

结晶矿物学

胡海燕

联系方式: 18792934952

办公室: 4J106 (东)



第三章 晶体的宏观对称



一、对称的概念

二、晶体对称的特点

三、对称要素和对称操作

四、对称要素组合

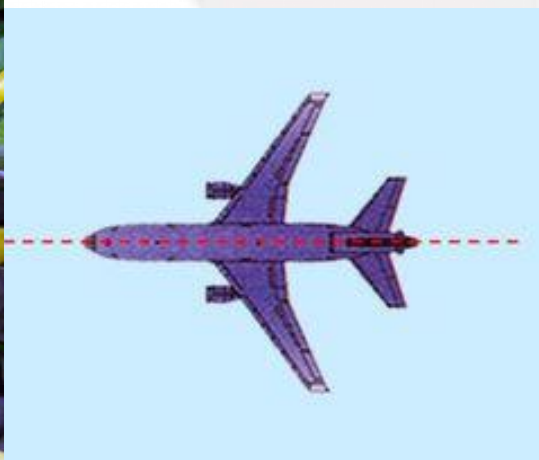
五、对称型

六、晶体的对称分类

一、对称的概念



► 对称就是物体相同部分有规律的重复。



巨灵神



李天王



张飞



盖书文



李逵

中国戏曲脸谱

二、晶体对称的特点



格子构造使得所有晶体都是对称的。晶体外形的对称表现为相同的晶面、晶棱和角顶作有规律的重复。

- (1) 由于晶体内部都具有格子构造，而格子构造本身就是质点在三维空间周期重复的体现。因此，从某种意义上来说，所有的晶体结构都是对称的。
- (2) 晶体的对称受格子构造规律的限制，因此，晶体的对称是有限的，它遵循“晶体对称定律”。
- (3) 晶体的对称取决于其内在的本质---格子构造，因此，晶体的对称不仅体现在外形上，同时也体现在物理性质上（光学、热学、力学、电学）。

三、对称要素和对称操作



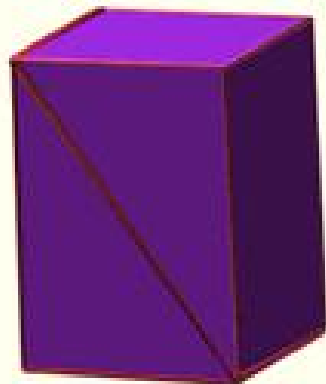
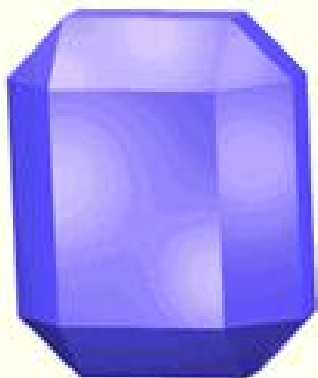
使对称图形中相同部分重复出现的操作，叫**对称操作**。

在进行对称操作时所应用的辅助几何要素（**点、线、面**），称为**对称要素**。

晶体外形可能存在的对称要素和相应的对称操作如下：



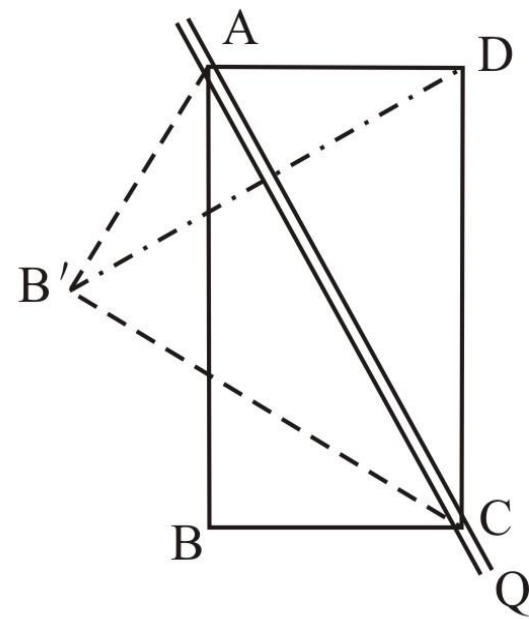
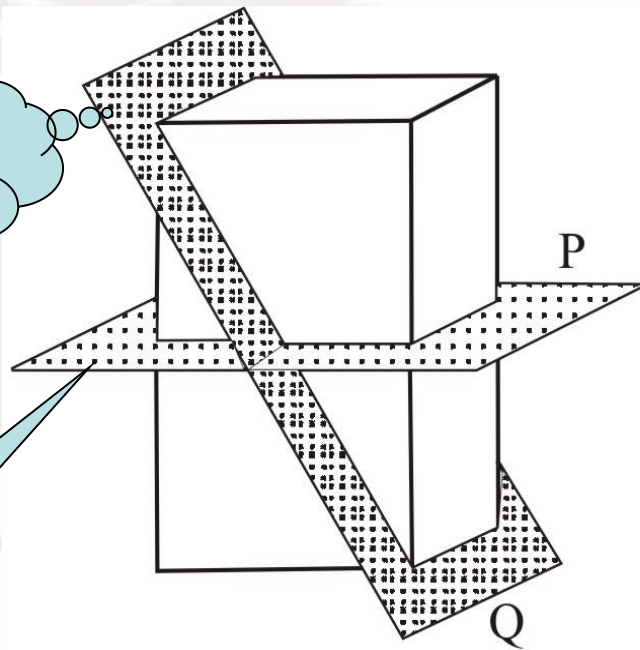
- **1. 对称面 σ** 假想的平面，对称操作是对一个平面的反映，它把晶体平分为互为镜像的两个相等部分。可以有多个对称面存在，如**3 σ** 、**6 σ** 等。





