜色往往由于色调的变化而不易准确辨认，因此，不同的人描述同一矿物的颜色时会有所差别。为了描述准确，容易记忆和领会，通常采用下列三种命名法：

i．标准色谱法：利用标准色谱红、橙、黄、绿、膏、蓝、紫以及白、灰、黑来描述矿物的颜色。为了形容某种颜色的深、浅、浓、淡，常常在前面加上形容词，如绿色矿物可以有深绿色，暗绿色、浅绿色、翠绿色等。

ii．二色法：矿物的颜色介于两种标准色之间或呈现两种颜色的混合色时．就用二色法命名。如黄绿色，以绿色为主，带有黄色色调，也有人称之为绿中微黄等等。

iii．类比法：与常见实物的颜色相类比。如具有金属色的矿物可分别描述为铁黑色、钢灰色，铅灰色、金黄色、铜红色、锡白色等等；对看来不像金属的矿物用非金属色来比喻如桔红色、樱(桃)红色、橙黄色、乳白色等等。

注意事项：(1)要区分新鲜面与风化面的颜色，着重观察和描述新鲜面上的颜色。矿物的颜色以新鲜面为准。(2)反复对比观察相近的颜色如铅灰色与钢灰色；金黄色与浅铜黄色、铜黄色等。

(2) 条痕

条痕是指矿物粉末的颜色。

一般是矿物在白色无釉的瓷板上刻划后的颜色。描述其颜色与描述矿物颜色的方法相同。矿物的条痕与矿物的颜色可以是相同的，也可以是不同的。有的矿物因有脆性，刻划以后不是粉末而是颗粒变细小，这时可用另一个瓷板对其进行摩擦，得到真正的条痕，此叫摩擦条痕。如石墨与辉钼矿，条痕为灰黑色，但石墨的摩擦条痕不变色，而辉钼矿的摩擦条痕呈黄绿色色调（此方法也可以用白纸代替，将瓷板上的条痕再用手摸在纸上）。

注意事项：试条痕时不能用力过猛，以免压碎矿物，得不到矿物的粉末；应选择较纯净、新鲜的矿物，否则也得不到矿物的真正条痕；若要试的矿物颗粒细小，瓷板刻划不到时，可用小刀挑出进行摩擦，观察其颜色。

(3) 光泽

光泽是指矿物表面反光的能力。

i．矿物光泽的等级：矿物表面光亮程度是不同的，主要由于矿物表面反光能力的不同所致。肉眼鉴别矿物的光泽等级时，一般是借助矿物的条痕来加以判断。

(i) 金属光泽：条痕为黑色或金属色，不透明。

(ii) 半金属光泽；条痕为深彩色、褐色或深棕色。不透明至半透明。

(iii) 金刚光泽：条痕为浅彩色或无色。半透明至透明。

(iiii) 玻璃光泽：条痕无色或白色。透明。

也有少数矿物的光泽与条痕色的关系与上述情况不一致。如石墨，条痕黑色；磁铁矿，条痕黑色；似乎它们应属于金屑光泽，但实际上它们的反射率(R)分别为 6．o%一 17．o%和 21．1%，并不够金屑光泽的级别(R>25%)。

初学者确定矿物光滑等级是比较困难的，必须多观察．逐步加深印象，首先要求能区分金属光泽与非金属光泽(后 3 级)。

ii．特殊光泽：除上述矿物的光泽等级外，还有因矿物表面光滑程度和集合方式的不同而形成的一些特殊光泽，它们的命名多与一些实物类比而成。例如珍珠光泽、丝绢光泽、油脂光泽、沥青光泽、土状光泽(无光泽)等。这些光泽多是玻璃光泽的变异。

注意事项：观察时应选择较大且较平整的新鲜面对着光观察，并以矿物的单(晶)体的光滑平面(新鲜晶面或解理面)的光泽强弱为准，切勿看集合体的光泽来判断光泽的等级；特殊

光泽本身不能代表某一光泽级别；对比光泽的级别，一定要在相同的条件下进行。

(4) 透明度

矿物的透明度是指矿物透过可见光的程度（所说的透光程度是在薄片 0.03mm 条件下）。透明度是相对的。透明度分成三级：透明、半透明、不透明。

矿物的透明度也可以借助条痕来判断：不透明矿物条痕常为黑色或金属色；透明矿物条痕常为无色或白色；而半透明矿物条痕则呈各种彩色(如红、褐等)。

综上所述，矿物的颜色、条痕、光泽和透明度之间是有一定联系的，应注意它们之间的关系，加以总结，以便相互鉴别。

矿物的颜色、条痕、光泽和透明度之间的关系

光 泽	条痕	透明度	颜色
金 属	黑色、金属色	不透明	金属色
半金属	深彩色、深棕色	不透明—半透明	深色
金 刚	浅彩色、无色	半透明—透明	彩色、浅色
玻 璃	无色、白色	透明	彩色

(5) 发光性

参观紫外灯或紫外分析仪，观察白钨矿的天蓝色萤光。

典型光学性质的矿物代表

光泽、颜色	矿 物 代 表
金属光泽、金属色	锡白色——毒砂　铅灰色——方铅矿　暗青铜黄色——磁黄铁矿 铜黄色——黄铜矿　铜红色——斑铜矿　浅铜黄色——黄铁矿
半金属光泽	钢灰色——赤铁矿（片状）　铁黑色——磁铁矿、铬铁矿
金刚光泽	黄褐色—一闪锌矿　桔红色——雄黄　柠檬黄色——雌黄
玻璃光泽	无色透明——石英　黑绿色——普通角闪石　白色——方解石
特殊光泽	油脂光泽—石英断口　沥青光泽—褐钇钽矿　珍珠光泽—白云母 丝绢光泽—蛇纹石石棉　土状光泽—高岭石
绿色调	绿色——磷灰石　浅绿色——天河石　翠绿色——孔雀石 浊绿色一阳起石　暗绿色一—绿泥石

2．矿物的力学性质及相对密度和磁性

(1)解理

解理是晶体受外力后，严格沿着一定的结晶方向破裂成一系列光滑平面的性质。这些光滑的凭面称为解理面。解理是矿物晶体最稳定的性质之一，为鉴定矿物的重要特征。要掌握这一内容，必须概念清楚、反复观察、体会。

i．区分晶面和解理面

观察解理首先要会识别晶面和解理面，初学者往往将晶面误认为解理面。

晶面和解理面的区别

晶面	解理面

1.是晶体最外面的一层平面，受外力后被破坏 2.晶面一般比较黯淡无光，凹凸不平 3.可具有晶面花纹	1.晶体受力后呈层层剥开状（阶梯状）的解理面 2.表面光亮，但常是多层 3.无晶面花纹，可有聚片双晶纹及解理纹

ii．描述解理的内容和方法

描述矿物的解理包括：解理的等级、方位，组数、夹角等。

(i) 解理的等级：

解理一般划分为下列五个等级：

极完全解理：矿物沿解理方向可以撕成薄片。

完全解理：沿解理方向易裂成平面，具层层的阶梯状，两组以上解理常裂开成解理块为特征。

中等解理：解理面小而不连续、光滑，虽可见解理面但不易见到层层剥开的阶梯状。

不完全解理：解理面难见(面小)，断口发育。肉眼难见到，一般作无解理处理。

极不完全解理：一般认为无解理，只见断口。

(ii) 解理的方向：

解理的方向即解理面在空间的取向，它可以用单形符号来描述。例如等轴晶系方铅矿有{100}解理，表明它的解理面平行于{100}(立方体)这个单形的晶面。等轴晶系的闪锌矿具有{110}解理，它的解理面平行于{110}(菱形十二面体)这个单形的晶面。

(iii) 解理的组数和夹角

矿物晶体上在同一方向上产生的解理(即解理面互相平行)即为一组解理（不同于单形，单形上一对相互平行的晶面对应于一组解理）。具有解理的矿物，组数可以只有一组（如石墨平行{0001}的一组极完全解理），也可具有多组（如闪锌矿的平行{110}的六组完全解理）。用单形符号来表示解理，它既可以表示解理的方向，又可表示解理的组数。

观察解理的组数：必须在同一单体上进行，一般应选择棱角较突出、解理面露出较多的颗粒，对着光转动标本，使颗粒不同部位先后对着光寻找是否有不同方向的解理出现。解理面之间的夹角一般以>90°、<90°或＝90°来表示。解理的组数和夹角还可以从解理面上可能出现的解理纹得到反映，参考教材。

(2) 裂开

裂开也为矿物受力后沿一定结晶方向裂成一系列平面的性质。

裂开与解理的区别：产生裂开的原因与解理不同(见教材)，因此，同一种矿物不一定都具有裂开的性质。另外，裂开往往成较厚的板片，可区别于解理。裂开除不分级外，其它的描述内容和方法与解理相同。

一些矿物解理及裂开举例

矿物	晶系	符号	单形	解理组数及交角
方铅矿	等轴	{100}	立方体	三组、直交
方解石	三方	{10$\underline{1}$1}	菱面体	三组、斜交
角闪石	单斜	{110}	斜方柱	二组、斜交
重晶石	斜方	{210}{001}	斜方柱、平行双面	三组，{210}∧{001}=90°、

				(210)∧(2$\underline{1}$0)≠90°
刚玉	三方	裂 开 {10$\underline{1}$1}、{0001}	菱面体、 平行双面	三组、斜交 一组
钒 钛 磁 铁 矿	等轴	裂开{111}	八面体	四组、斜交
云 母	单斜	{001}	平行双面	一组

(3) 断口

主要根据断口形状进行观察描述，大致可分成贝壳状，锯齿状、参差状等。

(4) 硬度

常见确定矿物硬度的方法是采用刻划法，所获得的是矿物的相对硬度。刻划工具除摩氏硬度计外，最常用的是指甲(2.5)、小刀(5.5)。这样可以粗略地将硬度分为三级：小于指甲(<2.5)、指甲与小刀之间(2.5—5.5)及大于小刀(>5.5)。

注意事项：测定硬度时，必须在矿物单体和新鲜面上试验，以避免矿物因风化、裂隙、脆性、集合体方式等影响而形成的虚假硬度。刻划时用力不要过大，以一般的力量刻划 1—2 次即可判定。

