

# 乌兹别克斯坦国谢拉巴德锶矿地质特征及其成因

陆振云\*, 刘雯雨, 邱为农#, 刘新光, 相维娜#, 杨献忠

南京金焰锶业有限公司, 江苏 南京

收稿日期: 2025年11月24日; 录用日期: 2025年12月21日; 发布日期: 2026年1月8日

## 摘要

乌兹别克斯坦共和国位于中亚五国的中部, 是一个矿产资源丰富的国家, 其金、铀、铜、岩盐与钾盐等储量位居世界前列, 但对该国的锶矿资源前人却鲜有报道。作者对位于该国南部苏尔汉河州巴伊松地区的谢拉巴德锶矿床进行了考察调研并采集了部分样品。矿床及矿体地质特征研究表明, 谢拉巴德锶矿床赋存于古近系古新统(E<sub>1</sub>)生物灰岩中。矿石自然类型以致密块状、晶簇状和粒状以及角砾状矿石为主, 矿石结构以自形-半自形柱状结构和粒状结构为主, 矿石构造以块状构造和角砾状构造为主。分析认为, 古近系古新统(E<sub>1</sub>)下部与白云岩互层产出的安山岩为谢拉巴德锶矿床的形成提供了丰富的锶源, 成矿时代为古近系古新统晚期, 经历了早期同生沉积阶段、中期后生充填阶段和晚期表生胶结阶段3个成矿阶段, 属于泻湖相同生沉积-表生改造型锶矿床。本文的认识为在谢拉巴德外围地区寻找类似锶矿床提供基础地质依据, 也可为国内企业在乌兹别克斯坦开展矿业投资提供决策参考。

## 关键词

锶矿床, 天青石, 地质特征, 成因, 乌兹别克斯坦共和国谢拉巴德地区

# Geological Characteristics and Genesis of Sherabad Strontium Deposit in Uzbekistan

Zhenyun Lu\*, Wenyu Liu, Weinong Qiu#, Xinguang Liu, Weina Xiang#, Xianzhong Yang

Nanjing Jinyan Strontium Industry Co., Ltd., Nanjing Jiangsu

Received: November 24, 2025; accepted: December 21, 2025; published: January 8, 2026

## Abstract

The Republic of Uzbekistan, located in the central part of five Central Asian countries, is rich in the

\*第一作者。

#通讯作者。

mineral resources with its reserves of gold, uranium, copper, rock salt and potassium salt, etc. ranking among the top in the world. However, there have been few reports on the strontium mineral resources in the country by previous researchers. The authors of this article investigated Sherabad strontium deposit located in the Baysun area, Surhanarya State in the south of the country. Research on the geological characteristics of the deposit and orebodies shows that, Sherabad strontium deposit occurrences in the bio-limestone formation formed in the Paleocene, Paleogene ( $E_1$ ). The main nature type of the ore is massive, drusy, granule and brecciform, the dominant texture is in euhe-dral-subhedral columnar and granularform, and the ore structure consists mainly of massive, brec-ciform and stockwork forms. The andesite that interbedded with dolomite in the lower layer of the  $E_1$  provides abundant strontium sources for the formation of Sherabad strontium deposit. The mineralization period is the late stage of the Paleocene, Paleogene. The mineralization stage mainly consists of three stages: early synsedimentary stage, middle epigenetic filling stage, and late surface cementation stage. The deposit type is classified as belonging to synsedimentary-surface reworked type in the lagoon environment. The understandings in this article could provide a basic geological basis for searching the similar strontium deposits in the peripheral areas of Sherabad, and could also do decision-making references for domestic enterprises to carry out mining investments in Uzbekistan.

## Keywords

Strontium Deposit, Celestite, Geological Characteristics, Genesis, Sherabad Area of Republic of Uzbekistan

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

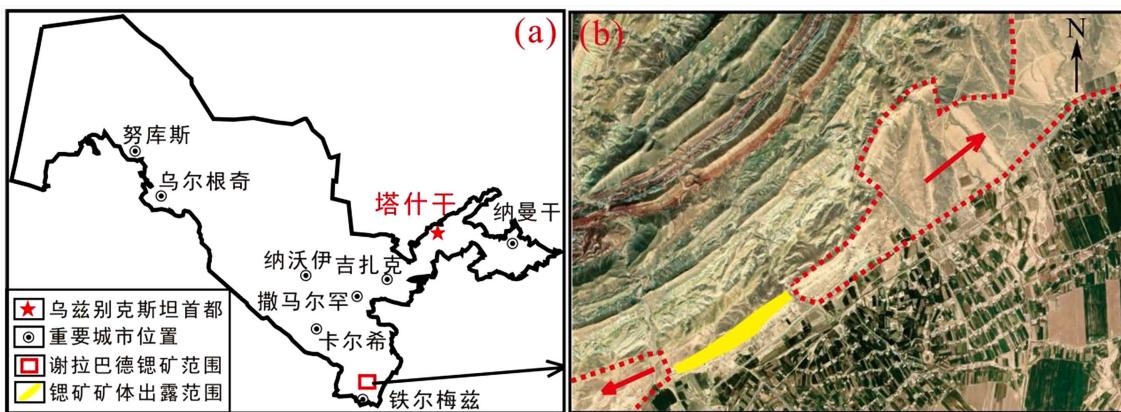
乌兹别克斯坦共和国位于中亚五国的西部。该国是一个矿产资源丰富的国家，已探明近 100 种矿产，主要包括金矿、铀矿、铜矿、钾盐、石油和天然气、铅锌矿、磷矿、煤炭、铝矿、钨矿、钼矿、锂矿、银矿、铁矿等矿产资源，其中探明的金矿、铀矿和铜矿储量均居世界前十位[1]-[3]。

