柴达木盆地尖顶山锶矿地质地球化学特征研究

闫建平[1,2],韩凤清[1],马茹莹[1,2],罗重光[1,2],张燕霞[1,2]
(1. 中国科学院青海盐湖研究,青海 西宁 810008;2. 中国科学院研究生院,北京 100039)

摘 要:尖顶山锶矿是柴达木盆地内大型的天青石矿床,通过对矿区进行野外考察和取样,对尖顶山锶矿矿石进行了矿物学、元素地球化学以及锶同位素特征的研究。在对尖顶山矿区区域地质构造特征分析对比的基础上,结合尖顶山天青石矿区的 Google Earth 图像的遥感地质解译,发现尖顶山地区的天青石矿层赋存于第四系七个泉组,而不是第三系的狮子沟组。并且前人所划分的 N_2S^{2-1} 和 N_2S^{2-2} 地层不应该属于上新世的狮子沟组,而应划入第四系七个泉组。

关键词:柴达木盆地;尖顶山;天青石矿床;锶同位素;成矿规律
中图分类号:P618.78 **文献标识码**:A **文章编号**:1008-858X(2011)04-0015-06

青海省柴达木盆地西部是我国重要的天青石矿成矿区之一,区内天青石矿床主要产于一套内陆湖相陆源碎屑—化学沉积岩系中,背斜构造为主要的控矿构造。前人对区内天青石矿床的区域地质构造、矿床地质特征、地球化学特征及矿床成因等进行了较为系统的研究。1992~1994年青海省第一地质矿产勘查大队对矿区各个矿点进行了较为详细的研究,确定该地区天青石矿床类型主要为内陆湖泊化学沉积型,成矿物质来源主要为盆地基底与盆地周围山系的岩石风化,含矿层位主要为第三系上新统狮子沟组和第四系七个泉组地层。以往的天青石成矿层位都是根据岩相特征的对比来确定的,因此其成矿时代存有不确定性,本文运用遥感影像解译的方法开展了柴西地区尖顶山锶矿成矿时代和成矿部位的研究。

1 区域地质概况

柴达木盆地位于青藏高原的西北部,分别由南侧的昆仑山系、西侧的阿尔金山系和北侧的祁连山系所包围。周围山系平均海拔都在4 000 m以上,海拔在4 800 m以上的山区终年积雪。盆地为一轴向为西北—南东向的不规则的菱形向心汇水盆地,面积约为 1.2×10^5 km^2,柴达木盆地地势由西北向东南微倾,海拔自3 000 m渐降至2 600 m左右。目前,柴达木盆地已发现多处锶矿床与矿化点,均分布于盆地的西部(图1)。从西北缘的金红山、阿哈堤至盆地中心的巴嘎乌汝,自西南部的存迹、茫崖到北部的水鸭子墩六号,面积约 2.5×10^4 km^2。

2 矿体及矿物组分分析

2.1 矿体产状

尖顶山天青石矿床埋藏较浅或浅露于地表,开采方便。天青石矿石外观颜色多为白色、浅白—黄白色、灰绿色、灰色,深灰色。矿体多呈板状、层状、透镜状等结构产出,与地层产状基本一致。矿床位于尖顶山背斜构造之北东翼,背斜长20 km,宽约10 km,为一穹状背斜;

收稿日期:2011-05-05;**修回日期**:2011-06-08
基金项目:中国科学院青海盐湖研究所创新方向性项目
作者简介:闫建平(1980-),男,硕士研究生,主要研究方向为地球化学。E-mail: ydz608@163.com。