性脆的矿物硬度可能大于小刀，但又被小刀刻动(脆性，成为碎粒)，这时可用矿物小碎块刻划小刀，观察它是否能刻动小刀，以确定矿物的相对硬度。例如镜铁矿。

(5) 相对密度

矿物的相对密度分成三个等级：轻级<2.5（如石墨），中等 2.5—4(如方解石),重级>4(如方铅矿、重晶石)。肉眼鉴定矿物时，通常是用手掂量。

注意事项：用手掂量相对密度时，要求矿物碎块大小相近及样品较纯。

(6) 磁性

肉眼鉴定矿物时，通常用马蹄形磁铁测试矿物的磁性或用磁性小刀(用普通小刀在磁铁上摩擦即可磁化)，将矿物的磁性分为三级：

强磁性：指较大的颗粒可以被马蹄形磁铁吸引，或本身即可吸引铁屑。例如磁铁矿。

弱磁性：较大的颗粒不能被马蹄形磁铁吸引，但其粉末能被吸引。例如磁黄铁矿。

无磁性：矿物粉末不能被马蹄形磁铁吸引。

第五章　矿物的分类及命名

重点

1. 熟知矿物分类体系和分类依据；
2. 了解矿物命名的几个依据。

第六章　自然元素矿物大类

一、重点

1. 该大类进一步分类和分类依据；
2. 掌握该大类的晶体化学特征及相应矿物的形态、物性；
3. 重要矿物的化学组成、形态、物性及成因产状及其用途。

二、难点

1. 矿物的肉眼鉴定依据；
2. 相似矿物的区别。

三、思考题

1. 自然金属大类进一步划分为几类？其依据？
2. 系统描述矿物包括哪些内容？
3. 本大类矿物中哪些是具有典型的金属键、共价键、分子键或多键型的晶格？它们的物理性质各有何特征？
4. 石墨与金刚石在形态、物理性质上差异显著，其原因何在?
5. 怎样初步区分自然金与自然铜?
6. 为什么 Au、Pt 在自然界以自然元素状态存在最为稳定，而 Cu 等却不如此？

四、实习　自然元素

（一）目的

1. 掌握该大类矿物晶体化学特征在光泽、硬度、延展性及相对密度等方面的体现，以区别于其它大类矿物；
2. 必须掌握某些经济意义很大的重点矿物（如自然金）的化学组成、形态、物性及成因产状，并联系其晶体化学特点作进一步的理解；
3. 鉴定 6 种矿物，其中重点矿物 4 种(带有*号者，下同)。

（二）难点

鉴定矿物的解理，相似矿物的区别

（三）内容和方法

自然金*　Au

等轴晶系；　$3L^44L^36L^29PC$ (m3m)。

形态常见薄片状、粒状、树枝状。颜色和条痕均为金黄色(随着 Ag 含量的增加色变浅)。强金属光泽。相对密度大。延展性极好。化学性质稳定，在空气中不氧化，只溶于王水，不溶于强酸、强碱。

最常见的成因产状有两种：含金石英脉和砂金。前者与石英、硫化物如黄铁矿，方铅矿等共生，但硫化物常被风化、淋滤掉，留下孔隙。砂金则与各种重砂矿物伴生。

自然铜*　Cu

等轴晶系；$3L^44L^36L^29PC$ (m3m)。

常见树枝状、片状。新鲜面铜红色，表面常风化成棕黑色。金属光泽。延展性强。相对密度大。经常和孔雀石(翠绿色者)、蓝铜矿(蓝色者)、赤铜矿(暗红色者)相伴生。

成因产状：自然铜形成于多种地质过程中的还原条件下。沉积成因的自然铜呈星点状分布于富含有机质的砂岩中，与孔雀石、赤铜矿相伴生；热液成因的自然铜往往呈浸染状与沸石、方解石等共生。自然铜最为常见的是形成于含铜硫化物矿床氧化带，系含铜硫化物氧化后所形成的硫酸铜溶液被其它硫酸盐或硫化物还原而成。

自然铋　Bi

三方晶系；L^33L^23PC ($\underline{3}$m)。

常呈粒状、块状。表面易风化呈浅棕红的锖色，新鲜面为微红的银白色。金属光泽。弱延展性。解理平行{0001}完全。相对密度大。

成因产状：主要产于热液矿床，如高温钨锡石英脉或中温钴镍砷化物碳酸盐脉中。

自然硫*　S

斜方晶系；$3L^23PC$ (mmm)，

粉末状、粒状、致密块状。纯者硫黄色，但常带有各种不同色调的黄色，含有机者呈灰色、黑色。晶面金刚光泽，断面显油脂光泽。性脆。相对密度小。有硫磺臭味。易燃，火焰呈蓝紫色。用手紧握硫的晶体，放在身边不久即可听到其爆裂的响声。

成因产状：形成于火山喷气；由硫化物氧化分解而成以及沉积成因。

金刚石　C

等轴晶系；$3L^44L^36L^29PC$ (m3m)　或 $3L_i4L^36P(\underline{4}3m)$。

常见浑圆状的八面体或菱形十二面体晶形。质纯者无色透明。晶面标准金刚光泽。硬度 10。解理平行{11l}中等。

成因产状：金刚石为岩浆作用的产物，见于超基性岩的金伯利岩(又名角砾云母橄榄岩)中。在漂砂矿床中也可见到。

石墨*　C

六方晶系；L^6L^27PC (6 / mmm)。

单晶体呈片状、板状，有时柱状，通常为鳞片状、块状和土状集合体。颜色如条痕均为黑色。半金属光泽一金属光泽，块状和土状集合体光泽黯淡。解理平行{0001}极完全。薄片具挠性。有滑感，易污手。摩擦条痕也呈黑色（区别于辉钼矿）。

成因产状：石墨往往在高温下形成。如片麻岩中的石墨，系由富含有机质或碳质的沉积岩经受区域变质作用而成；大理岩中的石墨，系由碳酸盐矿物分解而成；块状石墨见不到解理，为煤系地层经变质成石墨的中间产物。

第七章　硫化物及其类似化合物矿物大类

一、重点

1. 进一步分类和分类依据；
2. 掌握该大类矿物的晶体化学特征和相应矿物的形态、物性特征及与其晶体化学的联系；
3. 重要矿物的化学组成、形态、物性、成因产状及其用途。

二、难点

1. 矿物的肉眼鉴定特征；
2. 光学特征相似的矿物的区别：铜黄色调：黄铁矿—黄铜矿—磁黄铁矿；铅灰色调：方铅矿—辉锑矿—辉铋矿—辉钼矿、铅灰色调、低硬度：辉钼矿—石墨。

三、思考题

1. 说明简单硫化物、对硫化物和硫盐的划分依据，以及它们在成分和物理性质方面的异同点。
2. 该大类矿物中，哪些矿物属于链状结构、层状结构？其矿物在形态和物理性质上有何明显的差异？差异的原因？
3. 说明方铅矿和辉锑矿分别具有{100}和{010}完全解理的原因。
4. 方铅矿和黄铁矿两者结构类似（NaCl 型）。而它们的对称型却不同，为什么？
5. 如何区别下列各组矿物：黄铁矿—黄铜矿、辉锑矿—辉铋矿、辉钼矿—石墨、黄铁矿—自然金、辰砂—雄黄、自然硫—雌黄。
6. 黄铁矿和黄铜矿的用途？它们的次生产物是什么？有何地质意义？
7. 硫化物矿物的主要成因产状有哪些？哪些矿物可以作为标型矿物？

四、实习　硫化物及其类似化合物

（一）目的

1. 掌握该大类矿物晶体化学特征在光泽、硬度及相对密度等方面的体现；
2. 常见矿物的肉眼鉴定特征；
3. 本大类矿物常形成具有工业意义的有色金属和稀有分散元素矿床，对化学成分中的类质同相成分要了解。
4. 鉴定 16 种矿物，其中重点矿物 13 种。

（二）难点

1．矿物解理的识别；
2．相似矿物的区别。

（三）内容

辉铜矿　Cu_2S

斜方晶系；$L^2 2P(mm2)$。

常呈致密块状、粉末状。块状者新鲜面呈钢灰色，风化面为黑色。条痕暗灰色。金属光泽。无解理。相对密度大。弱延展性(小刀刻之，留下光亮痕迹)。粉末状者为烟灰色、黑色。

含铜矿物具 Cu 的蓝绿色焰色反应，加一滴盐酸于辉铜矿小碎块上，放在酒精灯上燃烧则焰色反应更明显。

成因产状：常见于某些热液成因的铜矿床中如块状辉铜矿；硫化矿床次生富集带及沉积成因的层状铜矿床中。

思考：为什么辉铜矿常产在硫化矿床次生富集带，而不产于氧化带?

方铅矿＊　PbS

等轴晶系；$3L^4 4L^3 6L^2 9PC$ (m3m)。

粒状(粗粒、中粒、细粒)、块状集合体。标准的铅灰色。条痕黑色。金属光泽。解理{100}完全(立方体解理)。相对密度大(7．4—7．6)。

成因产状：主要见于中温热液铅锌硫化物矿床，常与闪锌矿，黄铁矿、黄铜矿等矿物共生。

思考：当方铅矿颗粒细小，立方体解理看不清楚时，如何与相似矿物区别?

闪锌矿＊　ZnS

等轴晶系；$3L_i 4L^3 6P(\underline{4}3m)$。

粒状集合体。颜色为黄色一褐色一黑色。条痕浅黄白色一褐色(条痕色总比颜色浅一级，重要鉴定特征)。金刚一半金属光泽。解理{110}完全(要求能观察到 3—4 组解理)。随阳离子类质同相含 Fe 量增加：颜色变深、条痕变深、光泽变强。

成因与方铅矿类似。常与方铅矿、黄铁矿、黄铜矿等共生。

思考：1．闪锌矿颜色变化的研究意义。

2．闪锌矿的{110}解理平行何种单形?能在标本中看到几组解理?看到几种解理夹角?

辰砂＊　HgS

三方晶系；$L^3 3L^2(32)$。

常见分散粒状，有时可见柱状、板状或菱面体晶形及矛头状穿插双晶。鲜红色，晶体表面有时带有铅灰色锖色。条痕与颜色相同。金刚光泽。解理平行{10$\underline{1}$0}完全。相对密度大(8—8．2)。用硬币在辰砂晶体上摩擦，不久即可见白色毛状物。

成因产状：低温热液矿床的标型矿物之一。

思考：辰砂{010}解理有几组?