对称面?

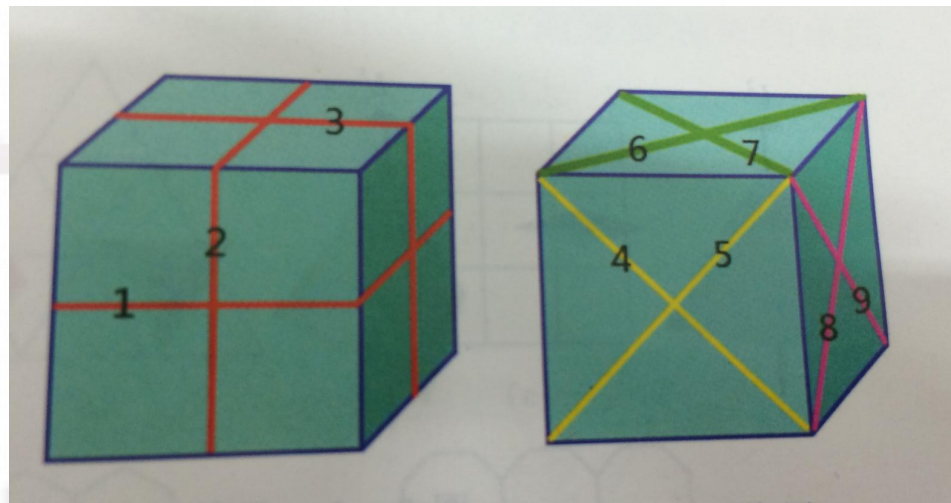
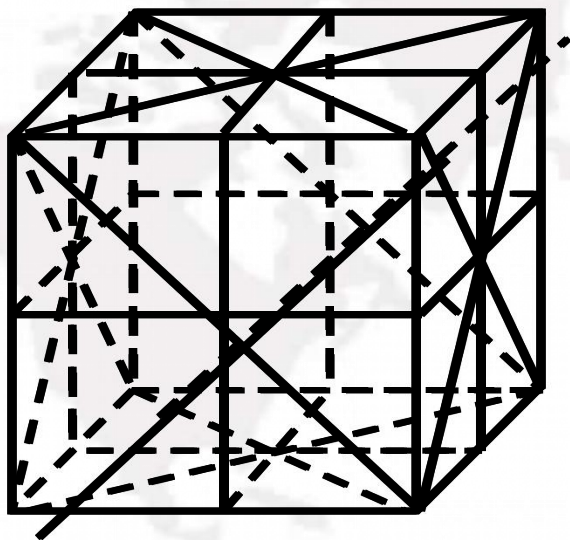
对称面



识别标志：两部分上对应点的连线是否与对称面垂直等距。



立方体9个对称面



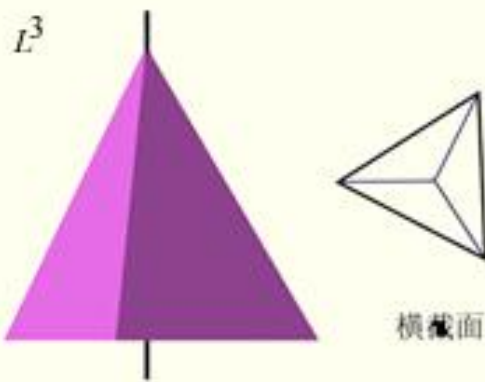
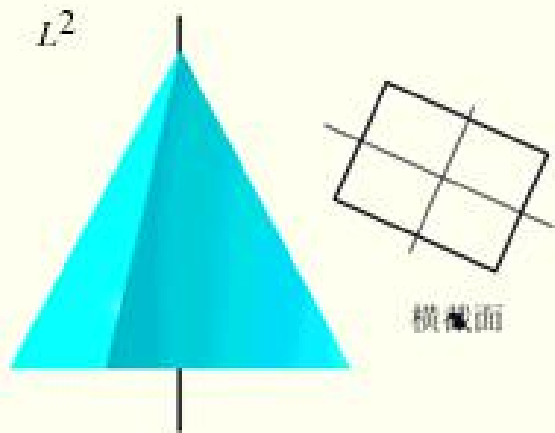
对称面可能出现的位置：

