

# 中国锶(天青石)矿成矿规律概要

曹焯, 孙小虹, 唐尧, 王莹, 郑厚义, 宋崇宇

中化地质矿山总局化工地质调查总院, 北京, 100013

天青石( $\text{Sr}[\text{SO}_4]$ )是锶的无水硫酸盐矿物, 是目前世界最主要的锶矿资源。据 2014 年美国地质调查局 (USGS) 的数据, 全球锶资源量超 10 亿吨, 已探明天青石储量在 9000 万吨左右, 其中墨西哥储量为 2000 万吨, 西班牙 1000 万吨(代涛等, 2014)。我国的天青石矿床主要分布在青海、江苏、四川、陕西、湖北、云南等地, 其中以青海资源最为丰富, 占 58%。

## 1 成矿作用

### 1.1 岩浆-热液活动中的成矿作用

火山活动中, 富含斜长石的火山碎屑岩可富集高含量的锶元素。如溧水地区侏罗系上统的火山碎屑岩锶含量为地壳平均含量的两倍至十几倍。后期热液交代斜长石等含锶矿物, 锶富集到热液中, 在硫酸盐阶段形成天青石矿床。

与岩浆活动有关的锶矿在空间和成因上与钾质系列玄武岩类和碱性岩的火山-深成岩有密切关系, 特征是稀土、钡、锶、氟的含量很高, 形成综合稀土矿床。

### 1.2 盐化盆地中锶的成矿作用

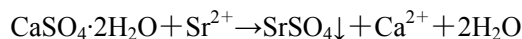
蒸发盆地中水体达到天青石沉积阶段时, 矿物的沉积顺序是: 碳酸盐-碳酸盐-天青石-天青石-天青石和硬石膏。

①碳酸盐沉积阶段: 由于  $\text{SrSO}_4$  与碳酸盐溶解度相近, 部分  $\text{Sr}^{2+}$  可以化学的或生物的方式呈分散状进入碳酸盐中, 造成沉积岩中锶的一个高丰度值。②天青石沉积阶段: 在继续蒸发浓缩的条件下, 会发生  $\text{SrSO}_4$  的沉淀, 形成天青石矿层。不同建造类型中的天青石矿层几乎都出现在碳酸盐岩到蒸发岩之间的位置(特别是石膏层之下)。③石膏沉积阶段 在蒸发作用下, 湖盆中心的沉积由碳酸盐阶

段向早期硫酸盐阶段转变时, 锶与  $\text{SO}_4^{2-}$  结合形成天青石, 并与粘土等准同时沉积形成矿体。

### 1.3 成岩期后热卤水成矿作用

在构造作用及静压力的驱使下, 富  $\text{Sr}^{2+}$  的热卤水迁移, 在石膏存在的环境中形成天青石:



上述过程中, 后生卤水对锶的迁移和交代起重要作用。如四川玉峡天青石矿, 富  $\text{Sr}^{2+}$  的热卤水沿含矿岩段选择交代了准同生期的天青石、膏质白云岩、膏盐等, 富集而形成工业矿床。

### 1.4 表生作用中锶的成矿作用

先期形成的天青石矿(或含天青石矿源层)可出现次生天青石、次生菱锶矿。次生天青石过程不发生矿物成分的变化, 仅发生溶解→近距离迁移→再沉积, 造成表层天青石矿层的富化。矿层潜水面以上部分由于  $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  等的持续长期作用, 天青石逐渐向菱锶矿转化, 形成菱锶矿(体)。

各成因类型矿床特征简述如表 1。中国天青石矿床以陆相湖泊化学沉积型为主, 其次为岩浆热液型、海相沉积-热卤水改造型和火山热液型。表生淋积型多发育于原生锶矿床的浅表部, 一般不能形成独立矿床。

## 2 成矿物质来源

沉积型和沉积-改造型天青石矿床主要形成于湖泊和泻湖环境中, 锶、硫一般来源于沉积盆地内。

中生代柴达木地区处于高山深盆环境, 以蚀源基岩风化作用为主。多源的锶汇入柴达木古湖西部, 为锶成矿提供了物质条件(孙艳等, 2013)。

四川东部地区三叠纪古海盆周边古陆富锶岩石及地层是沉积物中锶的直接来源。合川干沟矿床中天青石的  $^{87}\text{Sr} / ^{86}\text{Sr}$  比值显示锶、硫均源于蒸发