除上述矿产资源外，乌国南部还存在锶矿资源，这在前人的文献中几乎未见报道[1]-[3]。位于该国南部苏尔汉河(Surkhandarya)州巴伊松(Baysun)地区的谢拉巴德(Sherabad)锶矿床是上世纪七十年代在找寻石油过程中发现的，并开展了地质、工程及分析测试等工作，分别以 SrO 含量为 7% 和 12% 圈定矿化和矿体范围，据 SrO 含量 12% 初步估算的矿石量( $B + C_1 + C_2$  类) 246.7 万 t，矿物量 29.78 万 t [4]。上世纪九十年代，乌兹别克斯坦国基本未对该锶矿开展进一步的工作。作者于 2024 年 11 月对该锶矿进行了考察调研并采集部分样品。本文介绍该锶矿床的地质特征并对其成因进行探讨，为在该地区外围寻找类似矿床提供基础地质依据，也为国内企业在乌兹别克斯坦国开展矿业投资[5]提供决策参考。

## 2. 矿床地质特征

谢拉巴德锶矿床位于乌兹别克斯坦国南部的苏尔汉州巴伊松地区，距离边境城市铁尔梅兹(Termez)(南部与阿富汗国毗邻)大约 60 km 的谢拉巴德附近(图 1(a)中红色方框范围)。

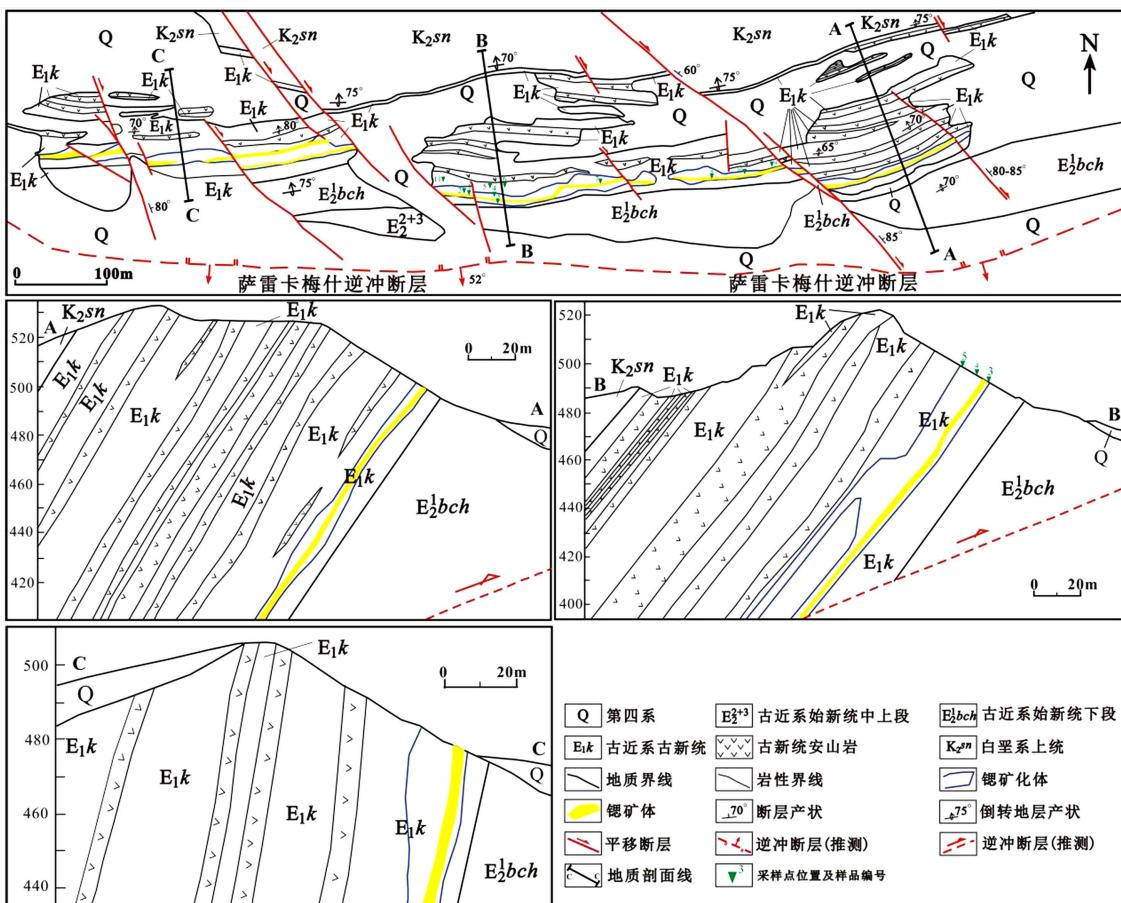
谢拉巴德锶矿床位于谢拉巴德 - 萨雷卡梅什(Sarykamysh)隆起带中部、萨雷卡梅什倒转背斜的东南侧，平面上具有明显的线状特征(图 1(b)中的黄色范围)，分布于库斯塔(Cuesta)山脉、坡度 30°~40° 山坡 SE 侧的中下部位，矿体出露标高范围为+470~+510 m，中心地理坐标：北纬 37°48'，东经 67°14'。



