第二十章 含氧盐矿物大类（二）

SALT WITH OXYGEN (2)

本大类（二）简称杂盐，以碳酸盐、硫酸盐为最重要，其次为磷酸盐、钨酸盐、硼酸盐及硝酸盐。其他含氧盐矿物还有砷酸盐、钒酸盐、钼酸盐和铬酸盐。

第一节 碳酸盐矿物类

金属阳离子与碳酸根$[CO_3]^{2-}$结合而成的含氧盐矿物便是碳酸盐矿物。

碳酸盐矿物的**阳离子组成**：其金属阳离子约 20 余种，以 Ca^{2+}、Mg^{2+}、Fe^{2+}、Mn^{2+}、Na^{+}为主，其次为 Cu^{2+}、Zn^{2+}、Pb^{2+}、Sr^{2+}、Ba^{2+}、TR^{3+}等,有的还含有 H^{+}。

碳酸盐矿物的**晶格类型**：碳酸盐矿物的基本结构单元为$[CO_3]$配位三角形。多数碳酸盐矿物为单斜或斜方晶系，次为三方或六方晶系；极少为四方、等轴和三斜晶系。

碳酸盐矿物的**主要化学性质**：一些碱金属的碳酸盐矿物可溶于水，而所有碳酸盐矿物均能溶于盐酸，但程度不同，是鉴定碳酸盐矿物的一项重要依据。

碳酸盐矿物的**主要物理性质**：本类矿物为离子晶格，大多无色或呈白色，非金属光泽；但含铜者呈鲜绿或鲜蓝色，含锰者呈玫瑰红色，含稀土或铁者呈褐色，含钴者为淡红色，含铀者呈黄色。其硬度一般约为 3，稀土碳酸盐矿物可达 4.5。

碳酸盐矿物的主要**成因**：内生、外生和生物；其中外生成因者分布最为广泛。

碳酸盐矿物的**分类**：根据结构中强健的分布，碳酸盐类矿物可分为岛状、链状和层状等亚类。

碳酸盐矿物的亚类划分及其主要矿物种属

岛状	方解石 $Ca[CO_3]$族、白云石 $CaMg[CO_3]_2$ 族、文石 $Ca[CO_3]$族、钡解石族 $CaBa[CO_3]_2$
链状	孔雀石 $Cu_2[CO_3](OH)_2$ 、蓝铜矿 $Cu_3[CO_3]_2(OH)_2$、重碳钠盐 $Na[HCO_3]$、碳铵石 $NH_4[HCO_3]$、碳钠铝石 $NaAl[CO_3](OH)_2$
层状	泡铋矿 $Bi_2[CO_3]O_2$、水白铅矿 $Pb_3[CO_3]_2(OH)_2$、斜方碳铀矿 $UO_2[CO_3]$、天然碱 $Na_3H[CO_3]_2 \cdot 2H_2O$

主要碳酸盐矿物的鉴定特征：

*方解石*为菱面体解理、硬度 3、加盐酸急剧起泡、聚片双晶纹可平行菱形解理面的棱（白云石的双晶纹只平行菱形解理面的对角线）。

*菱镁矿*与方解石相似，区别在于粉末加冷 HCl 不起泡或作用极慢，加热 HCl 则剧烈起泡。

中国地质大学（北京）岩石矿物教研室

白云石为马鞍状晶形、平行解理面对角线的双晶纹、遇冷盐酸不剧烈起泡。

文石又称霰石，为方解石的同质二象变体。以其不具菱面体解理、晶形呈柱状或矛状、相对密度和硬度稍大区别于方解石。在硝酸钴溶液中煮沸，方解石粉末只微带青色，文石则呈浓红色及紫色。

孔雀石呈孔雀绿色，肾状或葡萄状形态，硬度小于小刀，遇盐酸剧烈起泡。

蓝铜矿呈蓝色，与孔雀石共生（以此区别于铜蓝），硬度小于小刀，遇盐酸剧烈起泡。

天然碱板状，有咸味，硬度小于小刀，一组完全解理，易溶于水，遇盐酸剧烈起泡。

第二节　硫酸盐矿物类（Sulfates）

硫酸盐矿物是金属阳离子与硫酸根$[SO_4]^{2-}$结合而成的含氧盐类。

硫酸盐矿物的**阳离子组成**：硫酸盐矿物中与硫酸根化合的金属阳离子约 20 余种，以Ca^{2+}、Mg^{2+}、Ba^{2+}、Sr^{2+}、Pb^{2+}、K^{+}、Na^{+}、Fe^{3+}、Al^{3+}、Cu^{2+}为主。