- 1、垂直并平分晶面；
- 2、垂直晶棱并通过它的中心；
- 3、包含晶棱

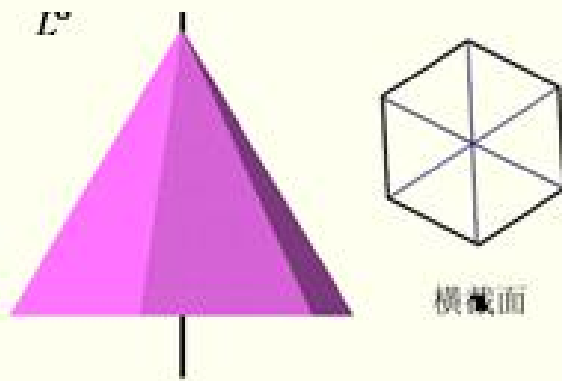
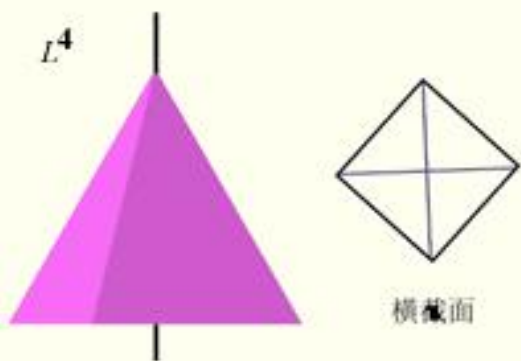


➤ **2. 对称轴 - L_n** 对称轴是一根假想的直线，晶体围绕它旋转一定的角度后，晶体的相等部分重复出现。相应的操作为旋转。

L^2



L^4



L^3 旋转一周重复的次数称为轴次 n ，相同部分重复时所旋转的最小角度称为基转角 α ，关系为：

$$n=360/\alpha$$

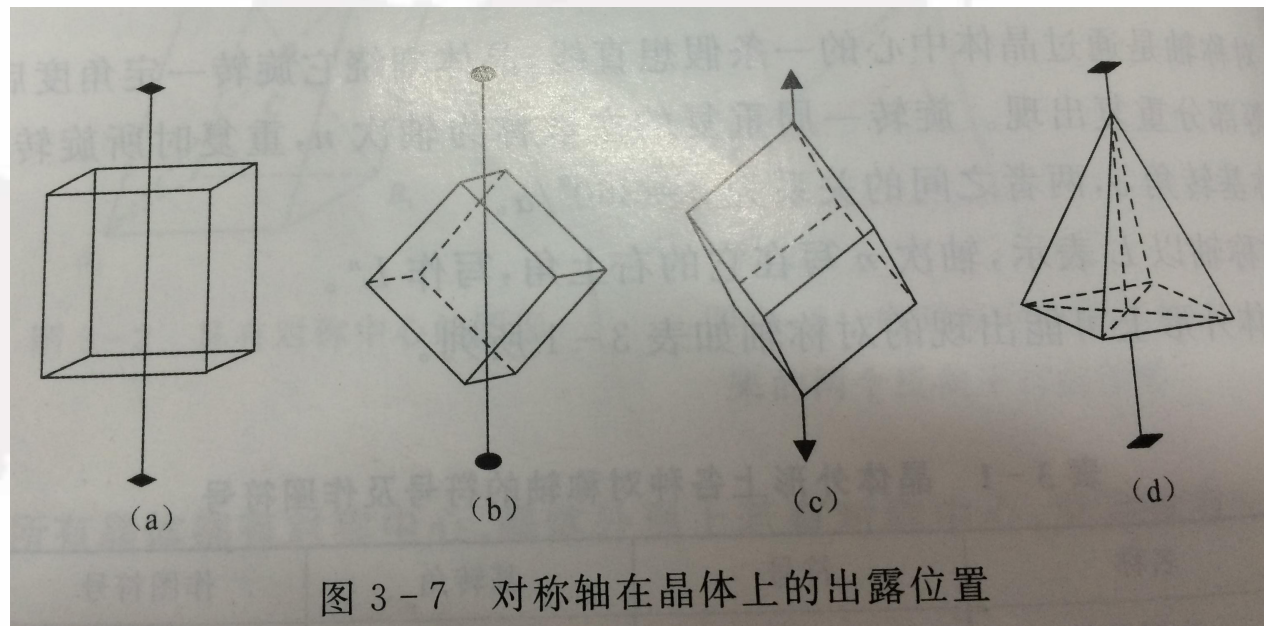
L^6

轴次 $n > 2$ 的对称轴，称高次轴，轴次 $n \leq 2$ 的称低次轴。



晶体中对称轴可能出现的位置：

- 1、晶面的中心：两相对晶面中心的连线；
- 2、晶棱的中点：两相对晶棱中心的连线；
- 3、角顶上：两相对角顶的连线或一个角顶和与之相对的一个晶面中心的连线。