黄铜矿＊　$CuFeS_2$

四方晶系；复四方偏三角面体晶类，$L_i^4 2L^2 2P$ ($\underline{4}$2m)。

分散粒状、致密块状，晶体罕见。铜黄色，有时表面有蓝、紫褐色的斑状锖色。条痕

绿黑色。金属光泽。硬度小于小刀(3—4)。性脆。有 Cu 的焰色反应。

成因产状：成因广泛如岩浆型，与磁黄铁矿、镍黄铁矿共生；接触交代型，与磁铁矿、黄铁矿等共生；热液型，与方铅矿、闪锌矿、黄铁矿及方解石、石英等共生。沉积型，与辉铜矿、斑铜矿共生。

思考：黄铜矿与黄铁矿和磁黄铁矿如何区别？

斑铜矿*　Cu_5FeS_4

等轴晶系；$3L^44L^36L^29PC$ (m3m)。

单晶体极少见，常呈粒状、致密块状。新鲜面呈古铜色，风化面为暗紫、暗蓝色的斑状锖色（重要鉴定特征）。条痕灰黑色。金属光泽。硬度小于小刀(3)。

磁黄铁矿*　$Fe_{1-x}S$

六方晶系；　L^66L^27PC (6 / mmm)。

常呈致密块状集合体。新鲜面为暗青铜黄色。风化面为褐色锖色。条痕灰黑色。硬度小于小刀(3．4—4．5)。具弱磁性。

磁黄铁矿与斑铜矿相似，注意区分。

辉锑矿*　Sb_2S_3

斜方晶系；　$3L^23PC$ （mmm)。

柱状、针状晶形，柱面具有明显的纵纹，较大的晶体往往显现弯曲。铅灰色，风化面带有蓝色的锖色。条痕灰黑色。金属光泽。解理{010)完全，解理面上常有横纹(聚片双晶纹)。硬度小于小刀(2—2．5)。相对密度大(4．51—4．66)。性脆。摩擦条痕为褐红色。

成因产状：低温热液矿床的标型矿物之一。辉锑矿风化后成锑华、黄锑华，依辉锑矿呈假像。

思考：辉锑矿晶形不好时如何与方铅矿区分?

辉铋矿*　Bi_2S_3

斜方晶系；$3L^23PC$ (mmm)。

晶形相似于辉锑矿，长柱状或针状。颜色比辉锑矿略浅，微带铅灰的锡白色。金属光泽。解理{010}完全。硬度小于小刀，相对密度大(6．4—6．8)。摩擦条痕不变褐。

成因产状：高温热液矿床的标型矿物之一。辉铋矿风化后成铋华。

思考：辉锑矿与辉铋矿十分相似，怎样区分?

雌黄*　As_2S_3

单斜晶系；　L^2PC (2 / m)

单晶体呈板状或短柱状，集合体成片状或土状。柠檬黄色。条痕鲜黄色。油脂光泽至金刚光泽。解理{010}极完全。硬度低(1—2)。

成因产状：低温热液矿床的标型矿物之一，与雄黄密切共生，此外，还有辉锑矿、辰砂等。

思考：雌黄与自然硫怎么区分?

雄黄*　AsS

单斜晶系；；L^2PC (2 / rn)。

单晶体呈柱状，但少见；集合体以致密粒状或土状块体产出。桔红色。条痕浅桔红色。晶面金刚光泽，断口树脂光泽。解理{010}完全。硬度低(1．5—2)。

成因产状：低温热液矿床的标型矿物之一，与雌黄密切共生。

思考：雄黄与辰砂怎么区分?

辉钼矿*　MoS_2

六方晶系；L^66L^27PC (6 / mmm)。

六方板状或片状、鳞片状。铅灰色。条痕亮灰色，摩擦条痕黄绿色。金属光泽。解理{0001}

极完全。硬度低(1—1．5)。薄片具挠性。污手。具有弱延展性（条痕为亮痕）。

成因产状：产于高温热液矿床及矽卡岩矿床中。

思考：如何区别辉钼矿与石墨，辉钼矿与辉锑矿、辉铋矿、方铅矿(同为铅灰色)？

黄铁矿*　Fe[S_2]

等轴晶系；　$3L^24L^33PC$ (m3)。

单体常见立方体、五角十二面体、八面体及它们的聚形(注意将其歪晶恢复理想形态)。晶面上常有聚形纹(与教材对比)。集合体常呈粒状。浅铜黄色。条痕绿黑色。金属光泽。硬度大于小刀(6—6．5)。易风化成褐铁矿，保留黄铁矿外形，称之为假像褐铁矿。

思考：1．如何区别黄铁矿与自然金、黄铁矿与黄铜矿？

2．黄铁矿晶面上三组互相垂直的聚形纹是怎样形成的?

3．新鲜的黄铁矿晶面常见为光亮的平面，这是解理面吗?黄铁矿有解理吗？

毒砂*　Fe[AsS]

单斜晶系；L^2PC (2 / m)。

柱状晶体，晶面具纵纹，集合体呈粒状或块状。锡白色，表面常带有浅黄的锖色。条痕灰黑色。解理不完全。硬度大于小刀(5．5—6)。风化后的产物为浅黄或浅绿色的臭葱石($Fe[AsO_4]\cdot 2H_2O$)。锤击有蒜臭味。

成因产状：主要见于高、中温热液矿床和矽卡岩矿床中。

黝铜矿　$Cu_{12}(Sb，As)_4S_{13}$

常呈致密块状。颜色和条痕均为钢灰至铁黑色。条痕有时带褐色色调。无解理。性脆。有 Cu 的焰色反应。

思考：对比蜘铜矿与辉铜矿的异同。

脆硫锑铅矿　$Pb_4FeSb_6S_{14}$

晶体常沿 C 轴呈柱状、针状、毛发状，也常见羽毛状、粒状集合体。铅灰色。条痕暗灰色或灰黑色。金属光泽。解理中等至完全。硬度小于小刀(2—3)。性脆。

成因产状：见于中低温铅锌矿床中。

第八章　氧化物和氢氧化物矿物大类

一、重点

1. 掌握该大类进一步的分类和分类依据；
2. 掌握该大类矿物的晶体化学特征和相应矿物的形态、物性的特征及其与晶体化学的联系；
3. 重要矿物的化学组成、形态、物性、成因产状及其用途。

二、难点

1. 矿物的肉眼鉴定特征；
2. 光学特征相似的矿物的区别：磁铁矿—铬铁矿—赤铁矿、

三、思考题

1. 该大类矿物的形态、物性和它的晶体化学特性之间的关系？
2. 从组成元素的离子类型分析常见氧化物和硫化物各自的成分特点。
3. 氧化物矿物常形成砂矿，而硫化物矿物在砂矿扎很少见到，为什么？
4. 以金红石、尖晶石和水镁石为例，说明它们的各自结构与形态、物理性质之间的关系。
5. 说明赤铁矿的形态与其成因之间的关系。
6. 在你学过的矿物中哪些是金红石型结构？哪些是正尖晶石型结构？哪些是反尖晶石型结构？
7. 常见的石英同质多相变体有哪些？其在常压下的转变温度？

四、实习　氧化物和氢氧化物

（一）目的

1. 掌握该大类矿物晶体化学特征在矿物形态、光泽、硬度及磁性等方面的体现；
2. 通过矿物的形态、物理性质，掌握肉眼鉴定矿物的方法；
3. 鉴定 15 种矿物，其中重点矿物 8 种。

（二）难点

1. 矿物光泽（主要是半金属光泽）的识别；
2. 相似矿物的区别；
3. 矿物和混合物（如铝土矿、硬锰矿、褐铁矿）概念与其含义。

（三）内容

刚玉* Al_2O_3

三方晶系； $L^3 3L^2 3PC$ (3m)。

柱状或桶状晶形。颜色多种．常见灰色、黄灰色及不同色调的黄色。常因聚片双晶而有{0001}和{10$\underline{1}$1}的裂开，在(0001)面上有时可见三组裂开纹。硬度大(9)。共生矿物有白云母、长石等。

成因产状：产于高温、富铝缺硅条件下。也产于砂矿床。

思考：1. 刚玉的裂开平行哪种单形？几组？

2. 裂开和解理的异同。

赤铁矿* Fe_2O_3

三方晶系； $L^3 3L^2 3PC$ (3m)。

1．显晶质赤铁矿：有致密块状，片状、鳞片状。黑色或钢灰色。条痕樱桃红(暗棕红)色。金属至半金属光泽。硬度大(5—6)。性脆。无解理。片状晶体者又称之为镜铁矿。

2．隐晶质赤铁矿：常见呈鲕状、豆状、肾状集合体。钢灰色、棕红色。棕红色条痕。鲕状、豆状者内部常具同心层状构造。硬度较显晶质的低，常小于小刀。

成因产状：主要形成于氧化条件下，以沉积作用和热液作用为主。

思考：1．镜铁矿与赤铁矿的关系？如何试镜铁矿硬度?

2．鲕状赤铁矿是粒状集合体吗?为什么?

3．隐晶质与显晶质赤铁矿的刻划硬度为什么不同?

金红石* TiO_2

四方晶系； $L^4 4L^2 5PC$ (4 / mmm)。

常见完好晶形，四方柱和四方双锥成聚形，针状、柱状晶形，柱面有纵纹。暗红色．褐红色。金刚光泽。解理{110}完全。硬度大(6—6．5)。

成因产状：产于热液石英脉、伟晶岩及砂矿床中。

思考：金红石为什么有(110)解理?几组、交角？

锡石* SnO_2

四方晶系； $L^4 4L^2 5PC$ (4 / mmm)。

晶体呈四方柱状．柱面有纵纹。常见膝状双晶。褐色至黑色，含 Nb，Ta 高者呈沥青黑色。晶体的颜色分布不均匀，出现条带或斑杂色。硬度大(6—7)。相对密度大(6．8—7)。它的晶形、颜色等都有标型意义。

简易化学试验：(锡镜反应)置锡石细粒于锌板上。加一滴 HCl，经数分钟后，锡石表面形成一层锡白色金属锡薄膜($SnO_2+3Zn+6HCI \rightarrow Sn+3ZnCl_2+2H_2O+H_2\uparrow$)。

思考：不用简易化学试验，锡石和金红石如何区别?