硫酸盐矿物的**晶格类型**：硫酸盐矿物的基本结构单元为$[SO_4]$配位四面体。大多数常见硫酸盐矿物中的$[SO_4]$配位四面体都呈孤立岛状与其他阳离子结合，但由于其结合的方式在不同方向上存在差异，这些方向的键强也有区别，因而可呈现环状、链状和层状等结构类型。其结构对称性较差：约 1/3 以上属单斜晶系，约 1/6 属斜方晶系，少数为三斜、三方或六方晶系；极少为四方和等轴晶系。

硫酸盐矿物的**主要物理性质**：一般无色或呈白色，非金属光泽；含铜者呈蓝绿色，含铁者呈黄褐或蓝绿色，含锰或钴者呈红色。其硬度一般在 2～3.5 之间，不少仅 1.5，硫酸盐的相对密度一般为 2～4 左右。

硫酸盐矿物的主要**成因**：内生和外生，但均为氧逸度高而温度低的环境。

硫酸盐矿物的**分类**：根据结构中强健的分布，硫酸盐类矿物可分为岛状、环状、链状和层状等亚类。

硫酸盐矿物的亚类划分及其主要矿物种属

亚类	种属
岛状	重晶石 $Ba[SO_4]$ 、天青石 $Sr[SO_4]$ 、硬石膏 $Ca[SO_4]$ 、无水芒硝 $Na[SO_4]$ 、水胆矾 $Cu_4[SO_4]\cdot 6H_2O$、明矾石 $KAl_3[SO_4]_2(OH)_6$、黄钾铁矾 $KFe_3[SO_4]_2(OH)_6$
环状	四水泻盐 $Mg[SO_4]\cdot 4H_2O$、水钴矾 $Co[SO_4]\cdot 4H_2O$
链状	水铀矾 $K_4(UO_2)_6[SO_4]_3(OH)_{10}\cdot 4H_2O$
层状	石膏 $Ca[SO_4]\cdot 2H_2O$

中国地质大学（北京）岩石矿物教研室

主要硫酸盐矿物的鉴定特征：

*重晶石*呈板状晶形，三组中等至完全解理，解理块体在(100)面上呈菱形，而(001)∧(210)=90°。与 HCl 不起作用可与碳酸盐矿物相区别，以 HCl 浸湿后，染火焰成黄绿色(钡的焰色)可与天青石的深紫红色(锶的焰色)区别。硬度小，相对密度大可与长石相区别。

*硬石膏*以相对密度小、三组解理互相垂直与重晶石族矿物区别；以遇 HCl 不起泡与碳酸盐相区别（在地层中与白云岩相似）；以硬度较大与石膏区别。

*石膏*以其特征形态、低硬度、一组极完全解理作为鉴定特征。雪花石膏以其遇酸不起泡区别于碳酸盐矿物。

第三节　磷酸盐矿物类（Phosphates）

磷酸盐矿物是金属阳离子与磷酸根$[PO_4]^{3-}$结合而成的含氧盐类。

磷酸盐矿物的**阳离子组成**：碳磷酸盐矿物中与磷酸根化合的金属阳离子约 30 余种，以Fe^{2+}、Fe^{3+}、Al^{3+}、Ca^{2+}、、Mn^{2+}、Cu^{2+}、Pb^{2+}、TR^{3+}为主,常有$[UO_2]^{2+}$络阳离子。。

磷酸盐矿物的**晶格类型**：磷酸盐矿物的基本结构单元为$[PO_4]$配位四面体。磷酸盐矿物晶体结构中的$[PO_4]$配位四面体彼此不能共角顶连接，故半数以上属岛状结构。部分$[PO_4]$四面体可与铍四面体、铁八面体共角顶连成链状骨干，也可与铍、铝、锌四面体或铝、锌、锰、铁八面体共角顶连接成架，形成链状和架状磷酸盐；还有的$[PO_4]$四面体与$[UO_2]$或铝、铁八面体构成网层，形成层状磷酸盐。本类矿物成分复杂，其结构对称性较低：约 3/4 以上属斜方和单斜晶系，其余多为三斜、三方、六方或四方晶系；属等轴晶系者极少。