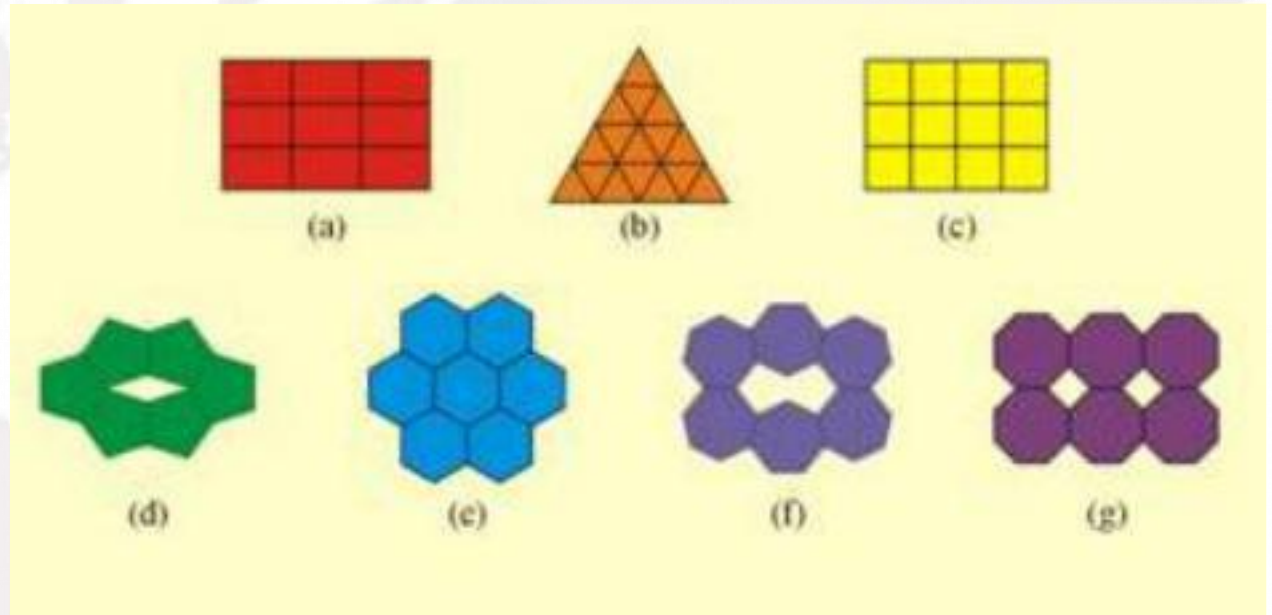




晶体是具有格子构造的固体物质，这种质点格子状的分布特点决定了晶体的对称轴只有 $n=1, 2, 3, 4, 6$ 这五种，不可能出现 $n=5, n>6$ 的情况。这就是晶体对称定律。

为什么呢？

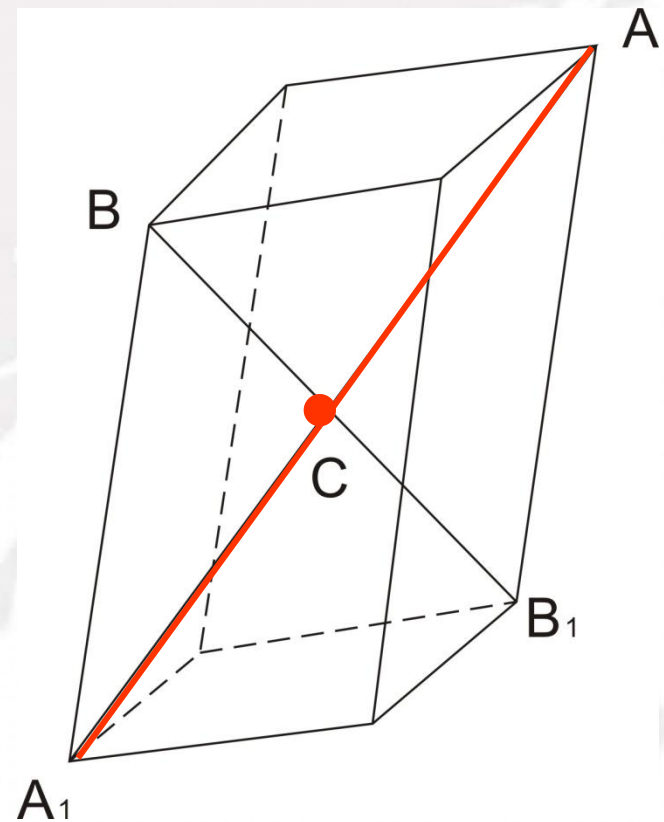
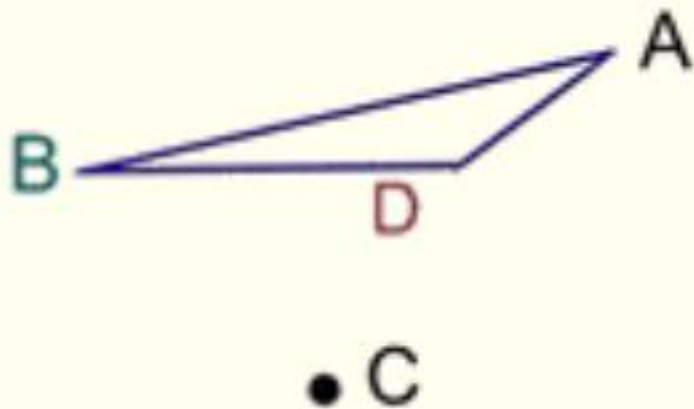
垂直五次及高于六次的对称轴的正多边形的网孔不能毫无间隙地布满整个平面，从能量上来看是不稳定的。