**Figure 1.** The location (a) and exposure area (b) of Sherabad strontium deposit in Uzbekistan

**图1.** 乌兹别克斯坦国谢拉巴德锶矿床位置(a)及出露范围(b)

谢拉巴德锶矿矿区地质图及地质剖面图见图2。锶矿体赋存于古近系古新统上部的生物灰岩中，上盘地层岩性分别为古近系古新统中部层含沥青灰岩及古近系古新统下部层白云岩与安山岩互层，下盘地层岩性为顶部层角砾状灰岩和泥灰岩。矿体受控于萨雷卡梅什逆冲断层，其走向与后者基本一致，并被近EW向、NNW向右行平移断层错断。



**Figure 2.** Geological sketch map and A-A'、B-B' and C-C geological profiles of Sherabad strontium deposit

**图2.** 谢拉巴德锶矿床矿区地质图及 A-A'、B-B' 和 C-C 剖面图

## 2.1. 地层

矿区出露地层由老到新依次为：白垩系上统塞诺曼阶(Senonian) ( $K_{2s}$ )、古近系古新统克钦组(Kachin) ( $E_1k$ )、古近系始新统下段巴赫奇萨赖组(Bakhchisarai) ( $E_2bch^1$ )、古近系始新统中段辛菲罗波尔组(Simferopol) ( $E_2sf^2$ ) + 上段博德拉克组(Bodrak) ( $E_2bd^3$ ) (下文及插图中统称“ $E_2^{2+3}$ ”) 和第四系(Q)。受萨雷卡梅什逆冲断层影响，矿区内的地层产状发生倒转，致使白垩系上统覆盖于古近系古新统之上、而后者又覆盖于古近系始新统之上(图 2)。

### 2.1.1. 白垩系上统塞诺曼阶( $K_{2s}$ )

分布于矿区西部及西北部并一直向北东向延伸，倾向 NW~NNW，倾角较为陡立，一般在  $60^\circ\sim70^\circ$ ，主要由绿灰色和黄棕色互层的陆源细砂岩、(局部夹粘土质)粉砂岩组成，与古近系相接触的底部粘土质粉砂岩中夹 0.2 m 厚的红色膏盐夹层，无锶矿化。该层厚度大于 150 m，与古近系古新统呈整合接触。

### 2.1.2. 古近系古新统克钦组( $E_1k$ )

矿区内呈 SW~NE 走向的带状分布，倾向 NW，倾角  $50^\circ\sim85^\circ$ 。该层总厚度约 150~160 m，从下到上，岩性特征具有较明显的规律性。

(1) 底部层：中厚层状灰岩，厚度较稳定，一般在 5 m 左右。

(2) 下部层：中厚层状白云岩与安山岩互层，白云岩中常见安山岩透镜状夹层。白云岩、安山岩的单层厚度一般为 5~10 m，厚者达 20 m。安山岩自 SW 向 NE，层数逐渐增加。白云岩有不同程度的方解石化、膏盐化和天青石化。该层总厚度约 100 m。

(3) 中部层：中厚层状含沥青灰岩，沿 SW~NE 向断续分布，厚度不稳定，一般 15~20 m，局部缺失，该层中上部多锶矿化(以 SrO 含量 7% 圈定)。

(4) 上部层：中厚层状生物灰岩，锶矿体(以 SrO 含量 12% 圈定)主要赋存于该层内，西南部局部为两层锶矿体，分布于生物灰岩的上、下部位。该层岩石整体矿物成分为方解石 80%~90%，白云石 5%，石膏 0.3%~5.9%，天青石 0.6%~9.0% [4]，表明岩石整体天青石化、膏盐化和白云石化。该层厚度 15 m 左右，局部 20 m。该层的顶面为锶矿化(以 SrO 含量 7% 圈定)的东侧界面。