软锰矿 MnO_2

四方晶系；$L^4 4L^2 5PC$ (4 / mmm)。

晶体少见，呈针状、放射状集合体，常见烟灰状。钢灰色至黑色。条痕黑色。半金属光泽。硬度变化大，显晶者 6—6.5，性脆；隐晶或块状集合体可降至 l 一 2，能污手。加 H_2O_2 剧烈起泡。

成因产状：以沉积型和风化型为主。形成于强氧化条件下。

α—石英* SiO_2

三方晶系； $L^3 3L^2$ (32)。

常成完好的柱状晶体。常见单形：六方柱(m)，两种菱面体(r、z)，还可出现三方双锥（s）

和三方偏方面体(x)。柱面上有横纹，菱面体上可见生长锥，s 面上有时可见条纹。

石英晶体有左形、右形之别，其标志是 x 面和 s 面的位置：当 x 面位于 m 面的左上角时为左形，位于右上角时为右形；当 s 面的条纹指向左上方者为左形，指向右上方者为右形。

石英双晶发育，最常见的是道芬双晶和巴西双晶(见教材)。道芬双晶：相邻柱面的相同方向上都出现 x 面，柱面上的横纹不连续，缝合线弯曲状; 巴西双晶：同一柱面上方的不同方向可分别出现 x 面，柱面上的横纹不连续，缝合线为平直的折线状。

1．显晶质石英常呈晶簇状，常为无色透明。含有不同杂质者可形成各种颜色的异种，例如：紫水晶、烟水晶、蔷薇石英。块状石英为乳白色。晶面为玻璃光泽。断口具油脂光泽。常见贝壳状断口。硬度大(7)。具压电性。

2．隐品质石英异种有玉髓(石髓)、玛瑙、燧石、碧玉等．其特征可参看教材。

石英分布非常广泛。

β—石英　SiO_2

六方晶系

常见六方柱和六方双锥的聚形，但柱面一般不发育。灰白色或略带黄白的白色。玻璃光泽．断口油脂光泽。自然界见到的已转变为 α—石英，依 β—石英成副像。

β—石英见于酸性的火山喷出岩中，常呈斑晶。

蛋白石*　$SiO_2 \cdot nH_2O$

致密块状、钟乳状、结核状等。纯者无色或白色似蛋白而得名。半透明者具乳光变彩，为贵蛋白石，可作宝石。蛋白石是由富水的 SiO_2 凝胶脱水而成；也可在外生条件下，SiO_2 成硅胶沉淀或为生物吸收成骨骼，死后成硅藻土层。

变彩效果明显者可作为宝石欧泊的原料。

磁铁矿*　$Fe^{2+}Fe^{3+}{}_2O_4$

等轴晶系；$3L^44L^36L^29PC$ (m3m)。

晶体可见八面体，菱形十二面体，常呈致密块状体。颜色和条痕均为黑色，半金属光泽。无解理。硬度大(5．5—6)。相对密度大(4．9—5‘2)。具强磁性。

钒钛磁铁矿常具有{111}的裂开，往往可见到呈三角形的裂开纹。这是离溶出的钛铁矿呈薄板状沿磁矿{111}定向分布所造成。有时可见尖晶石律双晶。

成因产状：主要形成于还原环境。磁铁矿经氧化作用可形成假像赤铁矿。

思考：1．为什么磁铁矿沿{111}方向只可能有裂开而不可能有解理?

2．磁铁矿是否都有{111}裂开?为什么?

铬铁矿*　$FeCr_2O_4$

等轴晶系；　$3L^44L^36L^29PC$ (m3m)。

晶体呈八面体，但很少见。常呈粒状、致密块状或瘤状集合体。暗棕色至黑色。条痕褐色，半金属光泽。无解理。硬度略大于小刀（5.5—6.5）。具弱磁性。

成因产状：产于超基性岩或由其蚀变而成的蛇纹岩中。共生矿物有磁铁矿、橄榄石(粒状，黄、绿色者)，斜方辉石(暗绿色至黑色)等；伴生矿物有蛇纹石、绿泥石等。

思考：对比铬铁矿、磁铁矿和致密块状赤铁矿的异同。

铌钽铁矿　$(Fe，Mn)(Nb，Ta)_2O_6$

斜方晶系；$3L^23PC$ （mmm）

晶体呈板状、柱状、集合体成块状。铁黑色至褐黑色。条痕暗红至黑色，半金属至金属光泽。解理{010}中等。硬度略大与小刀(6-6.5)。相对密度大(5.15—8.2)。

成因产状：主要产于花岗伟晶岩中，也见于砂矿。

黑钨矿*（Mn，Fe）WO_4

单斜晶系；$L^2PC(2/m)$。

晶体常呈厚板状、短柱状，有时呈柱状、毛发状。颜色为浅红、浅紫、褐黑、黑色；条痕色较颜色浅，为黄、黄褐，暗褐(颜色和条痕均随含铁量增加而加深)。金刚光泽一半金属光泽。解理平行{010}完全。性脆。硬度 4—4.5。相对密度大(7．18—7．51)。富含铁者具弱磁性。

成因产状：主要产于高温热液石英脉及其云英岩化围岩中，共生矿物有石英、白云母(白色片状)、辉钼矿、辉铋矿、毒砂、黄铁矿、锡石、绿柱石(淡绿色、六力·柱状)等。也见于砂矿中。

思考：1．黑钨矿颜色变化的原因。

2．黑钨矿和黑色闪锌矿、镜铁矿如何区别?

水镁石 $Mg(OH)_2$

三方晶系；L^33L^23PC (3m)。

晶体成板状、叶片状、纤维状。白色、黄色。新鲜面和断口上可见玻璃光泽，解理面上呈珍珠光泽，纤维状者具丝绢光泽。硬度小(2.5)。薄片可见{0001}解理极完全。薄片具挠性。易溶于盐酸而不起泡。

铝的氢氧化物

包括：**硬水铝石 (AlOOH)**

一水软铝石(AlOOH)

三水铝石 $(Al[OH]_3)$

它们常与其它矿物形成细分散机械混合物。多呈胶态，为含水氧化铁(如褐铁矿)、含水铝的硅酸盐、赤铁矿、蛋白石等所胶结，这些混合物颗粒细小，肉眼难以区分，故统称：“**铝土矿**”$A1_2O_3 \cdot nH_2O$。

铝土矿常呈鲕状、豆状、致密块状及土状，为细分散多矿物的混合物。颜色变化大，灰白、青灰，含铁而带褐红等。手摸具粗糙感，质纯者具滑感。

硝酸钴试 Al：用一小块铝土矿在氧化焰中灼烧后，加一滴 $Co(NO_3)_2$ 溶液再烧，冷却后其边缘呈蓝色(偏铝酸钴 $Co(AlO_2)_2$)。

成因产状：铝土矿主要在外生作用下形成。 I

铁的氢氧化物

包括：**针铁矿 (FeOOH)**

水针铁矿 ($FeOOH \cdot nH_2O$)

纤铁矿 (FeOOH)

水纤铁矿 ($FeOOH \cdot nH_2O$)

它们经常与更富含水的氢氧化铁胶凝体以及铝的氢氧化物，泥质物质形成机械混合物，混合物颗粒细小，肉眼难以区分，故统称为“**褐铁矿**”$Fe_2O_3 \cdot nH_2O$。

褐铁矿常为致密块状、蜂窝状、结核状或土状。还可见褐铁矿依黄铁矿呈假像。黄色，褐色或褐红一褐黑色。条痕黄褐色，土黄色。硬度变化较大(1—4)。

褐铁矿是表生作用的产物(由原生含铁的矿物经氧化和水化作用而成。这种作用也叫褐铁矿化作用)。

思考：铝土矿、褐铁矿是矿物种吗？为什么?

锰的氢氧化物

包括含有多种元素的锰的氧化物和氢氧化物。是一种细分散多矿物混合物，通常称为广义的“**硬锰矿**”$mMnO \cdot MnO_2 \cdot nH_2O$。

硬锰矿多呈钟乳状、葡萄状、肾状和土状。黑色。条痕褐黑色。能污手。加 H_2O_2 剧烈

起泡。氧化条件下易变成软锰矿。

思考：软锰矿和硬锰矿都是矿物种吗？为什么？

晶体结构模型分析指导(参考教材中的描述)

金红石结构

(1)找出氧离子的近似六方最紧密堆积层，该层平行于 C 轴、垂直于 a 轴。

(2)分析钛离子的占位及钛、氧离子的配位数。

(3)分析[TiO_6]八面体的连接方式及[TiO_6]八面体链的延伸方向.。

(4)分析金红石的形态、解理与其结构的关系。

尖晶石型结构

（1）立起模型的体对角线（沿 L^3 立起），在与其垂直的方向找出氧离子的立方最紧密堆积层。

（2）分析 A（二价）、B（三价）两种阳离子的占位方式。

（3）分析阳离子层的分布规律。

（4）依据二价阳离子在四面体中的占位率，弄清何谓正尖晶石型结构、何谓反尖晶石型结构。

（5）找出八面体链及链的分布方向，并说明为什么尖晶石族矿物无解理。

第九章 含氧盐矿物大类（一）

硅酸盐矿物类

一、重点

1. 掌握硅氧骨干的类型；
2. 硅酸盐亚类的划分及其划分依据；
3. 硅氧骨干的类型与其矿物形态、物性的关系。

二、难点

1. 硅氧骨干与其矿物形态、物性的联系。
2. 肉眼鉴定矿物，因含氧盐矿物的光泽全为玻璃光泽，此时光泽和条痕都无鉴定意义。

三、思考题

1. 硅酸盐矿物一般划分为几种结构类型？其划分依据？
2. 试从晶体化学特征分析铝在硅酸盐矿物中的存在形式。
3. 试从硅氧骨干形式分析与其矿物成分、形态、物理性质之间的关系。

岛状结构硅酸盐矿物亚类

一、重点

1. 硅氧骨干形式；
2. 阳离子成分特点、铝的存在形式；
3. 矿物的形态物理性质特征与硅氧骨干结构的相关性；
4. 橄榄石、石榴石的成分变化系列；Al_2SiO_5三种同质多相变体的关系。
5.

二、难点

1. 晶体化学与矿物形态物性的联系。
2. 相似矿物区别。

三、思考题

1. 说明岛状结构硅酸盐矿物的形态除三向等长外，为何还会出现柱状（如黄玉、红柱石）或板状（如蓝晶石）？
2. Al_2SiO_5 三种同质多相变体的形成温度和压力有所不同，这与它们结构中铝的配位数的不同有何关系？
6. 为什么环状结构硅酸盐矿物硬度大，但相对密度不大?试以绿柱石为例说明。
7. 为什么绿柱石、电气石呈柱状晶体?
3. 为什么岛状结构硅酸盐矿物一般硬度较高、相对密度较大?
4. 说明岛状结构硅酸盐的硅氧骨干形式与矿物形态、物性的相关性。

四、实习　岛状结构硅酸盐矿物

（一）目的

1. 掌握岛状结构硅酸盐矿物的硅氧骨干特点，认识它们的晶体化学特征与形态、物性、成因的关系。
2. 掌握岛状硅酸盐矿物的鉴定特征，着重注意它们的形态、颜色、解理和硬度。
3. 鉴定 13 种矿物，其中重点矿物 8 种。

（二）难点

1. 矿物解理的识别；
2. 相似矿物的区别：橄榄石—绿帘石、石榴石—十字石、

（三）内容

锆石(锆英石)　$Zr[SiO_4]$

四方晶系；L^44L^25PC (4 / mmm)。

晶体常呈带双锥的柱状。黄色至红棕色；金刚光泽，断口油脂光泽。硬度 7.5。

注意：锆石和锡石的区别是锆石比重小，与金红石的区别是锆石的硬度大。

成因产状：产于酸性和碱性岩浆岩及伟晶岩中。

思考：锆石形态具有什么标型意义?可供综合利用的类质同像混入物是什么？

橄榄石*　$(Mg, Fe)_2[SiO_4]$

斜方晶系；　$3L^23PC$ (mmm)。

常呈粒状集合体。黄绿色—橄榄绿色，随含铁量增加颜色加深。具贝壳状断口。硬度 6.5-7。

成因产状：产于基性、超基性岩，常于铬铁矿共生。变质岩中的橄榄石常于辉石、仅云母共生。橄榄石不稳定易变为蛇纹石。

思考：橄榄石颜色变化的原因何在?