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

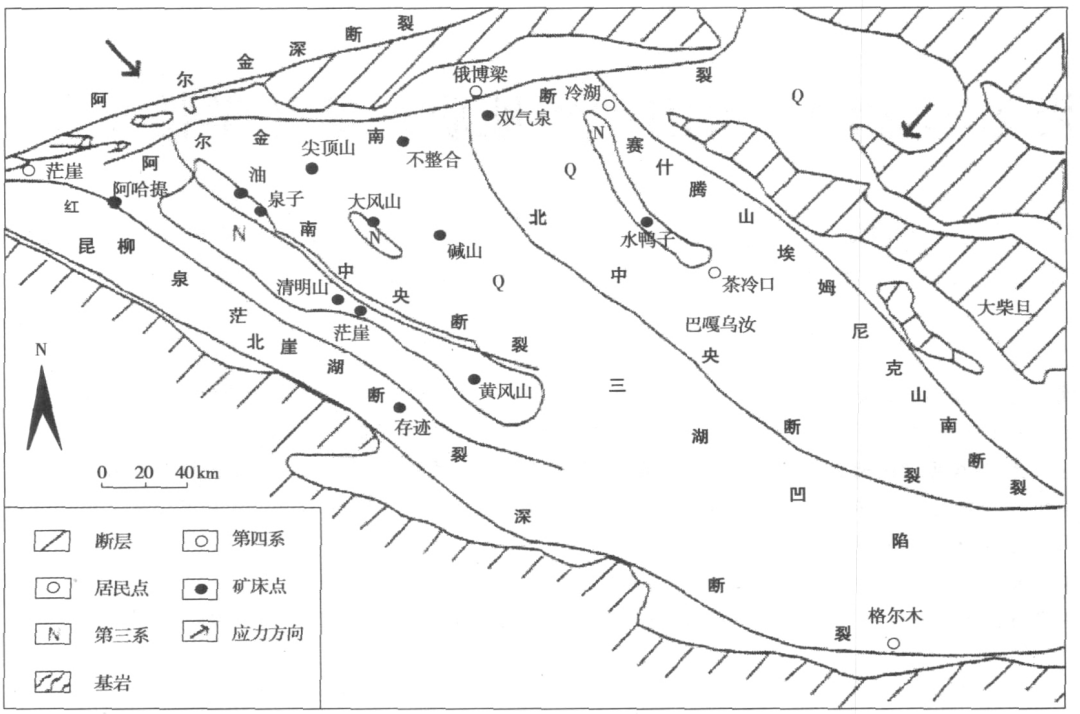
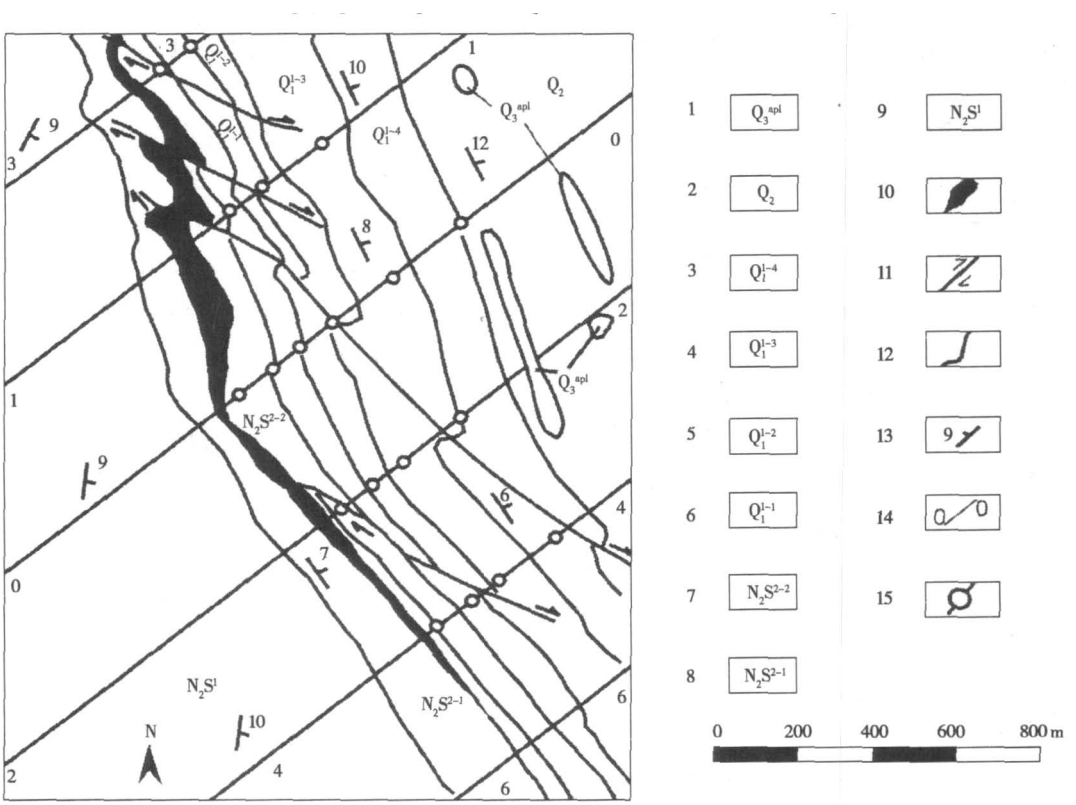