(5) 顶部层：依次为薄层含角砾灰岩和页状泥灰岩，顶部见钙质泥岩，厚度较稳定，一般在 20~25 m 左右。含角砾灰岩的底面为锶矿体的顶界泥灰岩常见锶矿化。

该层与古近系始新统下段下部巴赫奇萨赖组呈整合接触。

### 2.1.3. 古近系始新统下段巴赫奇萨赖组( $E_2bch^1$ )

岩性为棕绿色粘土，半固结。该层断续分布，局部因断裂构造而缺失或被第四系覆盖，厚度约 20 m。该层与古近系始新统中上段呈整合接触。

### 2.1.4. 古近系始新统中上段辛菲罗波尔组( $E_2sf^2$ ) + 博德拉克组( $E_2bd^3$ )，统称“ $E_2^{2+3}$ ”

前者岩性为细砂，厚度 5 m 左右；后者岩性为半固结烟灰色粘土夹钙质粘土和砂质粘土，厚度约 20~40 m。该层多被第四系覆盖，仅在矿区西南部有少量出露。

### 2.1.5. 第四系(Q)

主要为粉砂质粘土、粘土质砂夹(碳酸盐质)角砾，在矿区分布较为广泛。

## 2.2. 构造

谢拉巴德锶矿床位于谢拉巴德 - 萨雷卡梅什隆起带中部，受萨雷卡梅什逆冲断层影响，矿区及外围发育倒转背斜，矿区位于倒转背斜的东南侧。萨雷卡梅什逆冲断层形成过程中，伴生一系列近 EW 向、

NWW 向右行平移断层。

### 2.2.1. 断裂构造

(1) 萨雷卡梅什逆冲断层：该断层位于矿区东南侧，长度大于 1 km，倾向 NW，倾角 50°~55°，SW 向较缓，NE 向较陡，出露的海拔高度为+380~+420 m 范围，逆冲位移的幅度达到 200 m，切割了距地表约 80~100 m 深的古近纪和白垩纪沉积物[4]；同时该逆冲断层控制了锶矿的走向和下部边界，是控矿构造。

(2) 近 EW 和 NWW 向右行平移断层：受萨雷卡梅什逆冲断层的影响，矿区内发育 4~5 条(组)、长度 200 m 以上及数条长度 100 m 左右的 EW 和 NWW 向右行平移断裂构造，倾向 N 或 NNE，倾角较陡，一般在 80°以上，个别也达到 60°左右。这些右行平移断层，造成了地层和矿体发生较为明显的右行位移，位移距离最大达到 100 m 左右。这类右行平移断层破坏了矿区内地层和矿体的连续性，是矿区的破矿构造。

### 2.2.2. 褶皱

矿区西北部外围褶皱较为发育，受萨雷卡梅什逆冲断层的影响，这些褶皱都发生倒转，矿区位于以库斯塔为山脊的倒转背斜东南侧中下部位。倒转背斜的轴向 NE，倾向 NW，倾角陡立，一般在 70°~80°。

## 2.3. 岩浆岩

矿区出露的岩浆岩较为单一，仅有安山岩。安山岩呈层状与古近系古新统克钦组下部层中厚层状白云岩互层产出，从 NE 部的 9~10 层(图 2, C-C 剖面图)、中部的 6~8 层(图 2, A-A 剖面图)到 SW 部的 3~4 层(图 2, B-B 剖面图)，虽然层数逐渐减少，但也表明安山岩曾发生了多期次喷发而构成多个喷发旋回。单层安山岩厚度不等，一般 5~8 m，个别达到 10~15 m(图 2)，总体上安山岩的喷发强度基本相等。这套与中厚层状白云岩互层产出的安山岩，是谢拉巴德锶矿重要的锶源层。

## 3. 矿体地质特征

### 3.1. 矿体特征

以 SrO 含量 7% 圈定了 1 条锶矿化体，厚度 5~15 m，最厚达到 20~25 m；以 SrO 含量 12% 圈定了 2 条锶矿体，其中最长的一条贯穿 SW~NE 向矿区，另一条仅发育于矿区 SW 部的局部。矿体呈层状，稳定赋存于古近系古新统克钦组上部层中厚层状生物灰岩中，走向 NE 约 40°~50°，倾向 NW，倾角较陡，一般 50°~80°。