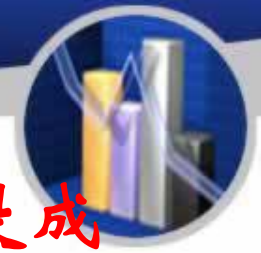


整个空间格子可以看成是由平行六面体在三维空间平行地毫无间隙地重复累积而成。

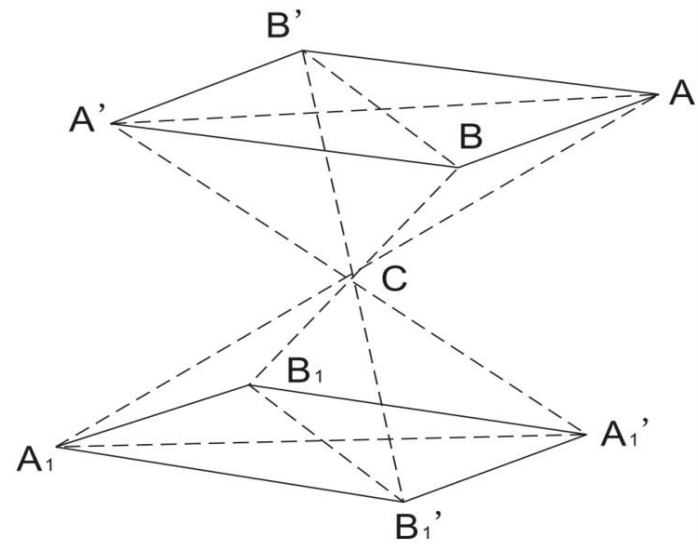
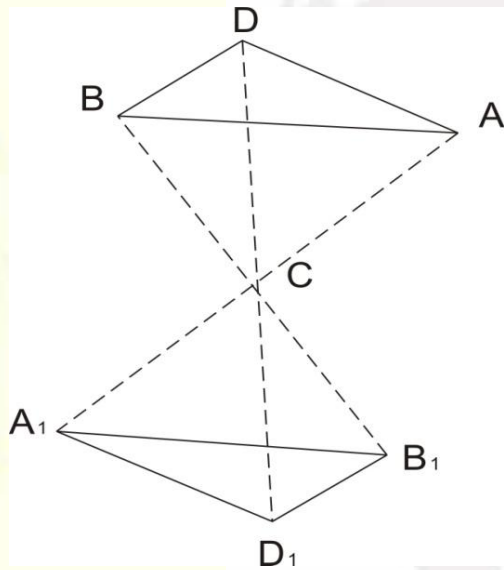
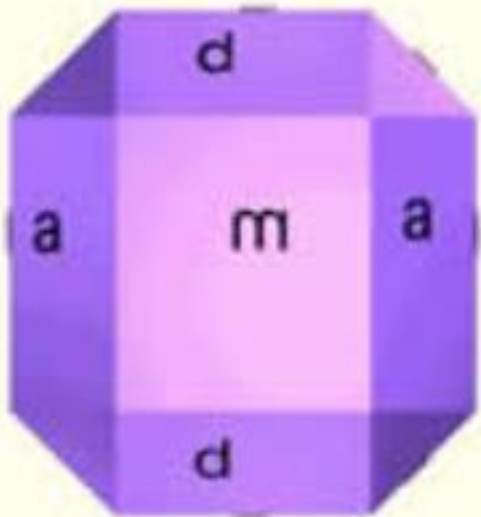


- **3. 对称中心 - C** 对称中心是一个假想的点，通过这一点的直线两端等距离的地方有晶体上相等的部分。相应的操作为**反伸**。只可能在晶体中心，只可能一个。