石榴子石*　$A_3B_2[SiO_4]_3$

A：Mg^{2+}，Fe^{2+}，Mn^{2+}，Ca^{2+}

B：Al，Fe^{2+}，Cr^{3+}

等轴晶系；　$3L^44L^36L^29PC$ (m3m)。

晶形完好，常为{110}和{211}及它们的聚形，或致密块状。颜色多样，例如：浅黄褐色、褐色、红褐色；断口油脂光泽。无解理。密度大 3.58—4.3。晶形、硬度、无解理是重要鉴定依据。

成因产状：典型的高温矿物和变质矿物。

红柱石*　$Al_2[SiO_4]O$

斜方晶系；　$3L^23PC$ (mmm)。

灰色、白色柱状晶体或放射状集合体(俗名**菊花石**)。

单体柱状，横断面近四方形。常包裹有碳质和泥质物质，并呈定向排列，使横断面呈黑十字形，称为**空晶石**。集合体呈放射状或粒状。新鲜面白色或肉红色。硬度 7.5；{110}解理清晰。红柱石易蚀变成绢云母而硬度变小。

成因产状：为典型的接触热变质矿物，为富铝岩石在低压高温变质带的产物。

简易化学试验；硝酸钴试 Al。

蓝晶石*　$Al_2[SiO_4]O$

三斜晶系;；C (1)。

标本中呈灰蓝一淡蓝色板状者。

板状。颜色一般呈蓝色，常不均。解理{100}完全；硬度具异向性，平行 C 轴 4.5—5.5, 垂直 C 轴 6.5—7。

成因产状：为区域变质矿物之一主要形成于中级变质作用压力较高的条件下，亦可产于高压变质带。

思考：为什么红柱石和蓝晶石呈柱状或板柱状习性?

黄玉*　$Al_2[SiO_4]F2$

斜方晶系；　$3L^23PC$(mmm)。

晶体柱状，柱面常具纵纹。无色透明或浅黄色。硬度 8；{001}解理完全。共生矿物有石英、云母、绿柱石等。

成因产状：产于伟晶岩，云英岩，气成高温热液脉。

思考：无色块状黄玉和石英如何区别。

十字石　$FeAl_4[SiO_4]_2O_2(OH)_2$

单斜晶系（假斜方晶系）；L^2PC (2/m)

晶体呈短柱状，横断面菱形。常见贯穿双晶褐中微红色，，双晶呈十字形或斜十字形。红棕、黄褐、暗褐色。硬度 7—7.5；平行{010}解理中等。它易蚀变成绢云母和绿泥石，硬度降低。

鉴定依据：单体形态，双晶特征，硬度。

成因产状：区域变质作用的产物。

榍石　$CaTi[SiO_4]O$

单斜晶系（假斜方晶系）；L^2PC (2/m)

在中酸性岩标本中呈蜜黄色小晶体，在伟晶岩中为粗大的褐色板状晶形。晶体常呈横切面为菱形的扁平信封状的柱体。集合体粒状。玻璃光泽或金刚光泽。硬度 5；解理{100}中等。

符山石 $Ca_{10}(Mg,Fe)_2Al_4[SiO_4]_5[Si_2O_7]_2(OH,F)_4$

四方晶系；4/mmm.

晶体四方柱状。集合体粒状或放射状。常褐色或绿色。玻璃或油脂光泽。硬度 6—7；无解理。易蚀变成绿泥石、绢云母。

鉴定依据：形态、无解理

成因产状：产于接触交代矽卡岩中。

绿帘石* $Ca_2(Al,Fe)_3[SiO_4][Si_2O_7]O(OH)$

单斜晶系；$L_2PC(2/m)$。

晶体沿 b 轴延伸的柱状，柱面上有纵纹。集合体呈放射状、粒状或块状。草黄绿色至墨绿色，含铁高色深。硬度 6—6.5；{001}解理完全。

鉴定依据：形态及晶面花纹特征，颜色、解理。

思考：它和橄榄石及绿色符山石如何区别?

绿柱石* $Be_3Al_2[Si_6O_{18}]$

六方晶系； L^66L^27PC (6/mmm)。

晶体六方柱，有时柱面上有细纵纹。一般呈不同色调的绿色，含 Cr 翠绿色称**祖母绿**，透明蔚蓝色称**海蓝宝石**。硬度 7.5—8；无解理。

鉴定依据：形态、晶面花纹、硬度、无解理等。

成因产状：产于伟晶岩，云英岩和高温热液矿脉中。

堇青石 $(Mg,Fe)_2Al_3[Si_5AlO_{18}]$

标本（黑色角岩）上的小亮点，晶体细小矿物特征难以看清。有解理与石英区分。

成因产状：堇青石产于由泥质岩经热变质而成的角岩中。为典型的变质矿物。

电气石* $(Na,Ca)(Mg,Fe,Mn,Li,A1)_3Al_6[Si_6O_{18}][BO_3]_3(OH,F)_4$

三方晶系,； L^33P (3m)。

晶体柱状，晶面上常有纵纹，横断面呈球面三角形；集合体放射状或粒状。黑色、绿色及各种彩色。硬度 7—7.5；无解理。具热电性和压电性。

鉴定依据：形态、横断面形状，无解理、硬度高。注意颜色的变化。

成因产状：产于伟晶岩及气成热液矿床中。

思考：1．为什么电气石具有各种不同的颜色?

2．绿色电气石、绿柱石和刚玉如何区分?

晶体结构模型分析指导

绿柱石结构

（1）找出由~SiO,3 四面体所组成的六方环状硅氧骨干。

（2）分析六方环的排列特征。

（3）分析环间的连接方式。

注意：在绿柱石的配位多面体式结构模型中，多面体的角顶均为氧离子，其中心为阳离子.

链状结构硅酸盐矿物亚类

一、重点

1. 硅氧骨干形式；
2. 阳离子成分特点、铝的存在形式；
3. 矿物的形态物理性质特征与硅氧骨干结构的相关性；
4. 辉石族和角闪石族晶体结构及矿物形态物性的异同点。

二、难点

1. 晶体化学与矿物形态、物性的联系。
2. 相似矿物区别；
3. 辉石、角闪石结构特点及与矿物形态物性的相关性。

三、思考题

1. 说明链状结构硅酸盐的硅氧骨干特点及其对矿物形态，物性的影响。
2. 说明辉石族和角闪石族矿物在成分、结构、物理性质及成因上的主要异同点，并分析其原因。
3. 岛状、环状、链状结构硅酸盐均有柱状矿物(例如：红柱石、蓝晶石、绿柱石、电气石、透辉石、透闪石)，试分析上述矿物的习性与晶体结构的关系。
4. 为什么辉石族和角闪石族解理夹角不同?
5. 如何区分透闪石和硅灰石

实习　链状结构硅酸盐矿物

（一）目的

1. 通过观察矿物深入理解硅氧骨干与其形态和物性的相关性；
2. 掌握链状结构硅酸盐矿物的的肉眼鉴定主要特征：形态、横断面形状、解理等。
3. 鉴定 13 种矿物，其中重点矿物 6 种。

（二）难点

1. 辉石和角闪石族的晶体化学特征与其矿物形态物性的关系；
2. 相似矿物区别：普通辉石—普通角闪石、透闪石—硅灰石、

3. 普通辉石和普通角闪石的解理均是{110},解理交角相同吗？

（三）内容

紫苏辉石 $(Mg_{70-50}, Fe_{30-50})_2[Si_2O_6]$

斜方晶系；$3L^23PC$ （mmm）

晶体柱状，常不规则粒状。绿黑色—褐黑色，颜色随含铁量加深。硬度 5—6；解理{210}完全，夹角 88°。

透辉石* $Ca(Mg_{100-75}Fe_{0-25})_2[Si_2O_6]$

钙铁辉石 $Ca(Mg_{25-0}Fe_{25-100})_2[Si_2O_6]$

单斜晶系； L^2PC (2 / m)。

晶体呈短柱状，横断面呈假正方形；常依（100）成接触双晶或聚片双晶。透辉石为白色、浅绿色，钙铁透辉石为暗绿色。解理{110}，夹角 87°。

鉴定依据：柱状、横断面形状及解理特点。共生矿物有石榴子石、阳起石(暗绿色长柱状)。

成因产状：为矽卡岩、超基性岩、基性岩的主要矿物。

普通辉石* $(Ca, Mg, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Al)_2[(Si, Al)_2O_6]$

单斜晶系；L^2PC (2 / m)。

晶体呈短柱状，横断面呈近于正八边形；常依（100）成接触双晶或聚片双晶。绿黑色。解理{110}，夹角 87°。

鉴定依据：形态、断面形状、解理特点。共生矿物有斜长石。易蚀变成绿泥石等。

硬玉 $NaAl[Si_2O_6]$

单斜晶系；L^2PC (2 / m)。

俗名翡翠。晶体极少见，通常成致密块状集合体。质纯者无色或白色，含杂质者则呈灰、黑、褐、绿、红等色。硬度大(6．5—7)，集合体极坚韧。可见刺状断口。

霓石—霓辉石 $NaFe^{3+}[Si_4O_6]—(Na, Ca)(Fe^{3+}, Fe^{2+}, Mg, Al)[Si_4O_6]$

晶体常成针状、柱状，晶面具纵纹。暗绿至黑色。具辉石式解理，常与正长石、霞石等共生。为碱性岩浆岩的主要造岩矿物。

锂辉石 $LiAl[Si_4O_6]$

单斜晶系；L^2PC (2 / m)。

晶体柱状，柱面长具有纵纹。集合体呈板柱状或致密块状。灰白色、带浅绿的白色。辉石式解理和裂开。

为富锂花岗伟晶岩中特征矿物。

硅灰石* $Ca_3[Si_3O_9]$

三斜晶系；C(1)。

晶体针状、板状、片状，集合体纤维状、放射状或块状。白色、灰白。硬度 4.5—5；{100}解理完全，{001}和{102}中等。遇浓 HCl 可分解成絮状物。

鉴定依据：形态、颜色、解理、硬度。共生矿物有；石榴子石、透辉石，符山石、绿帘石等。

成因产状：为典型的变质矿物，常见于酸性岩浆岩和碳酸盐岩的接触带。

思考：它于透闪石的主要区别特征？

透闪石* $Ca_2Mg_5[Si_4O_{11}]_2(OH)_2$

阳起石* $Ca_2(Mg, Fe)_5[Si_4O_{11}]_2(OH)_2$

单斜晶系；L^2PC (2 / m)。

晶体常呈柱状、针状，集合体呈放射状或细长柱状。透闪石常呈白色或灰白色；阳起石呈绿色，由浅绿色—深绿色由含铁量而定。玻璃光泽，纤维状为丝绢光泽。硬度 5—6；解理{110},夹角 56°—124°。致密坚韧并具刺状断口的隐晶质块体，成为**软玉**。透闪石、阳起石柔软的纤维状异种叫**石棉**。

鉴定依据：形态、颜色、解理特点。

成因产状：为矽卡岩的主要矿物。

思考：透闪石、透辉石、硅灰石的异同?