笔者采集的部分(矿化)岩石、矿石和矿物样品(图 3)中的 Sr 含量见表 1。



**Figure 3.** Samples from the Sherabad strontium deposit

**图 3.** 谢拉巴德锶矿床中的样品

**Table 1.** Celestite characteristics and SrSO<sub>4</sub> contents (%)**表 1. 天青石特征及锶含量\*(%)**

样品号	样品名称	天青石野外特征	采样位置	SrSO <sub>4</sub> (%)	SrCO <sub>4</sub> (%)
1#	锶矿石	底部纹层状, 上部柱状	生物灰岩裂隙面	91.49	2.51
2#	锶矿石	底部纹层状, 上部晶粒状	钙化(石膏和方解石)锶矿化碳酸盐角砾岩带	81.28	2.25
3#	锶矿化泥灰岩	细脉中, 呈细粒状	锶矿化泥灰岩层	10.93	0.61
4#	锶矿化角砾岩	细小粒状	锶矿化钙化(石膏和方解石)碳酸盐角砾岩带	17.88	0.80
5#	锶矿化(?)灰岩	极细小脉中	含沥青灰岩层	1.14	0.25
6#	钙质白云岩	细小脉状, 细粒状	钙质白云岩层	6.34	0.20
7#	角砾状锶矿石	底部纹层状, 上部晶粒状	钙化(石膏和方解石)锶矿化碳酸盐角砾岩带	87.04	3.15
8#	钙化锶矿石	晶粒状	天青石与灰岩同沉积层	79.67	2.04
9#	细粒状方解石	未见天青石	含沥青灰岩层表层	1.57	0.19
10#	菱形状方解石	未见天青石	生物灰岩层表层	1.18	0.10
11#	片状石膏	未见天青石	生物灰岩层表层	0	0

\*由南京金焰锶业有限公司实验室分析, 分析仪器: 德产 ICP 发射光谱仪, 执行规范: 中华人民共和国自然资源部发布的“中华人民共和国地质矿产行业标准(DZ/T0393.1-2021: 锶矿石化学分析方法)”。

### 3.1.1. 矿体

锶矿体主要赋存于古近系古新统克钦组(E<sub>1</sub>)的上部层中厚层状生物灰岩中。宏观上, 锶矿体呈层状产出, 出露长度约 1.2 km, 出露宽度 4~10 m, 平均 6~7 m 左右; 西南部局部为两层锶矿体。该层岩石整体矿物成分为方解石 80%~90%, 白云石 5%, 石膏 0.3%~5.9%, 天青石 0.6%~9.0% (SCRUGMR, 2021), 表明岩石整体天青石化、石膏化和白云石化。

水平方向上, 锶矿体的 NW 侧界线一般在生物灰岩内, 局部进入含沥青灰岩中; 而 NE 侧界线基本上严格以生物灰岩与角砾状灰岩的层—层界面为界线。

锶矿体另外一个显著特征是在垂直方向具有一定的分带性。

(1) 上部矿体层: 分布于地表 1~2 m 以浅, 断续分布, 主要为碎裂状、碎块状、角砾状白云岩质、生物灰岩质角砾并由天青石、石膏、方解石胶结构成的角砾岩, 天青石含量不等, 平均 20%~25% [4]。笔者采集地表不同部位的样品, 其天青石含量也显示其矿化不均匀性, 3 个样品(表 1 中的 2#、4#和 7#样品)的 SrSO<sub>4</sub> 含量分别 81.28%、17.88% 和 87.04%。

(2) 中部矿体层: 分布于 40~50 m 以浅, 天青石主要以 3 种方式赋存于灰岩中: ① 与灰岩同沉积的天青石呈粒状并由钙质胶结, 灰岩溶蚀后的空洞中则成晶粒状、晶腺状, 局部可见柱状晶芽。该层是锶矿层的主矿体层(表 1 的 8#样品, SrSO<sub>4</sub> 含量为 79.67%), 分布相对较稳定, 少量方解石、石膏与天青石共生。② 与层面平行的较大裂隙中(长度几米到数十米不等, 常见宽 5~10 cm 的裂口)充填生长的天青石, 底部天青石呈纹层状分布, 在纹层基础上生长了晶型良好的柱状天青石晶体, 晶体锥头可见, 一般 1~3 cm, 局部达到 5 cm。这种裂隙中生长的天青石, 品位较高(表 1 中的 1#样品, SrSO<sub>4</sub> 含量为 91.49%), 仅少量方解石与天青石共生。③ 与岩层走向相交的裂隙中(宽度 0.5~2 cm, 个别达到 0.5 m, 常见 0.5~1 cm 的裂口)充填生长的天青石, 一般呈晶粒状, 晶粒的大小随裂隙的宽度变化而变化。方解石、石膏及少量

黄铁矿与天青石共生。

(3) 下部矿体层：主要为微小裂隙充填生长的矿体，分布于 40(或 50)~100 m 左右(目前控制深度)，天青石生长充填于与灰岩层(垂直)相交并向深部延深的微小裂隙及随机裂隙内(宽一般 1~2 mm，局部 5 mm，基本无裂口)，呈极细小的晶粒状，锶矿化较低，SrO 含量仅局部达到 12%。少量方解石、石膏及微量黄铁矿与天青石共生。