注: 本文为中国地质调查局资助项目(编号 12120114040001)资助的成果。

收稿日期: 2015-02-17; 改回日期: 2015-03-01; 责任编辑: 郝梓国。

作者简介: 曹焯, 男, 1983 年生。博士, 高级工程师, 矿床学专业。Email: cykaiyang@163.com。

表 1 中国天青石矿床成因类型表

类型	亚类	含矿地层	围岩岩性	矿物组合	矿石特征	矿床实例	成矿时代
沉积型	陆相湖泊化学沉积型	第三系狮子沟组 (Ns)	碳酸盐岩、石膏岩、岩盐、泥岩	天青石、方解石、白云石、石膏、菱锶矿	块状、糖粒状、土块状	青海大风山	喜马拉雅
岩浆   热液型	火山热液型	侏罗系龙王山组 (J <sub>3</sub> d)	富锶火山碎屑岩、安山玢岩	天青石、高岭石、绢云母、褐铁矿、黄铁矿、石英	块状、浸染状、晶簇状	江苏爱景山	燕山
	岩浆热液型	三叠系大冶组 (T <sub>1</sub> d)	含膏(盐)碳酸盐岩、中性浅成侵入岩	天青石、银矿物、方铅矿、闪锌矿	块状	湖北狮子立山	燕山
	碳酸岩脉型	中元古界熊耳群 (Pt <sub>2</sub> x)	含稀土碳酸岩脉	方解石、石英、钡天青石、辉钼矿、方铅矿、稀土元素矿物	浸染状、团斑状、条带状	陕西黄龙铺	印支
沉积   热卤水 改造型	海相沉积-热卤水改造型	三叠系嘉陵江组 (T <sub>1</sub> j)	含膏(盐)碳酸盐岩	天青石、白云石、方解石、石英、硬石膏、黄铁矿	条纹条带状、块状、脉状	四川玉峡 四川合川	印支-燕山
	陆相沉积-热卤水改造型	第三系云龙组 (E <sub>y</sub> )	含膏盐、碳酸盐的陆屑沉积	闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、天青石、重晶石、石膏、硬石膏	条带状、浸染状、块状	云南兰坪	喜马拉雅
表生 淋积型		三叠系嘉陵江组 (T <sub>1</sub> j)	原生矿体 表生带	次生天青石 菱锶矿	条带状、葡萄状、皮壳状、钟乳状	四川玉峡	印支-燕山

盆地中(王吉平等, 2000)。后期热卤水改造使得锶再次富集。

溧水地区火山热液型天青石矿床的赋矿层位龙王山组地层锶含量普遍较高, 是锶的主要来源。天青石的  $^{34}\delta$  偏离陨石硫, 均一化程度高, 表明含硫热液可能来自地壳深部火山活动。

与碱性岩有关的碳酸岩脉型天青石矿床成岩成矿物质碳、锶、硫均来自于上地幔。

### 3 成矿规律

#### 3.1 大地构造环境与天青石矿床的关系作用

扬子准地台三叠系碳酸盐岩-蒸发岩台地控制了海相沉积天青石矿床的分布。印支旋回以来的地台活化阶段, 盖层沉积物褶皱导致成矿物质在构造-热卤水作用下迁移富集成矿, 或受岩浆热液的作用形成岩浆热液矿床。

火山热液型矿床受陆缘火山岩断陷盆地, 如溧水、宁芜等陆相火山岩盆地的控制。

造山带中印支以来多旋回叠合盆地, 如柴达木山间拗陷盆地及兰坪-思茅前陆盆地。

碳酸岩脉型矿床产于台缘深断裂带或裂谷带中。如黄龙铺矿床位于中朝准地台南缘的豫陕断隆区, 华阳川-黄龙铺-驾鹿深断带内。

#### 3.2 地质时代、沉积岩相与天青石矿床的关系

中国天青石矿床主要形成于印支、燕山、喜马拉雅三个构造-岩浆期(表 1)。喜马拉雅旋回是一个主要的成矿期, 形成陆相沉积或陆相沉积-改造型天青石矿床, 其探明储量占总探明储量的 71.06%。(薛天星, 1999)。印支-燕山旋回以海相沉积-改造型矿床与岩浆-热液型矿床为主。含矿岩系与碳酸盐岩-蒸发岩建造有关。

与沉积作用有关的天青石矿床、矿层均出现在

碳酸盐岩到蒸发岩之间, 特别是石膏层之下。

#### 3.3 成矿与岩浆岩关系

火山(岩浆)-热液成因天青石矿床与燕山期中基性火山(岩浆)岩有关。如江苏溧水地区上侏罗统龙王山火山旋回安山质、玄武质碎屑岩及同源安山玢岩, 黄石地区石英闪长玢岩等。

与碱性岩有关的天青石矿床, 呈碳酸岩脉产出, 与稀土元素矿床伴生。如陕西黄龙铺、四川大陆槽。

#### 3.4 热液、热卤水成矿作用与天青石矿床的关系

中国相当比例的天青石矿床具有二次富集成矿的特点。热液、热卤水成矿作用与矿床的形成有密切的关系。蒸发岩盆地往往首先形成含天青石的富锶矿源层。有构造-热卤水作用时迁移富集成矿体(川东、金顶)(陆显发等, 2013)。火山(岩浆)-热液亦是交代富锶矿物(溧水)或富锶围岩(黄石)形成热液型矿床。

#### 参 考 文 献/References

- 代涛, 丁赛, 刘艳飞, 等. 2014. 中国锶矿供需形势分析与对策建议. 中国矿业, 23(10):9~12.
- 陆显发, 杨献珍. 2013. 浅析云南金顶锶矿床成因. 矿产勘查, 4(4): 413~419.
- 孙艳, 刘喜方, 王瑞江, 等. 2013. 青海大风山锶矿床中天青石的成分特征. 矿床地质, 32(1): 148~156.
- 王吉平, 胡墨田, 周建民, 等. 2000. 论华蓥山地区天青石矿石的两种成因. 地质学报, 74(4): 325~332.
- 薛天星. 1999. 中国(天青石)锶矿床概述. 化工矿产地质, 21(3): 141~148.