图 1 柴达木盆地西北部区域地质及矿床(点) 分布简图[1]

Fig. 1 The geological map and mining location of the north western Qaidam



1. 冲洪积砾石层; 2. 灰、灰绿色石膏泥岩; 3. 灰色石膏泥岩夹鲕状白云岩; 4. 石膏泥岩夹薄层白云岩; 5. 石膏泥岩夹鲕状碎屑状白云岩; 6. 石膏泥岩夹白云岩下部有砂砾岩; 7. 天青石矿层白云岩砂岩泥岩; 8. 杂色泥岩砂岩鲕状白云岩; 9. 灰黄褐色泥岩夹少量白云岩砂砾岩; 10. 天青石矿体; 11. 平移断层; 12. 实测地质界线; 13. 地层产状; 14. 勘探线位置及编号; 15. 钻孔位置及编号

图 2 柴达木盆地尖顶山天青石矿区地质图

Fig. 2 Geological map of Jiandingshan celestite mine area in Qaidam basin

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

呈北西—南东向展布,轴向 110° ~ 140°。两翼地层产状不对称,北东翼倾角较陡,一般为 3° ~ 15°,北西段达 40° ~ 80°; 南西翼较平缓为 2° ~ 10°。尖顶山背斜核部出露地层为中新统油砂山组(N_2y) ,两翼由上新统狮子沟组(N_2s) 及中、下更新统(Q_1、Q_2) 构成。经前人研究,矿体赋存于背斜北东翼南东段的狮子沟组地层的上部(图 2) 。

矿体呈层状产出,与地形坡向一致,其上部大部分出露于地表。由于受断层的影响,中段走向略有扭斜。矿体由 5 条勘探线、24 个钻孔控制,向西北及东南两端仍有延展之势。矿体周围的地层主要可以分为两类,一类为第四系的地层(Q_1^{1-1}、Q_1^{1-2}、Q_1^{1-3}、Q_1^{1-4}、Q_2) ,分布在图 2 中矿体的上部; 另一类为第三系的上新统地层(N_2S^1、N_2S^{2-1}、N_2S^{2-2}) ,主要分布于图 2 中矿体的下部,矿体赋存于 N_2S^{2-1} 与 N_2S^{2-2} 地层之间。

2.2　矿石物质成分

矿体顶板由石膏质砂砾岩、石膏泥岩等组成,底板以泥岩、鲕状灰岩及粉砂泥岩为主,局部为砂岩。天青石矿石按成因可分为原生天青石和次生天青石矿石两大类,以原生天青石矿石为主,约占 98% 以上,次生天青石矿石少量,一般分布于矿体裂隙中。经 X 射线衍射仪分析,尖顶山锶矿主要的矿石矿物为天青石,天青石的含量高达 69% ,脉石矿物主要为石英,其次含有少量的文石。尖顶山矿区与大风山和碱山矿区相比矿物组成比较简单,矿物组合主要为天青石 + 文石组合,文石的出现表明水体的形成温度比较高,文石形成温度高于一般的盐类矿物,类似于热卤水。尖顶山矿区没有发现菱锶矿,菱锶矿在大风山和碱山矿区仅局部见到,且厚度小,分布零星。

3　地球化学特征

3.1　元素地球化学特征

尖顶山矿区所采集的锶矿矿石样品,利用 Axios X 射线荧光光谱仪对样品元素含量进行分析,结果如表 1 所示。

表 1　元素 X 荧光分析结果

Table 1　Element content from XRF analysis　　w/%

元 素	Na	Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Cu	Sr	Ba
含量	0.47	1.906	1.858	6.641	0.028	11.24	0.6	2.111	0.086	0.017	0.746	0.008	30.929	0.043

矿石中的元素主要以 Sr 和 S 为主,含量分别为 30.929% 和 11.24% ,主要以 $SrSO_4$ 的形式存在于矿石中; 其次为 Si 和 Al,由于 Si 和 Al 的地球化学性质类似,这两个元素可能以碎屑粘土矿物的形式存在; Mg 和 Ca 元素含量不高,可能主要以碳酸盐(文石) 的形式存在; Na、K、Fe、P、Ti、Mn、Cu、Ba 的含量均很低,很可能存在于碎屑矿物中。