➤ 识别标志：凡是有对称中心的晶体，晶面总是成对出现，两两反向平行、同形等大。



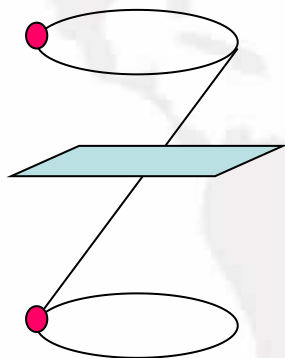
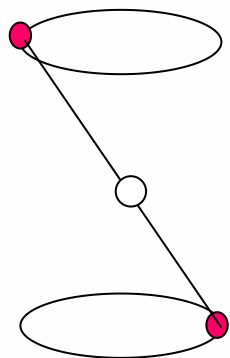
晶体的对称定律



4. 旋转反伸轴

假想的一条直线，晶体围绕此直线旋转一定角度后，再对此直线上的一点进行反伸，可使晶体上相等的部分重复。旋转 + 反伸—— 复合操作

旋转反伸轴包括： L_i^1 、 L_i^2 、 L_i^3 、 L_i^4 、 L_i^6



$L_i^1 = C$

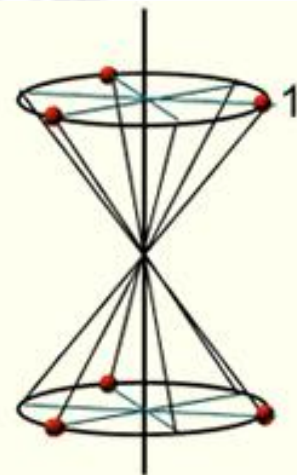
$L_i^2 = P$



$L_i^3 = L^3C$



L_i^4



$L_i^6 = L^3P$

注意：



(1) 除 L_i^4 ，其余均可以用简单对称要素代替；

$$L_i^1 = C ; \quad L_i^2 = P ; \quad L_i^3 = L^3 + C ;$$

$$L_i^6 = L^3 + P$$

(2) 保留 L_i^4 （无法用简单要素替代）

和 L_i^6 （有特殊分类意义）。

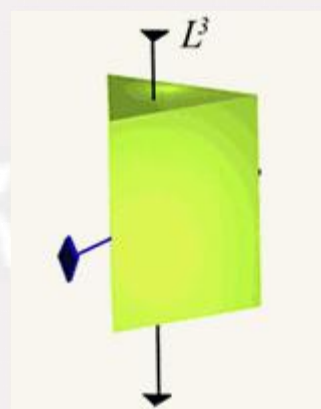
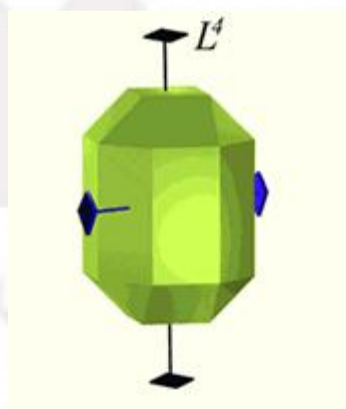
(3) 晶体上有 L_i^4 的地方，往往也出现 L^2 ，
此时 L_i^4 包含 L^2 。无对称中心。

四、对称要素组合定理



定理1: $L^n \times L^2_{\perp} \rightarrow L^n n L^2$

如果有一个 L^2 垂直于 L^n ，则必有 n 个 L^2 垂直于 L^n ，且任意相邻的 L^2 的夹角为 L^n 的基转角的一半。

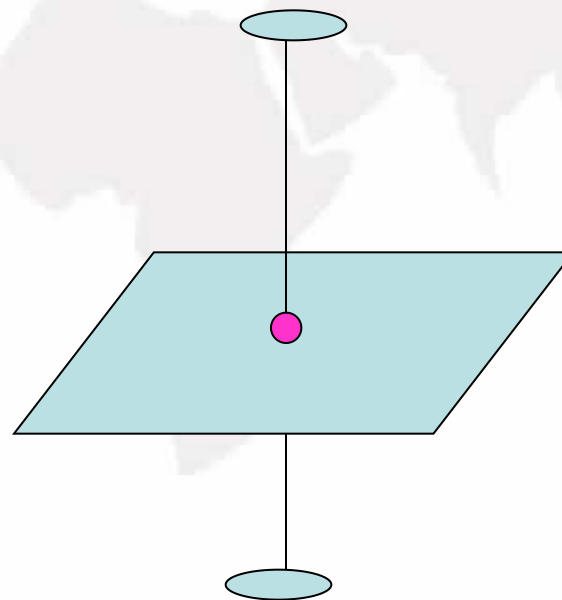


例如: $L^4 \times L^2_{\perp} \rightarrow L^4 4 L^2$, $L^3 \times L^2_{\perp} \rightarrow L^3 3 L^2$



定理2: $L^n \times P_{\perp} \rightarrow L^n P_{\perp} C$ (n 为偶数)