磷酸盐矿物的主要**物理性质**：其形态与物性主要与化学成分和结构型有关，凡含色素离子如铁、锰、钴、镍、铜、铀者，均出现较鲜艳的颜色；绝大多数为玻璃光泽；硬度低－中等，无水者可达 5－6.5；相对密度变化甚大，如水磷铍石 Be_2［PO_4］(OH)・$4H_2O$ 仅 1.81，而磷氯铅矿 Pb_5［PO_4］$_3$Cl 达 7.14。

磷酸盐矿物的**主要成因**：内生者多形成于岩浆作用和伟晶作用，少数形成于接触交代和热液作用；外生者或由复杂的生物化学作用所形成，或由内生者变化而来。外生磷酸盐矿物种类多于内生磷酸盐矿物。

磷酸盐矿物的**分类**：根据结构中强健的分布，可分为岛状、链状、层状和架状等亚类。

磷酸盐矿物的亚类划分及其主要矿物种属。

亚类	种属

中国地质大学（北京）岩石矿物教研室

岛状	独居石 $Ce[PO_4]$族 、磷钇矿 $Y[PO_4]$族
链状	磷灰石 $Ca_5[PO_4]_3(OH,F,Cl)$族、红磷锰铍石 $Mn\{Be[PO_4]OH\}$族、板磷铁矿 $Fe_2(H_2O)_2\{Fe(H_2O)_2[PO_4]_2\}$族
层状	铜铀云母 $Cu(UO_2)_2[PO_4]_2 \cdot 12H_2O$ 族、蓝铁矿 $Fe_3[PO_4]_2 \cdot 8H_2O$
架状	块磷铝矿 $Al[PO_4]$族、绿松石 $CuAl_6[PO_4]_4(OH)_8 \cdot 4H_2O$ 族

主要磷酸盐矿物的鉴定特征：

*独居石*为黄褐色、油脂光泽、紫外光下发绿色荧光、放射性。

*磷灰石*为六方柱或板状、硬度 5。以形态、硬度和解理与天河石（绿色含钡的微斜长石）区别。沉积磷灰石与石灰岩相似，但加盐酸不起泡，有试磷反应：将钼酸铵粉末置于磷灰石上，加一滴硝酸，则生成磷钼酸铵黄色沉淀（含有机质时常见蓝色沉淀）。

*铜铀云母*为四方板状、翠绿色、极完全解理、解理面珍珠光泽、放射性。

*绿松石*以其颜色、光泽、硬度作为鉴定特征，可作为中高档玉石。

第四节　硼酸盐矿物类（Brates）

金属阳离子与硼酸根相化合便形成硼酸盐矿物。

硼酸盐矿物的**阳离子组成**：形成硼酸盐矿物的金属元素约 20 余种，其中最主要的只有镁、钙、钠，次为铁、锰、铝、铍、锡、锶、钾、锂、钛等。

硼酸盐矿物的**晶格类型**：硼酸盐矿物的基本结构单位是$[BO_3]^{3-}$三角形和$[BO_4]^{5-}$四面体，其中的 O^{2-}常被（OH）$^-$所代换。据$[BO_3]^{3-}$和$[BO_4]^{5-}$（包含［$B(O,OH)_3$］三角形和［$B(O,OH)_4$］四面体）在结构中是否连接及其连接方式，其络阴离子骨干可分为岛状、环状、链状、层状和架状等 5 种基本形式。

硼酸盐矿物的主要**物理性质**：多为无色或白色，只有含色素离子 Fe^{2+}、Mn^{2+}、Cu^{2+}、Ti^{4+}、Ta^{5+}、Nb^{2+}者呈各种鲜明的颜色。该类矿物硬度变化很大，最低者仅 1.713（史硼钠石 $Na[B_5O_6(OH)_4] \cdot 3H_2O$），最高的达 7.5（方硼石）；一般环状和含水的硼酸盐矿物硬度偏低。硼酸盐矿物中除硼钽铌矿达 7.86 外，其它因阳离子多为轻金属而在 4.28 以下，且约半数低于 2.5。