3.2　锶同位素地球化学特征

锶有 4 个稳定同位素,^{84}Sr、^{86}Sr、^{87}Sr、^{88}Sr,锶同位素的组成一般用 $R = {}^{87}Sr/{}^{86}Sr$ 来表示。自瑞典地质学家 Wickman(1948) 首次报道锶同位素在地层学中的应用以来,锶同位素的研究不断深入,特别是随着分析技术的提高,锶同位素应用领域也在不断扩展。近年来,锶同位素在海相地层定年、古环境古气候演化以及同位素示踪等方面应用较多。

壳源的硅铝质岩石具有高的 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 值(平均为 0.720 ± 0.005) ,但锶浓度较低; 幔源的镁铁质岩石具有低的 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 值(平均为 0.704 ± 0.002) ; 海洋碳酸盐和硫酸盐也具有低的 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 值(平均为 0.708 ± 0.001) ,但浓度高(可达 $1\ 000 \times 10^{-6}$) 。锶在化学和生物学过程中不会产生同位素分馏,因而在研究物质迁移和变化过程中,$^{87}Sr/^{86}Sr$ 是有效的示踪剂。虽然蒸发等地质作用可以改变锶同位素的浓度,但锶同位素在同一地质时期、同一水域组

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

分$^{87}Sr/^{86}Sr$的比值几乎不变。根据锶同位素的这一特点，可以依据$^{87}Sr/^{86}Sr$值的大小来定性地探讨影响当时盆地锶同位素组成的主要控制因素。

为此，笔者对尖顶山地区的天青石矿石进行了锶同位素的测定，其$^{87}Sr/^{86}Sr$值与其它矿区的天青石矿石以及本区的油田卤水、盐湖和晶间卤水的$^{87}Sr/^{86}Sr$值的对比如表2所示。

表2 锶同位素对比表

Table 2 Comparison among the $^{87}Sr/^{86}Sr$ in different mine areas

各矿区及地质体	$^{87}Sr/^{86}Sr$
尖顶山矿区	0.711 583
碱山矿区	0.711 542
大风山矿区	0.711 622
油田卤水	0.711 605
第四纪盐湖和晶间卤水	0.711 566～0.712 880

从表2可以看出，碱山矿区、尖顶山矿区以及大风山矿区的$^{87}Sr/^{86}Sr$比值基本相同，变化范围很小(0.711 54～0.711 63)，这说明锶同位素是比较稳定的，柴达木盆地西部锶矿的成矿物质来源具有均一性。同时该区的$^{87}Sr/^{86}Sr$普遍偏大，且远大于现代海洋的$^{87}Sr/^{86}Sr$值(0.709 2)，而现代海洋的$^{87}Sr/^{86}Sr$值又大于地质时期的海相碳酸盐的$^{87}Sr/^{86}Sr$值。所以，从$^{87}Sr/^{86}Sr$值这个角度来说，柴达木盆地锶矿为陆相成因。影响锶同位素组成的主要控制因素应该是高$^{87}Sr/^{86}Sr$值的壳源硅铝质岩石的输入量，Palmer等(1989)研究认为全球河流输入的平均$^{87}Sr/^{86}Sr$值为0.711 9，较现代海水的0.709 2要高，也证实了以上论点。

柴达木盆地西部广泛分布着富Sr油田卤水，油田卤水的$^{87}Sr/^{86}Sr$平均值为0.711 605[10]，而柴达木盆地西部第四纪盐湖和晶间卤水的$^{87}Sr/^{86}Sr$值在0.711 566～0.712 880之间，二者与天青石矿的锶同位素比值相近，显示三者在形成与演化过程中存在着密切的关系。

4 尖顶山矿区的成矿时代研究

4.1 矿区遥感解译

图3是尖顶山天青石矿区的GE影像图，影像图中的公路清晰可见，分辨率很高，达到了数米的精度，完全能满足矿区地质研究的需要。从图中我们可以看到，该区的地层共有两类，一类是近南北走向的地层，在图的左侧分布，地层纹理非常清晰，层位非常稳定，以灰白相间的色调出现，颜色较浅；第二类是近东南—西北方向分布的地层，在图的右侧分布，地层层位也比较稳定，地层纹理比较清晰，以浅灰和灰色相间的色调出现，颜色较左侧深。根据前人研究工作可知，图左侧分布的近南北向的地层为第三系上新统狮子沟组的地层，在图右侧近东南—西北方向分布的地层为第四系的七个泉组，第四系与第三系地层呈角度不整合接触。青海省第五地质队认为尖顶山地区的锶矿层分布于第三系狮子沟组地层中，从图3中可以清晰的看出，矿层赋存于图中右边的近西北—东南走向的第四系地层中，而不是近南北走向的第三系地层中。