普通角闪石* $(Ca，Na，K)_{2-3}(Mg，Fe^{2+}，Fe^{3+}，Al)_5[Si_6(Si，Al)_2O_{22}](OH，F)_2$

单斜晶系；L^2PC (2 / m)。

晶体呈柱状，横断面呈假六边形。集合体呈柱状或纤维状。呈深绿色、绿黑色。硬度 5—6；解理{110}完全,夹角 56°—124°。

鉴定依据：形态、横断面、、解理。角闪石易蚀变为绿泥石。

思考：普通角闪石与普通辉石的异同?

夕线石 $Al[AlSiO_5]$

斜方晶系；$3L^23PC$ (mmm)

晶体长柱状、针状少见。一般呈纤维状放射状集合体。白色、灰色。硬度 7；{010}解理完全。

鉴定依据：形态、物性特点。

成因产状：典型变质矿物，为富铝质岩石经高温变质而成。共生矿物云母、刚玉、十字石，石榴子石等。

思考：夕线石、硅灰石、透闪石如何区分?它们能共生吗?

晶体结构模型分析指导

透辉石(参考教材透辉石晶体结构图)

(1) 找出[SiO_4]四面体组成的辉石单链(该链延伸方向为 C 轴);

(2) 分析链在平行(100)方向的排列方式：呈似层状排列，在同一链层内，相邻的链其顶角的指向相反，而相间的指向相同;

(3) 分析相邻链层间的链的排列规律：链与链都是顶角对顶角、底面对底面；顶角相对的位置，活性氧围成八面体，称为 M1 位，被较小的阳离子 Mg 占据；底面相对的位置，活性氧和桥氧围成较大的畸变八面体，称为 M2 位．为较大的阳离子 Ca 占据;

(4) 观察：M1 与 MI 和 M2 的配位多面体共棱连接成链，并在平行(100)方向排列成层；在垂直(100)方向，Si—O 链层与 M—O 链层相间排列。

(5) 分析透辉石形态、解理与结构的关系。

透闪石(参考教材透闪石晶体结构图)

分析方法类似透辉石，但应注意：

（1）透闪石的硅氧骨干为双链。

（2）双链顶角六个活性氧围成的六边形中心有一个 OH。

（3）顶角相对的位置形成 MI、M2、M3 三种配位多面体，在底面相对的位置形成 M4 位和 A 位。

层状结构硅酸盐矿物亚类

一、重点

1．层状硅氧结构中结构单元层的类型、结构中氧的类型；
2．阳离子成分特点、铝的存在形式、二八面体和三八面体的概念；
3．矿物的形态物理性质特征与硅氧骨干结构的相关性；

二、难点

1．晶体化学与矿物形态、物性的联系；
2．粘土矿物的肉眼鉴定；
3．多型概念的理解和认识。

三、思考题

1．层状硅酸盐矿物晶体结构特征及其对形态、物性的影响?
2．层状硅酸盐矿物的硅氧骨干大多呈六方网孔，矿物为什么不成六方晶系而以单斜晶系居多?
3．为什么滑石、叶蜡石具挠性而云母族矿物具弹性?
4．什么叫粘土矿物?有哪些共同特征和有效的鉴定方法？
5．何谓二八面体结构和三八面体结构？从矿物的晶体化学式可以判断出来吗？举例说明。
6．蒙脱石具阳离子交换性和遇水后的膨胀性，原因何在？
7．如何区别蒙脱石和高岭石？

四、实习　层状结构硅酸盐矿物

（一）目的

1．通过观察矿物深入理解硅氧骨干与其形态和物性的相关性；
2．掌握层状结构硅酸盐矿物的的肉眼鉴定主要特征：挠性、弹性、可塑性、膨胀性等；
3．鉴定 11 种矿物，其中重点矿物 9 种。

（二）难点

1．某些矿物晶体细小肉眼无法鉴定，；
2．相似矿物区别：高岭石—蒙脱石、叶蜡石—滑石、蛭石—云母；

（三）内容

滑石*　$Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$

单斜晶系；L^2PC，：（2 / m）。

常致密块状。无色透明或白色；解理面珍珠光泽。硬度 1；解理{001}完全；有滑感；薄片具挠性。

成因产状：为富镁岩石经热液作用而成。

简易化学试验：硝酸钴法试镁呈玫瑰红色($MgCo_2O_4$)。

叶蜡石* $Al_2[Si_4O_{10}](OH)_2$

单斜晶系；L^2PC，：（2 / m）。

常致密块状。白色,或黄色、浅蓝、浅绿或灰色；解理面珍珠光泽。硬度 1—2；解理{001}完全；有滑感；薄片具挠性。

成因产状：富 Al 岩石受热液作用的产物。

简易化学试验：硝酸钴试 Al 呈蓝色。

思考：对比滑石与叶蜡石的异同。

白云母* $K\{Al_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2\}$

单斜晶系；L^2PC，：（2 / m）。

晶体呈假六方柱状、板状或片状。集合体片状、鳞片状。细小鳞片状、绢丝光泽的白云母称为**绢云母**。薄片无色透明；解理面珍珠光泽。硬度 2.5—3；解理{001}极完全。薄片具弹性。绝缘性和隔热性极强。

黑云母* $K\{(Mg，Fe)_3[AlSi_3O_{10}](OH)_2\}$

单斜晶系；L^2PC，：（2 / m）。

晶体呈假六方柱状、板状或片状。集合体片状或鳞片状。褐黑色、绿黑色或黑色；解理面珍珠光泽。硬度 2—3；解理{001}极完全。薄片具弹性。因含铁绝缘性差。

它易蚀变成绿泥石、白云母。经风化后亦可成蛭石。

金云母* $K\{Mg_3[AlSi_3O_{10}](OH)_2\}$

颜色棕色、红棕色或浅绿色区别于其它云母。

以接触交代成因为主。

锂云母　$K\{(Li,Al)_3[(Si，AI)_4O_{10}](F,OH)_2\}$

颜色玫瑰色、浅紫色，硬度 2—3,区别于其它云母。

产于花岗伟晶岩中，共生矿物有锂辉石、长石、白云母。

蛭石*　$(Mg,Ca)_{0.5}(H_2O)_n\{(Mg，Fe^{3+}，Al)_3[(Si，AI)_3O_{10}](OH)_2\}$

褐色、黄褐、金黄，有时带绿色。光泽较黑云母弱。薄片具挠性。灼烧时体积膨胀。

为低温热液蚀变的产物。亦可由黑云母经风化作用而成。

思考：蛭石加热膨胀的原因何在?

绿泥石* $(R^{2+}，R^{3+})_6[(Si,AI)_4O_{10}](OH)_8$

R^{2+}: Mg，Fe^{2+},Mn;R^{3+}: Al、Fe^{3+}、Cr^{3+}

单斜晶系；L^2PC，：（2 / m）。

晶体呈假六方板状。集合体鳞片状、土状。不同色调绿色，解含铁越高颜色越深；理面珍珠光泽，土状光泽黯淡。硬度 2—3；解理{001}完全。薄片具挠性。

鉴定依据：不同色调的绿色、形态、挠性等。

大部分绿泥石矿物为热液作用和浅成变质作用或沉积作用的产物。　　·

思考：你知道有哪些矿物可以蚀变成绿泥石?

高岭石*　$A1_4[Si_4O_{10}](OH)_8$

三斜晶系；C(1)。

晶体细小，在显微镜下才能看见。集合体呈土状或块状。白色；致密块状光泽黯淡呈蜡状光泽。硬度 2；解理{001}。土状块体有粗糙感，干燥时有吸水性，加水后具可塑性，但不膨胀。

鉴定依据：形态、吸水性、可塑性及触感等。

是长石、似长石及其它铝硅酸盐矿物的风化产物。

蒙脱石(微晶高岭石,胶岭石)*　$Na_x(H_2O)_4\{Al_2[Si_{4-x}Al_xO_{10}](OH)_8\}$

单斜晶系；L^2PC，：（2 / m）。

晶体细小，在显微镜下才能看见。集合体呈土状或块状。白色；土状光泽黯淡。硬度 1—2。加水后后体积迅速膨胀并呈糊状（工程建筑此性质的危害）。经济衰败强的吸附能力和大的离子交换容量。

鉴定依据：吸水膨胀性区别于高岭石。

主要是基性火成岩在碱性环境中，经风化而成。

蛇纹石 *　$Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$

单斜晶系；L^2PC，：（2 / m）。

晶体极少见；常呈叶片状或鳞片状、纤维状、致密块状或胶状集合体。纤维状的蛇纹石称为蛇纹石石棉或温石棉。常为各种色调的绿色，浅黄白至白色。蛇纹石之名称来自于青、绿色的斑纹。块状为蜡状光泽，纤维状为丝绢光泽。解理{001};硬度 2—3.5。纤维具韧性。

鉴定依据：形态、颜色、光泽等。注意蛇纹石石棉和角闪石石棉的异同。

主要为超基性岩石经热液交代而成。

晶体结构模型分析指导

滑石(参照教材)