一般而言，灰岩中天青石含量多少与锶的矿化强度及灰岩的破碎程度成正比；天青石的晶体大小及晶型的完美程度与灰岩裂隙的宽度成正比。

### 3.1.2. 围岩

锶矿体的围岩主要为古近系古新统克钦组的下部层、中部层和顶部层。

(1) 下部层为中厚层状白云岩与安山岩互层，白云岩表现出轻度锶矿化(表 1 中 6#样品，SrSO<sub>4</sub> 含量 6.34%)。

(2) 中部层为中厚层状含沥青灰岩，中上段锶矿化较明显，局部为矿体，而下段基本无锶矿化(表 1 中 5#样品，SrSO<sub>4</sub> 含量仅 1.14%)。

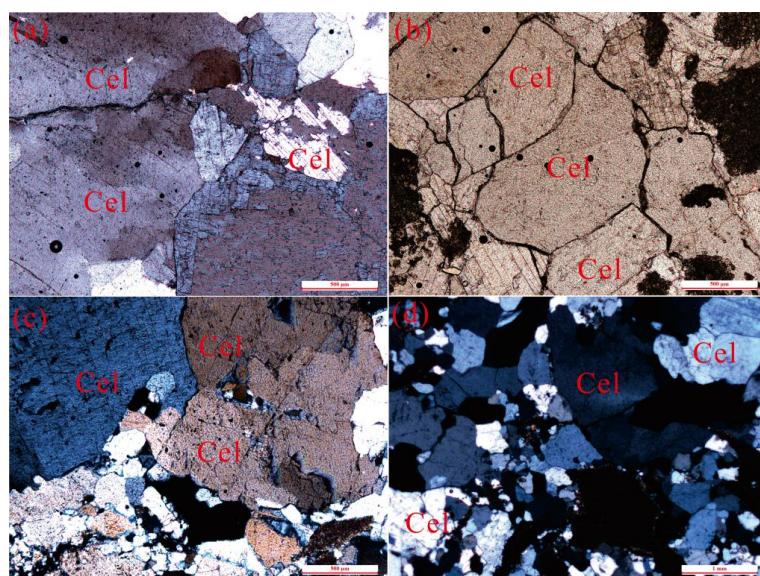
(3) 顶部层为含角砾灰岩、泥灰岩，具有一定的锶矿化(表 1 中 3#样品，SrSO<sub>4</sub> 含量 10.93%)。

灰岩裂隙中除天青石外，局部也见晶型中等的方解石(图 3 和表 1 中的 10#样品)、石膏分布，尤其是表层方解石多呈细粒集合体，几乎不含 SrSO<sub>4</sub> (图 3 和表 1 中的 9#样品)，而石膏则呈良好的片状集合体(图 3 和表 1 中的 11#样品)。

## 3.2. 矿石特征

### 3.2.1. 矿石类型

宏观上，矿石的结构主要为自形-半自形柱状结构、粒状结构，少量片状结构，裂隙及矿体膨大部位的空洞中的晶簇状天青石，多呈柱状结构。矿石构造主要为块状构造、放射状构造、纹层状构造、角砾状构造和网脉状构造等。



(a) 7#(+); (b) 8#(-); (c) 1#(+); (d) 2#(+); Cel. 天青石。

**Figure 4.** Characteristics of celestites under microscope

**图 4.** 显微镜下天青石特征

根据矿石的结构构造，矿石自然类型主要为致密块状锶矿石、放射状锶矿石、晶簇状锶矿石、角砾状锶矿石和网脉状锶矿石，除后者为低品位矿石外，其余多为工业矿石。

显微镜下，天青石呈现平行的片状(图 4(a)、图 4(b)和图 4(c))、半自形晶粒状(图 4(b)和图 4(c))、角砾状和不规则粒状(图 4(d))，片与片之间的接触界线较平直。天青石集合体多呈半自形柱状结构和粒状镶嵌结构(图 4)。

### 3.2.2. 矿石组分

锶矿石矿物成分简单，矿石矿物主要为天青石，少量菱锶矿；脉石矿物主要为方解石、石膏，少量黄铁矿，地表局部含少量粘土质矿物。

## 4. 矿床成因分析

### 4.1. 锶的来源

谢拉巴德地区于古近纪古新世早期，水下多期次喷发的安山岩与沉积的白云岩呈互层产出，安山岩喷发旋回多达十余次。推测安山岩的喷发为该地区提供了丰富的锶元素。因此安山岩与矿区锶矿化关系密切，是该地区锶矿的矿源层。但是，与南京溧水地区爱景山[6]-[8]、卧龙山[9]含锶火山岩浆热液直接充填于围岩断裂构造而形成锶矿体不同的是，谢拉巴德地区的富锶安山岩热液与盆地卤水混合成富锶热卤水后，一方面与上部生物灰岩同沉积成矿，另一方面在生物灰岩成岩过程中，由于构造活动，剩余富锶热卤水沿断裂自下往上运移，天青石生长充填于生物灰岩的裂隙中成矿；再者随着盆地抬升，残余的富锶热卤水在地表蒸发环境下结晶析出天青石、石膏和方解石并胶结地表碎裂的白云岩、灰岩，从而形成天青石-方解石-石膏角砾岩层。与国内类似锶矿床[10][11]相对比，不排除谢拉巴德锶矿中的锶有其他来源渠道和途径的可能。