另外，矿区工程分布也清晰可见，如图3所示，探槽基本上垂直于东边的地层分布，即分布在第四系地层中，与第四系地层垂直。图中间暗色地带为主要的矿体分布地区。一般而言，探槽工程的走向是垂直于矿区区域构造线的，从探槽工程布置的走向来看，其垂直于东边的第四系地层，而不是垂直于西边的第三系地层，因此探槽工程走向表明矿层是赋存于第四系的，而不是第三系地层。

4.2 矿区地质构造分析

天青石矿体、第三系地层及第四系地层产状特征如表3所示。从地层的产状来看，矿层的走向与第四系地层中Q_1^{1-1}、Q_1^{1-2}、Q_1^{1-3}、Q_1^{1-4}、Q_2以及前人划分的第三系地层N_2S^{2-2}和N_2S^{2-1}的走向基本上在330°～340°之间，而第三系地层中的N_2S^1地层的走向只有3°～25°之间，显示N_2S^1地层形成与前述地层和矿层有很

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

大的差异。这表明两点,一是矿层赋存于第四系七个泉组,而不是第三系的狮子沟组; 二是前人所划分的 N_2S^{2-1} 和 N_2S^{2-2} 地层不应该属于上新世的狮子沟组 N_2S,而应划入第四系七个泉组。同样理由天青石矿层也应该是属于第四系七个泉组,并且矿体位于第三系和第四系不整合面上靠近第四系地层的一侧。

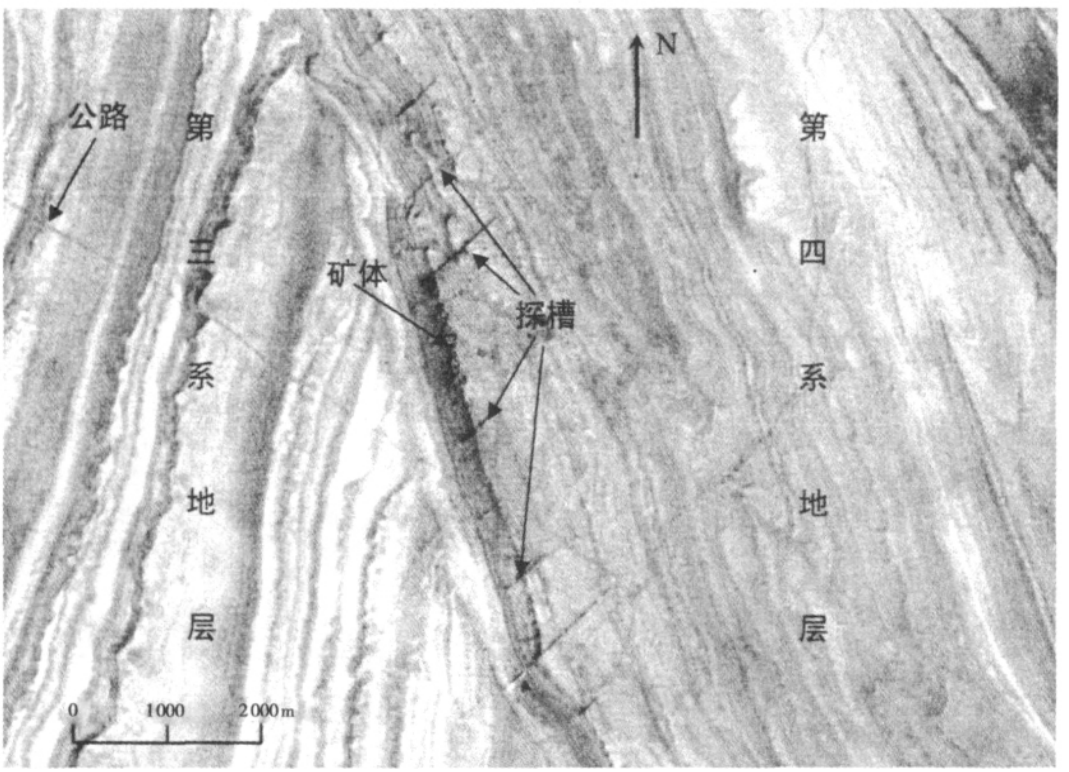


图 3　尖顶山矿区 GE 影像图

Fig. 3　Google Earth image of Jiandingshan celestite mine area

表 3　天青石矿体与第三、第四系地层的走向和倾角

Table 3　The strike and dip of ore body, Tertiary and Quaternary

地层	走向	倾角
Q_2	约 340°	约 12°
Q_1	328° ~ 345°	6° ~ 10°
矿体	约 325°	5° ~ 18°
N_2S^{2-2}	约 330°	约 7°
N_2S^{2-1}	约 328°	约 7°
N_2S^1	3° ~ 25°	9° ~ 10°