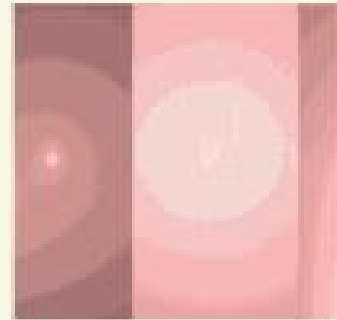
如果有一个对称面P垂直于偶次轴 L_n , 则在其交点存在对称中心C。





定理3: $L^n \times P_{//} \rightarrow L^n n P_{//}$

如果有一个对称面P包含对称轴Ln, 则必有n个P包含Ln, 且相邻两个P的夹角为Ln的基转角的一半。



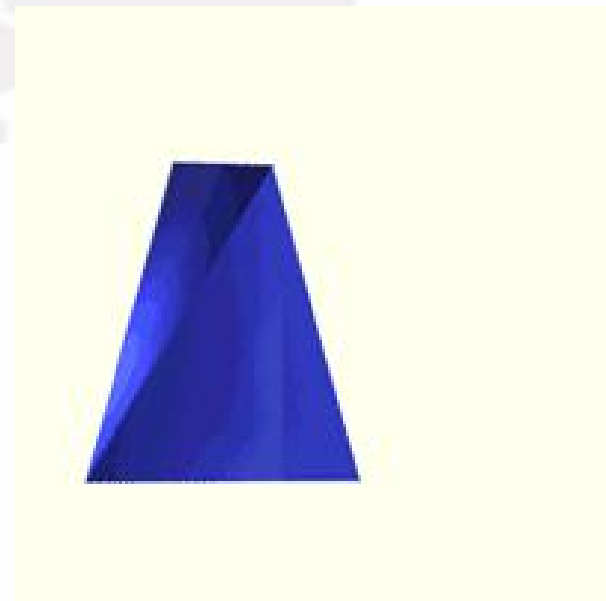


定理4: $L^n \times P_{//} = L^n \times L^2_{\perp} \rightarrow L^n n/2 L^2_{\perp} n/2 P_{//}$ (n 为偶数)
 $\rightarrow L^n n L^2_{\perp} n P_{//}$ (n 为奇数)

如果有一个 L^2 垂直于旋转反伸轴 L^n ，或者有一个对称面 P 包含 L^n ，若 n 为奇数时必有 n 个 L^2 垂直于 L^n ，或 n 个对称面 P 包含 L^n 。若 n 为偶数时必有 $n/2$ 个 L^2 垂直于 L^n ，或 $n/2$ 个对称面 P 包含 L^n 。

注意: $L^6 = L^3 + P$

三方柱的对称型 $L^6 3 L^2 3 P (L^3 3 L^2 4 P)$



五、对称型



1、对称型的概念

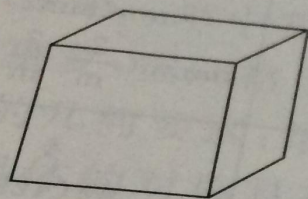
对称型是指晶体中所有外部对称要素的组合。

2、对称型的书写

一般首先写从高到低不同轴次的对称轴或旋转反伸轴，其次写对称面，最后写对称中心。但在等轴晶系中，不论一个对称轴中有无大于3次的对称轴，3次对称轴 L^3 应当始终放在第二位。

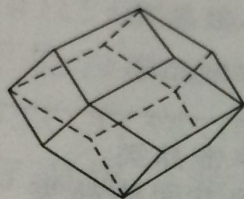
如： L^2PC 、 L^33L^2 、 L^33P 、 L^42L^22P

对称型之中,无一例外(表 3-2)。
 对称型举例如图 3-17 所示。从中可以看出不同的晶体具有不同的对称型;不同的晶体也可具有相同的对称型,例如立方体和菱形十二面体均具有 $3L^4 4L^3 6L^2 9PC$ 对称型,四方四面体和复四方偏三角面体均具有 $L^4 2L^2 2P$ 对称型,四方四面体和复四方偏三角面体均具有 $L^4 2L^2 2P$ 对称型。