### 4.2. 成矿时代

锶矿床主要形成于前中生代、印支期、燕山期和喜马拉雅山期等 4 个主要成矿期[12]，而较大型锶矿床的产出以三叠系、古近系和新近系为主[13]。谢拉巴德锶矿床赋存于古近纪古新世上部生物灰岩中，生物灰岩的顶部仅有一层 5~20 m 厚的角砾状灰岩和泥灰岩。因此，谢拉巴德锶矿床形成于古近系古新统晚期，与我国新疆乌恰县帕恰布拉克天青石矿床赋矿层位为古新统[13]为同一时期，只不过前者位于天山山脉向西南方向延伸(穿过塔吉克斯坦、终于乌兹别克斯坦)的末端，而后者位于天山山脉的东部。

### 4.3. 成矿阶段

根据野外观察到的矿床地质特征、矿物共生组合及矿物世代和穿插关系，将谢拉巴德锶矿床锶矿化阶段划分 3 个阶段：早期同生沉积阶段、中期后生充填阶段和晚期表生胶结阶段。

#### 4.3.1. 早期同生沉积阶段

含锶热卤水溶液与生物灰岩同生沉积成矿，矿石品位大多数较高( $\text{SrSO}_4$  含量 80%左右)，少数矿石为低品位矿(化)体( $\text{SrSO}_4$  含量 15%~30%)。

#### 4.3.2. 中期后生充填阶段

含锶热卤水溶液沿生物灰岩层理面、较大裂隙面充填成矿。主要表现出 2 个过程：

(1) 早期过程：含锶热卤水溶液沿较大裂隙面(多为层间滑动裂隙面、断裂构造产生的次生节理面，常见宽约 3~5 cm、大者可达 10 cm 的裂口，延伸较长)充填生长天青石，其晶型呈良好的柱状，长约 1~2 cm，矿石品位较高( $\text{SrSO}_4$  含量 90%左右)。

(2) 晚期过程: 与灰岩同沉积阶段和充填成矿早期阶段结束后, 富余的含锶热卤水溶液充填于小型裂隙中(主要为矿区较大型平移断裂构造产生的次生节理面, 方向多呈 NWW 向, 与平移断层的方向一致; 成岩过程中产生的垂直方向的次生裂隙。这些裂隙宽度一般在 1 cm 左右, 很少超过 3 cm; 多分布锶矿层的中下部位的顶底板围岩中), 形成了穿层分布的天青石细脉, 呈脉状 - 网脉状穿层分布, 矿石品位一般较低( $\text{SrSO}_4$  含量 10%~30% 左右, 多数尤其是深部达不到工业品位)。

#### 4.3.3. 晚期表生胶结阶段

主要表现为残余含锶热水溶液对地表白云岩、灰岩角砾胶结成矿。随着地壳抬升, 海(湖水)后退而成为陆相炎热气候, 地表岩石风化剥蚀并破碎, 参与含锶热水溶液在蒸发环境下对破碎的角砾胶结成矿, 并伴生大量晶形良好的石膏、方解石形成, 构成地表碳酸盐-硫酸盐盐壳。该盐壳与青海大风山上新世陆相沉积成因的锶矿床表层的盐壳层[14] [15]相类似。裂隙发育处天青石晶型较好, 呈较短的柱状, 一般 0.5 cm 左右, 而裂隙不发育处, 天青石多呈粒状。矿石品位变化较大, 高者  $\text{SrSO}_4$  含量可达 40% 左右, 而低者仅 10%~20% 左右。

谢拉巴德锶矿成矿过程与我国重庆大足锶矿的成矿过程[16]相类似。

#### 4.4. 成矿环境

从谢拉巴德地区的地质发展历史、锶矿层成矿阶段分析, 推测古近系古新统时期, 谢拉巴德锶矿含矿地层的沉积发生在泻湖型盆地中。虽然锶来源于该时期早期水下喷发的安山岩, 但限于当时的环境(如温度、氧化还原条件等[13] [17] [18]), 锶元素没有直接成矿而是进入湖水中与盆地含硫酸根的建造水混合并形成富锶热卤水, 直到该时期晚期才形成锶矿层。

根据锶矿床的成因分类[12], 谢拉巴德地区的锶矿属于泻湖相热卤水同生沉积-改造型矿床, 与同一时期形成的新疆乌恰县帕恰布拉克天青石矿床[11]属于同一种类型。

### 5. 结论

(1) 乌兹别克斯坦国南部苏尔汉州巴伊松地区的谢拉巴德锶矿床赋存于古近系古新统( $E_1$ )生物灰岩中, 矿石自然类型以致密块状钙质锶矿石、晶簇状和角砾状锶矿石为主, 矿石结构以自形 - 半自形柱状结构和粒状结构为主, 矿石构造以块状构造和角砾状构造为主。