(1) 找出由$[SiO_4]$四面体组成的六边形网层(T 层)，分析该层内活性氧的指向和 OH 所处的位置；

(2) 观察：以活性氧(及 OH)相对的上、下四面体层彼此错开 1 / $3a_0$ (以 OH 为参照)；活性氧(及 OH)作最紧密堆积，由此形成的八面体孔隙被阳离子充填，形成八面体层(O 层)；

（3）分析在相当于每个由$[SiO_4]$四面体所组成的六方环的范围内，能容纳几个八面体、何谓二八面体型结构、何谓三八面体型结构、滑石的八面体层属于何种类型；

（4）在层状硅酸盐矿物的结构中，T 层和 O 层是基本结构层，两种基本结构层彼此相连组成结构单元层。分析滑石的结构单元层是 TOT 型(2：1 型)还是 TO 型(1：l 型)。

（5）计算结构单元层内有无剩余电荷，分析单元层间靠什么键连接。

（6）分析形态及物理性质与晶体结构的关系。

云母(参考教材)

云母的结构与滑石的相似，但由于 T 层中 l / 4 的 Si 被 Al 代替，单元层内出现剩余负电荷，因而要求单元层之间须有较大阳离子的存在，以平衡电荷。

架状结构硅酸盐矿物亚类

一、重点

1．架状硅氧结构中[SiO_4]之间的连接方式；
2．阳离子成分特点、铝的存在形式和作用；
3．矿物的形态物理性质特征与硅氧骨干结构的相关性；
4．长石族矿物的类质同相系列。

二、难点

1．架状结构硅酸盐晶体化学与矿物形态、物性的联系；
2．长石类质同相系列和长石晶体结构。

三、思考题

1．架状硅酸盐矿物晶体结构特征及其对形态、物性的影响?
2．举例说明何谓铝硅酸盐？何谓铝的铝硅酸盐？
3．架状结构硅酸盐除个别为铍、硼酸盐外，均为中铝硅酸盐，为什么？在岛状结构硅酸盐矿物不出现铝硅酸盐而只是铝的硅酸盐，其原因？
4．说明长石族的矿物种的类质同相系列；不同系列的混溶存在差异，其主要原因是什么？
5．为什么架状结构硅酸盐矿物一般颜色浅、硬度高、比重较小?
6．钾长石和斜长石用肉眼如何区别?
7．通过实习你见到了哪些类型的长石双晶?指出它们的双晶律及其意义?
8．为什么长石族矿物具有{001}和{010}二组完全解理?长石的哪个解理面上可见到钠长石聚片双晶的双晶纹？该双晶纹的方向平行哪一晶棱？
9．说明似长石和碱性长石在成分上的异同点。似长石矿物在成因产状上有何特点？它们只形成于 SiO_2 不饱和的岩石中，原因何在？
10．透长石、正长石和微斜长石三者是何种关系？
11．文象结构是怎样形成的?有何意义?

四、实习　架状结构硅酸盐矿物

（一）目的

1．通过透掌握架状结构硅氧骨干的特征和阳离子在结构中的分布特点以及它们对形态、物性的影响；
2．熟练地掌握长石族矿物的鉴定特征。
3．鉴定 9 种矿物，其中重点矿物 5 种。

（二）难点

1．长石的晶体结构和长石族类质同相系列；
2．相似矿物区别：斜长石—正长石、　　；

（三）内容

透长石　$K[Si_3AlO_8]$

单斜晶系　L^2PC (2/m).

板状，有时可见卡式双晶。无色透明。解理{001}和{010}完全，交角 90º。硬度 6。在喷出岩、浅成岩中成斑晶产出。以上特征可区别于石英。

正长石*　$K[Si_3AlO_8]$

单斜晶系；L^2PC (2/m).

晶体厚板状、短柱状。卡式双晶最常见。常呈肉红色、灰白色。解理{001}和{010}完全，交角 90º；硬度 6。

鉴定特征：双晶、颜色、解理、硬度及共生矿物。

成因产状：产于酸性及中性火成岩、碱性岩以及片麻岩中。’

微斜长石*　$K[Si_3AlO_8]$

三斜晶系；；C(1)。

晶体短柱状。常具格子双晶(肉眼看不见，在偏光显微镜可见)。常呈肉红色、灰白色，绿色者称为**天河石**。解理{001}和{010}完全，交角 89º40´；硬度 6。经常含有钠长石条片嵌晶，故称**条纹长石**。

微斜长石分布广泛，产于酸性岩、碱性岩、变质岩及沉积岩中。微斜长石是伟晶岩的主要矿物之一，而且条纹长石更为常见，它多与石英组成规则连生体，构成“文象结构”。

思考：1．条纹长石是如何形成的?

2．条纹长石中的条纹与解理纹、聚片双晶纹如何区别 Y

天河石　$K[Si_3AlO_8]$

绿色，钾微斜长石的异种，含 Rb、Cs。

思考：对比天河石、绿柱石、锂辉石的区别。

斜长石*　$Na[Si_3AlO_8]$ — $Ca[Si_2Al_2O_8]$

三斜晶系；　C(1)。

晶体板状；双晶极为常见，以钠长石律的聚片双晶最为普遍。白色、灰色。解理{001}和{010}，交角 86º24´—85º50´. 硬度 6 。

鉴定特征：形态，双晶，颜色等。

成因产状：斜长石为岩浆岩和变质岩中的主要造岩矿物，分布十分广泛，

斜长石还可具有一些特殊的性质而形成各种异种：

日光石：酸性斜长石因含有鳞片状镜铁矿细微包裹体而具有耀眼的闪闪金光。

月光石：酸性斜长石中因钾长石和钠长石两相离溶后几乎成平行排列而引起光学效应，出现柔和的淡蓝色乳光，好似月光而命名之。

拉长石：因细鳞片包体或两种不同长石相的晶片平行(010)方向排列，因而使{010}解理面上呈现美丽的蓝绿色变彩。

霞石*　$Na[SiAlO_4]$

六方晶系；L^6(6)。

晶体柱状或厚板状。常为粒状或块状。褐红色、灰白色，油脂光泽(风化后无光泽)。贝壳状断口；硬度 5—6。与石英区别硬度低，易风化；与长石区别是解理和光泽。

产于碱性岩中。

简易化学试验：将其粉末致于试管，加浓 HCI 煮沸几分钟后，出现云霞状硅胶。

白榴石*　K [$AlSi_2O_6$]

四方晶系; L^4PC (4 / m)

晶体四角三八面体（600℃以上为等轴晶系，以下转变为四方晶系但晶形仍保持不变）。白色、灰色或炉灰色。玻璃光泽，断口油脂光泽。硬度 5.5—6。

白榴石在不同条件下易转变为正长石、云母、方沸石、高岭石等，或被其它矿物交代，但仍保留白榴石外形，称为“假白榴石”或“变白榴石”。

是典型的高温矿物，产于富钾贫硅的喷出岩及浅成岩中，通常呈斑晶出现。

思考：1．为什么白榴石属四方晶系却见等轴晶系单形?

2．为什么富含白榴石的火山岩地区土壤特别肥沃?

方柱石 $(Na，Ca)_4[Al(Al，Si)Si_2O_8]_3(Cl，F，OH，CO_3，SO_4)$

四方晶系 L^4PC (4 / m)

晶体柱状。白色、灰色。玻璃光泽。解理{100}中等，{110}略差；硬度 5—6。

方柱石易蚀变成方解石、绿帘石，高岭石等。常交代斜长石。

产于接触交代矿床中。

晶体结构模型分析指导

透长石的基本结构

(1) 先找出结构中晶胞的 a、b、c 轴方向。

(2) 找出结构中的基本单元—四元环。四元环有二种：//(010)和//(2̲01)或(20̲1)。

(3) 分析二种四元环在平行 a 轴方向的连接方式(曲柄转轴式的双链)。

(4) 分析链与链之间的连接。

(5) 观察链在平行(001)和(010)方向连接成层的特点。

(6) 分析整个结构中离子堆积的紧密程度及阳离子的占位。

(7) 分析透长石物理性质与结构的关系。

第十章 含氧盐矿物大类（二） 其它含氧盐矿物

一、重点

1．碳酸盐类矿物晶体化学特征、型变概念、碳酸盐矿物鉴定特征；
2．硫酸盐矿物鉴定特征及成因产状；
3．

二、难点

1．方解石晶体结构与矿物形态物性的关系；
2．

三、思考题

1．试从晶体结构分析方解石的解理，以及解释文石的密度比方解石大的原因。
2．在无水二价阳离子的碳酸盐矿物结构中，随着阳离子半径的变化晶体结构发生何种变化？该现象称为什么？
3．例举硫在自然界可出现哪些不同价态的矿物，他们的形成条件存在哪些差异？
4．如何区别石膏—硬石膏、方解石—重晶石、白钨矿—石英、绿柱石—磷灰石？
5．哪些碳酸盐矿物可作为原生铜矿床的找矿指示矿物？孔雀石、蓝铜矿有何地质意义?
6．鉴别碳酸盐矿物的简易而有效方法是什么?
7．方解石族矿物在成分、结构和形态、物性上有何共同点?它们之间如何区分?
8．有哪些矿物可作为铁矿石?它们的鉴定特征和成因产状如何?
9．白钨矿和黑钨矿是同一大类的矿物吗？

四、实习　其它含氧盐矿物

（一）目的

1．掌握硼酸盐，磷酸盐、钨酸盐、硫酸盐、碳酸盐等常见矿物的成分、形态和物理性质的特征；
2．掌握必要的简易化学试验，区分相似矿物；
3．鉴定 15 种矿物，其中重点矿物 11 种。

（二）难点

1．矿物解理的识别；
2．相似矿物区别：石膏—硬石膏、方解石—重晶石、白钨矿—石英。

（三）内容

硼镁铁矿*　(Mg，Fe)$_2$Fe^{3+}[BO$_3$]O$_2$

斜方晶系；　3L^{2}3PC(mmm)。

长柱状、针状。集合体放射状、致密块状。暗绿色—黑色，。光泽黯淡；；条痕深色；半透明—不透明（光学性质随含铁量而变）。无解理；硬度 5.5—6。粉末具弱磁性。

思考：对比与黑色针状电气石的异同。

磷灰石*　Ca$_5$[PO$_4$]$_3$(F，OH)

六方晶系；　L^{6}PC (6／m)。

晶体六方柱状。集合体块状、粒状、结核状等，其中隐晶质者称为**胶磷矿**。颜色多样，其中常见黄色、绿色、黄绿色、褐色；断口油脂光泽。硬度 5。

胶磷矿需可用简易化学方法试磷。

简易化学试验：试磷。取少量矿粉，置于载玻璃上，加少许钼酸铵粉末，再滴 1—2 滴硝酸，生成鲜黄色沉淀(磷钼酸铵)。(注意：操作过程中•，必须使化学药品保持清洁。)

在沉积岩、沉积变质岩及碱性岩中可形成有工业价值的磷矿床。此外还有生物化学作用而成的磷矿。磷灰石经常在各种岩浆岩及花岗伟晶岩中成副矿物。

思考：对比褐色磷灰石和石榴子石，绿色磷灰石和天河石、绿柱石的异同。

白钨矿*　Ca [WO$_4$]

四方晶系；　L^{4}PC (4／m)。

晶体四方双锥。常粒状或块状集合体。无色、白色微带肉红色色调或略带浅黄；透明—半透明；油脂光泽或金刚光泽。解理{111}中等；硬度 4.5—5。紫外线下发浅蓝、黄色—白色萤光(随 Mo 含量增加荧光变浅黄—白色)。

主要产于接触交代矿床。

思考：1．白钨矿和石英如何区别?