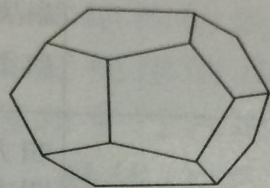


立方体

$3L^4 4L^3 6L^2 9PC$

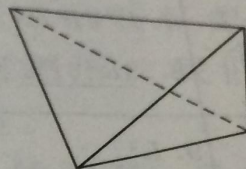


菱形十二面体



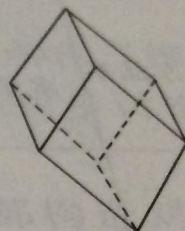
五角十二面体

$3L^2 4L^3 3PC$



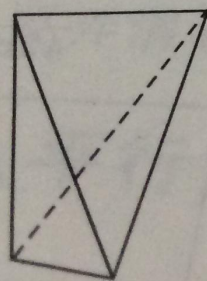
四面体

$3L^4 4L^3 6P$



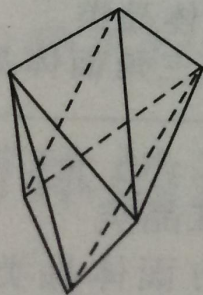
菱面体

$L^3 3L^2 3PC$

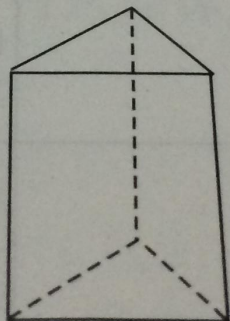


四方四面体

$L^4 2L^2 2P$

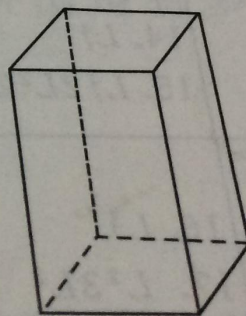


复四方偏三角面体



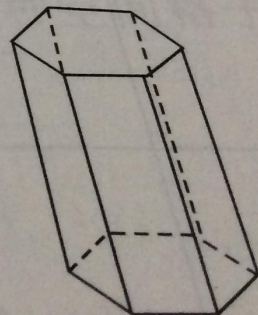
三方柱

$L^6 3L^2 3P$



四方柱

$L^4 4L^2 5PC$



六方柱

$L^6 6L^2 7PC$

图 3-17 对称型举例

六、晶体的对称分类

晶体的分类依据（原则）：

1. 所有晶体是对称的；
2. 对称型有限（32个），属于同一对称型的晶体可归为一类，称为晶类；
3. 根据是否有高次轴以及有一个或多个高次轴可以进一步归纳分类；

分类体系：

三个晶族 \longrightarrow 七个晶系 \longrightarrow 32个晶类。

晶体的对称分类

晶族	对称特点	晶系	对称特点	对称型		晶类名称	晶体实例
				习惯符号	国际符号 (简化)		
低级晶族	无高次轴	三斜晶系	无 L^2 或P	1. L^1 2. C^*	1 $\bar{1}$	单面 平行双面	高岭石 钙长石
		单斜晶系	L^2 或P均不多于一个	3. L^2 4. P 5. L^2PC	2 m 2/m	轴双面 反映双面 斜方柱	镁铅矾 斜晶石 石膏
		斜方晶系	L^2 或P多于一个	6. $3L^2$ 7. L^22P 8. $3L^23PC$	222 mm mmm	斜方四面体 斜方单锥 斜方双锥	泻利盐 异极矿 重晶石
中级晶族	只有一个高次轴	三方晶系	唯一高次轴 L^3	9. L^3 10. L^3C 11. L^33L^2 12. L^33P 13. L^33L^23PC	3 $\bar{3}$ 32 3m $\bar{3}m$	三方单锥 菱面体 三方偏方面体 复三方单锥 复三方偏三角面体	细硫砷铅矿 白云石 α -石英 电气石 方解石
		四方晶系	唯一高次轴 L^4	14. L^4 15. L^4_1 16. L^4PC 17. L^44L^2 18. L^44P 19. $L^4_12L^22P$ 20. L^44L^25PC	4 $\bar{4}$ 4/m 42 4mm $\bar{4}2m$ 4/mmm	四方单锥 四方四面体 四方双锥 四方偏方面体 复四方单锥 复四方偏三角面体 复四方双锥	四银铅矿 砷硼钙石 白钨矿 镍矾 羟氯银铅矿 黄铜矿 锗石
		六方晶系	唯一高次轴 L^6	21. L^6 22. L^6_1 23. L^6PC 24. L^66L^2 25. L^66P 26. $L^6_13L^23P$ 27. L^66L^27PC	6 $\bar{6}$ 6/m 62 6mm $\bar{6}2m$ 6/mmm	六方单锥 三方双锥 六方双锥 六方偏方面体 复六方单锥 复三方双锥 复六方双锥	霞石 磷酸氢二银 磷灰石 β -石英 红锌矿 蓝锥矿 绿柱石
高级晶族	有多个高次轴	等轴晶系	必有 $4L^3$	28. $3L^24L^3$ 29. $3L^24L^33PC$ 30. $3L^44L^36L^2$ 31. $3L^4_14L^36P$ 32. $3L^44L^36L^29PC$	23 m3 43 $\bar{4}3m$ m3m	五角三四面体 偏方复十二面体 五角三八面体 六四面体 六八面体	香花石 黄铁矿 赤铜矿? 黝铜矿 方铅矿



晶体的分类有着重要的实际意义。绝大多数矿物都是晶体。高、中、低三晶族的矿物不仅在**形态上**各有特点，而且在**物理性质**上也截然不同。掌握各晶族、晶系的对称特点，是对**矿物进行鉴定和研究**必须具备的基础知识。