(2) 古近系古新统( $E_1$ )与白云岩互层产出的安山岩为谢拉巴德锶矿床的形成提供了丰富的锶源, 成矿时代为古近系古新统晚期, 经历早期同生沉积阶段、中期后生充填阶段和晚期表生胶结阶段 3 个成矿阶段, 属于泻湖相同生沉积 - 表生改造型锶矿床。

### 基金项目

南京金焰锶业有限公司“境外重要矿产资源调查及投资可行性”(编号: JYSY2024002)(内控)项目资助。

### 致 谢

南京钜力控股集团有限公司董事长、乌兹别克斯坦江苏商会会长袁志洲先生及其同事盛情接待本次考察人员并对本次考察活动提供了周到安排; 乌兹别克斯坦谢拉巴德锶矿矿权所有人 Aziz 先生提供了谢拉巴德锶矿部分地质资料并为现场考察提供了便利; 具有中国留学经历的翻译 Jack 先生和司机 Bick 先生为考察全程提供了热情服务; 南京金焰锶业有限公司邱华主任为本次考察精心策划并做了大量保障准备; 审稿专家提出宝贵的修改意见和建议。在此, 对上述单位和有关人员一并表示最诚挚的

感谢。

## 参考文献

- [1] 陈超, 陈正, 金奚. 乌兹别克斯坦共和国主要矿产资源及其矿业投资环境[J]. 中国矿业, 2012, 21(5): 47-51.
- [2] 徐晓彤, 龙涛, 吴姗, 等. 乌兹别克斯坦矿业投资前景分析[J]. 中国矿业, 2017, 26(3): 77-80.
- [3] 何子鑫, 张丹丹, 曹积飞, 等. 乌兹别克斯坦矿产资源现状与投资环境分析[J]. 中国矿业, 2010, 29(2): 26-31.
- [4] State Committee of the Republic of Uzbekistan on Geology and Mineral Resources (2021) Sherabad Strontium. State Committee of the Republic of Uzbekistan.
- [5] 刘雯雨, 陆振云, 相维娜, 邱为农, 刘新光, 杨献忠. 乌兹别克斯坦国谢拉巴德锶矿投资前景分析[J]. 矿山工程, 2026, 14(1): 38-45. <https://doi.org/10.12677/me.2026.141005>
- [6] 窦志娟. 溏水火山构造洼地火山活动及与锶成矿作用关系研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国地质科学院, 2015.
- [7] 陆振云, 刘新光, 骆光新, 等. 江苏溧水爱景山锶矿床天青石形态特征及成矿过程探讨[J]. 地质找矿论丛, 2024, 39(1): 73-79.
- [8] 陆振云, 范飞鹏, 刘新光, 等. 江苏溧水爱景山锶矿床天青石矿物形态学与成矿过程的关系[J]. 华东地质, 2024, 45(4): 402-413.
- [9] 陈冬, 李鑫, 缪柏虎, 等. 江苏溧水卧龙山锶矿床地质特征及找矿方向[J]. 矿床地质, 2016, 35(4): 709-723.
- [10] 陈秉芳, 林文山, 白建海, 等. 青海尖顶山锶矿床地质特征及成因分析[J]. 西北地质, 2018, 51(4): 184-193.
- [11] 黄钢, 宋玉财, 庄亮亮, 等. 沉积岩容矿天青石矿床的发育特征与成因综述[J]. 矿床地质, 2021, 40(5): 1100-1118.
- [12] 薛天星. 中国(天青石)锶矿床概述[J]. 化工矿产地质, 1999, 21(3): 141-148.
- [13] 郭海丽, 方维萱, 王磊, 等. 新疆乌恰县帕恰布拉克天青石矿床成因研究[J]. 矿物学报, 2019, 39(6): 735-744.
- [14] 马顺清, 李善平, 谢智勇, 等. 青海大风山天青石矿床地质特征及成因分析[J]. 西北地质, 2012, 45(3): 130-140.
- [15] 孙艳, 刘喜方, 王瑞江, 等. 青海大风山锶矿床中天青石的成分特征[J]. 矿床地质, 2013, 32(1): 148-156.
- [16] 段东平, 钟莉, 苏一元, 等. 锶潮涌动——中国锶产业的科学与技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2023.
- [17] 朱创业, 丁益民, 李保华, 等. 开放构造系中锶矿床成矿流体低温地球化学特征——以四川大竹拱桥坝锶矿床为例[J]. 矿物岩石, 1998, 18(增刊): 40-43.
- [18] 陆石基, 周宏, 刘伟, 等. 秧归岩溶流域锶的分布特征与富集规律[J]. 中国地质, 2021, 48(6): 1865-1874.