2．白钨矿的{111}解理有几组?

重晶石*　Ba[SO$_4$]

斜方晶系；　3L^{2}3PC (mmm)。

晶体板状。集合体板状、粒状、纤维状。无色透明、白色、浅黄色。解理{001}完全，{210}中等；硬度 3—3.5。相对密度大 4.3—4,5。

主要产于低温热液矿脉中。

思考；1. 为什么重晶石的相对密度大?

2. 重晶石{001}和{210}解理分别是几组？它们之间的解理交角？

2．重晶石与方解石如何区分?

天青石　Sr[SO$_4$]

晶形与重晶石同，但完好晶体较少见。天蓝色；玻璃光泽，解理面珍珠光泽。其它特点也同于重晶石。Ba 和 Sr 可成为完全类质同相替代。

与重晶石区别是 Sr 的焰色反应呈深紫红色。

石膏* $Ca[SO_4]\cdot 2H_2O$

单斜晶系；$L^2PC(2/m)$。

晶体板状。常见燕尾双晶。集合体致密块状、纤维状。白色、无色；解理面珍珠光泽。解理{010}极完全，{100}{011}中等；硬度 1.5—2。解理面具挠性。

主要为化学沉积作用的产物。

思考：石膏有几组解理？在（010）面上解理纹形态?

硬石膏* $Ca[SO_4]$

斜方晶系； $3L^23PC(mmm)$

晶体少见。常见块状、粒状集合体。{010}完全，{100}和{001}中等；硬度 3—3.3 5。

地表条件下易转变为石膏。

思考：硬石膏与重晶石、方解石、石膏如何区别?

方解石* $Ca[CO_3]$

三方晶系； L^33L^23PC ($\underline{3}m$)。

晶体柱状、板状、菱面体、复三方偏三角面体。可见聚片双晶和接触双晶。集合体粒状(大理岩)，致密块状(石灰岩)，钟乳状(石钟乳)、土状（**白垩**）。无色、白色。解理{10$\underline{1}$1}; 硬度 3。加稀冷 HCl 剧烈起泡。无色透明者为**冰洲石**(注意观察冰洲石的双折射现象)。

思考：1．方解石{10$\underline{1}$1}为几组？交角？

2．与重晶石、硬石膏、斜长石如何区别?

3．如何区别致密块状的硬石膏、石膏、铝土矿和石灰岩?

菱镁矿* $Mg[CO_3]$

和方解石相似。区别：硬度 3.5—4.5,粉末加冷 HCl 不起泡或反应极慢。

菱铁矿* $Fe[CO_3]$

和方解石相似。区别：颜色有时带黄色，风化后褐色、黑色。硬度 4。粉末加冷 HCl 反应缓慢。

思考：1. 菱铁矿和闪锌矿如何区别?

2. 风化后为何颜色变为褐色？

菱锰矿 $Mn[CO_3]$

和方解石相似。区别：颜色呈淡玫瑰红色或淡紫红色，氧化后表面为褐黑色。硬度 3.5—4.5。

菱锌矿 $Zn[CO_3]$

三方晶系； L^33L^23PC ($\underline{3}m$)。

晶体少见。因成因的原因多为肾状、葡萄状、钟乳状。硬度 4.5—5。相对密度大 4—4.5。与 HCl 反应。形态、硬度、密度区别于其它碳酸盐矿物。

白云石* $CaMg[CO_3]$

三方晶系，菱面体晶类；L^3C ($\underline{3}$)。

晶体形态 (注意晶面弯曲呈马鞍形的现象)、颜色、解理、硬度、相对密度与方解石类似。区别：晶面弯曲呈马鞍形；遇冷 HCl 不剧烈起泡，加热起泡剧烈。

白云石在自然界广泛分布，主要有沉积和热液两种成因。

思考：白云石、方解石、菱镁矿如何区分?

文石 $Ca[CO_3]$

斜方晶系； $3L^23PC(mmm)$。与方解石呈同质多相。

柱状。集合体常呈纤维状、柱状、晶簇状、钟乳状等。断口油脂光泽。无解理。与冷 HCI 作用亦剧烈起泡。

与方解石区别：形态、断口光泽、无解理。

文石通常在低温热液或外生作用条件下形成。贝壳内壁珍珠质部分为文石。文石不稳定，常转变为方解石。

思考：与方解石的区别？

孔雀石*　$Cu_2[CO_3](OH)_2$

单斜晶系；　L^2PC (2／m)。

晶体少见。集合体晶簇状、肾状。葡萄状、皮壳状。孔雀绿色。纤维状者丝绢光泽。遇 HCI 起泡。

是含铜硫化物矿床氧化带中的风化产物。是原生铜硫化物矿床的找矿标志。

思考：孔雀石的鉴定特征？其成因产状的特点及意义?

蓝铜矿(又名石青)　$Cu_3[CO_3]_2(OH)_2$

单斜晶系；斜方柱晶类；L^2PC(2／m)。

晶体厚板状或短柱状。集合体钟乳状、肾状。葡萄状、皮壳状或土状。深蓝色，浅蓝色；条痕浅蓝色。遇 HCI 起泡。

成因与孔雀石相似。

思考题

第十一章　卤化物矿物大类

一、重点

1．掌握本大类矿物晶体化学特征。
2．掌握萤石和石盐的晶体化学特征及鉴定特征。

二、思考题

1．试解释萤石、石盐的形态、物性与其化学成分、晶体结构之间的关系。
2．卤化物矿物晶体化学特点？

二、实习　卤化物矿物

萤石*　CaF_2

等轴晶系；　$3L^44L^36L^29PC$(m3m)。

晶体常呈立方体、八面体、菱形十二面体及他们的聚形。常见贯穿双晶。颜色多样，无色、白色、黄色、绿色、紫色、蓝色等。解理{111}完全；硬度 4。

思考：1．萤石{111}解理产生的原因？在(111)面上能见到几组解理纹?

2．紫色萤石—紫水晶的区别?无色萤石—方解石、重晶石的区别？

石盐*　NaCI

等轴晶系；　$3L^44L^36L^29PC$(m3m)。

晶体立方体、八面体或他们的聚形。因杂质颜色多变。解理{100}完全。硬度 2—2.5。易溶于水，有咸味。

生成于气候干旱的环境中。

思考：1．石盐{100}解理产生的原因。

2．石盐的主要成因产状和用途。

综合性实习：未知矿物肉眼综合鉴定

目的

熟练掌握未知矿物肉眼综合鉴定的方法和步骤

方法步骤

一般肉眼鉴定步骤举例：

第一步	第二步	第三步	第四步	第五步	
光泽	硬度	颜色	形态	矿物范围	进一步区别特征
金属光泽	大于小刀（复硫化物为主）	铜黄色调	块状，粒状	黄铁矿	颜色，硬度
		锡白色调	粒状，柱状	毒砂	颜色，硬度
	小于小刀（简单硫化物为主）	铜黄色调	块状	黄铜矿 磁黄铁矿 斑铜矿	铜黄色 暗青铜黄色 锖色，铜红色
		铅灰色调	粒状， 柱状 层状	方铅矿 闪锌矿 辉铋矿 辉锑矿 辉钼矿	三组直交解理 多组解理，条痕色浅于手标本 晶面纵纹 晶面纵纹，解理面横纹 蓝锖色，弱延展性
半金属光泽	大于小刀（氧化物为主）	黑色	粒状 片状 肾鲕 柱状	磁铁矿 铬铁矿 镜铁矿 赤铁矿（肾鲕） 软锰矿（显晶） 金红石 锡石	条痕黑色，强磁性 条痕褐色，弱磁性 条痕红褐色，片状 形态、条痕 形态、硬度 形态、解理好 密度大、解理差
	小于小刀	褐红色	板状	黑钨矿	条痕褐色
		黑色	隐晶、块状	软锰矿（隐晶）	污手

玻璃光	硬度	形态	解理	矿物范围	进一步区别特征
	大于小刀（硅酸盐为主，除层状外）	粒状、短柱状	无	石榴石 锆石 榍石 白榴石	单晶形态

泽				橄榄石	橄榄绿、贝壳状断口
			有	绿帘石 普通辉石	草绿、晶面条纹、一组解理 晶形、解理
		柱状、板状	无	符山石 石英 刚玉 电气石 绿柱石	晶形 断口光泽 晶形、裂开 横断面 晶形
			有	红柱石 蓝晶石 黄玉 十字石 普通角闪石 透辉石 透闪石 阳起石 硅灰石 矽线石 正长石 斜长石 微斜长石	颜色、晶形、横断面 颜色、晶形 晶面纵纹、解理 晶形、双晶 晶形、解理 颜色、晶形 颜色、解理、晶形 颜色 形态、硬度 形态 颜色、双晶 颜色、双晶 颜色、条纹长石
	小于小刀（层状硅酸盐、其它含氧盐、卤化物）	块状、土状(粒度小，肉眼看不见个体)	/	滑石、叶蜡石 高岭石、蒙脱石 蛇纹石	滑感、简易化学分析区分 吸水可塑性、吸水后成糊状 颜色、集合体形态
		板状、片状、柱状	有	云母族 蛭石 磷灰石 硼镁铁矿	极完全解理、弹性、颜色区分各种 光泽、挠性 晶形、加热磷光 颜色、光泽
		柱状、板状		方解石族 重晶石 石膏 硬石膏 白钨矿 萤石 石盐	斜交解理、HCl 反应程度区别矿物种 解理交角、密度 硬度、挠性 硬度、解理 解理、光泽、发光 解理 解理、易溶于水