硼酸盐矿物的主要**成因**：主要形成于盐湖的沉积作用和接触交代变质过程中。前者可形成巨量富集，硼的来源往往与火山活动有关。

硼酸盐矿物的**分类**：根据络阴离子骨干类型，可将硼酸盐矿物分为岛状、环状、链状、层状和架状等 5 个亚类。

中国地质大学（北京）岩石矿物教研室

硼酸盐矿物的亚类划分及其主要矿物种属。

亚类	种属
岛状	硼镁铁矿$(Mg,Fe)_2Fe^{3+}[BO_3]O_2$、硼铍石$Be_3[BO_3](OH)$、硼铝镁石$MgAl[BO_4]$、氯硼钠石$Na_2[B(OH)_4]Cl$、硼镁石$Mg_2[B_2O_4(OH)](OH)$、柱硼镁石$Mg[B_2O(OH)_6]$
环状	硼砂$Na_2[B_4O_5(OH)_4]\cdot 8H_2O$
链状	硬硼钙石$Ca[B_3O_4(OH)_3]\cdot H_2O$
层状	图硼锶石$Sr[B_6O_9(OH)_2]\cdot 3H_2O$
架状	方硼石$Mg_3[B_3B_4O_{12}]OCl$

主要硼酸盐矿物的鉴定特征：

*硼镁铁矿*颜色与条痕深，相对密度与硬度大。空气中烧之变红。溶于浓H_2SO_4，加几滴热酒精后用火点燃，见鲜艳的绿色火焰(B 的反应)。

*硼镁石*白色、纤维状、产于镁夕卡岩或沉积硼矿。

第五节　钨酸盐、钼酸盐和铬酸盐矿物类

（Tungstates，Molybdenates,Chromates）

钨酸盐、钼酸盐和铬酸盐分别是金属阳离子与$[WO_4]^{2-}$、$[MoO_4]^{2-}$和$[CrO_4]^{2-}$结合而成的化合物。

阳离子组成：此类矿物的阳离子主要有Ca^{2+}和Pb^{2+}，次为Cu^{2+}、Zn^{2+}、Fe^{3+}、Al^{3+}、K^+等。

晶体化学：基本结构单元$[WO_4]^{2-}$和$[MoO_4]^{2-}$为四方四面体，体积较小；$[CrO_4]^{2-}$为四面体，体积较大。故$[WO_4]^{2-}$和$[MoO_4]^{2-}$不与$[CrO_4]^{2-}$发生类质同象代换，也不能被$(SO_4)^{2-}$、$(PO_4)^{3-}$、$(SiO_4)^{4-}$等代换；而$[CrO_4]^{2-}$能被少量$(PO_4)^{3-}$、$(SiO_4)^{4-}$等代换。 $[WO_4]^{2-}$和$[MoO_4]^{2-}$间可完全类质同象置换。

主要**物理性质**：多呈双锥状、板状或柱状。呈离子晶格特性：白色或浅彩色；硬度小于4.5，含水者降至 1；含铅者相对密度大而部分铬酸盐较小。

主要**成因**：多为氧化带表生作用的产物，仅无水钨酸盐由内生作用形成

主要**类型**包括白钨矿族、钼铅矿族和铬铅矿族。

主要矿物及鉴定特征：

*白钨矿*为白色、油脂光泽、相对密度大、紫外光照射发天蓝色荧光。在水中保持白色与

中国地质大学（北京）岩石矿物教研室

白色石英区别（后者在水中呈半透明状）。

第六节 硝酸盐矿物类（Nitrates）

硝酸盐是金属阳离子与$[NO_3]^-$结合而成的化合物。

硝酸盐矿物的**离子组成**：硝酸盐类矿物的阳离子主要有 Na^+、K^+、Mg^{2+}、Ca^{2+}、Ba^{2+}，次为 Cu^{2+}、NH_4^+。

硝酸盐矿物的**晶体化学**：此类矿物中，基本结构单元$[NO_3]^-$为平面三角形，内部为共价键，外部为离子键。按络阴离子的分布，均应为岛状结构。

硝酸盐矿物的主要**物理性质**：多无色或呈白色，含铜者为绿色；硬度 1.5-3；相对密度 1.5-3.5；易溶于水，溶解度大。

硝酸盐矿物的主要**成因**：多见于干旱沙漠地带，由微生物分解含氮有机质形成的硝酸根与土壤中碱质化合而成。也见于火山喷气口。

硝酸盐矿物包括钠硝石族的矿物钠硝石。

*钠硝石*以其晶形、解理、低硬度、涩味、强潮解性作为鉴定特征。

中国地质大学（北京）岩石矿物教研室