5　结　论

1) 柴达木盆地西部尖顶山锶矿的矿石矿物主要为天青石,脉石矿物主要为石英,其次含有少量的文石。矿物组合主要为天青石 + 文石组合,文石的出现表明天青石的成矿温度较高。

2) 柴达木盆地西部尖顶山锶矿的锶同位素分析表明,成矿的物质来源具有均一性,矿石锶同位素与该地区地下油田卤水以及第四纪盐湖和晶间卤水的锶同位素比值非常相近,三者在形成与演化的过程中可能存在着密切的关系。

3) 在对尖顶山矿区区域地质构造特征分析对比的基础上,结合尖顶山天青石矿区的 Google Earth 图像的遥感地质解译,我们发现尖顶山地区的天青石矿层赋存于第四系七个泉组; 而不是第三系的狮子沟组; 再者,前人所划分的 N_2S^{2-1} 和 N_2S^{2-2} 地层不应该属于上新世的狮子沟组 N_2S,而应划入第四系七个泉组; 尖顶山矿层位于第三系地层和第四系地层的不整合面上。因此,柴达木盆地西北部天青石矿床的

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

成矿时代应该主要以早第四纪和晚第三纪为主,而找矿方向应该定位在第三系和第四系之间的不整合面附近。

参考文献:

[1] 葛文胜,蔡克勤. 柴达木盆地西北部锶矿成矿系统研究[J]. 现代地质,2001,15(1):53-58.

[2] 林文山,崔林,夏明强,等,青海省大风山锶矿矿床成因探讨[J]. 青海省国土经略,2005,17(2):29-31.

[3] 杨清堂. 沉积型天青石矿床的地质特征及其成因探讨[J]. 化工矿产地质,1998,20(1):32-37.

[4] 曹国强,陈世悦,徐凤银,等. 柴达木盆地西部中新生代沉积构造演化[J]. 中国地质,2005,32(1):33-40.

[5] 蒋宏枕. 柴达木盆地西部红狮凹陷第三系下干柴沟组沉积相分析[J]. 沉积学报,2003,21(3):391-397.

[6] 张长华. 青藏高原的构造体系特征与高原的形成演化[M]. 北京: 地质出版社,1990:93-96.

[7] 文华国,郑荣才,夏佩芬,等. 酒泉盆地青西凹陷下沟组湖相热水沉积岩锶同位素地球化学特征[J]. 沉积学报,2009,27(4):642-649.

[8] 李廷伟. 柴达木盆地西部油田卤水形成演化的水化学和锶同位素研究[D]. 西宁: 中科院青海盐湖研究所,2007.

[9] De Brodtkorb M K,Ramos V,Barbieri M,*et al*. The evaporitic celestite-barite deposits of neuquen argentina[J]. Mineral Deposita,1982,17(3):423-436.

[10] Kesler S E ,Jones L M. Sulfur and strontium isotopic geochemistry of celestite,barite and gypsum from the Mesozoic basins of northeastern Mexico[J]. Chemical Geology,1981,31(2):211-224.

[11] Palmer M R,Edmond J M. The strontium isotopic budget of the modern ocean. Earth and Planetary Science Letters,1989,92(1):11-26.

[12] 刘金辉,窦金龙. Google Earth 在地址勘查初期中的应用[J]. 中国矿业,2009,18(12):100-101.

[13] 丁志江,王猛,梁栋彬. 基于 Google Earth 影像遥感解译在我国西北矿产地址调查中的应用[J]. 吉林地质,2008,27(4):124-129.

[14] 王焕改,马春丽,叶友龙,等. Google Earth 在石油勘探中的应用[J]. 物探装备,2007,17(4):306-308.

[15] 徐兴国. 我国锶矿的成因类型及找矿方向[J]. 化工地质,1991,13(1):20-28.

[16] 朱创业,武文慧. 华蓥山锶成矿带稳定同位素特征及成矿机理探讨[J]. 地球化学,1999,28(2):197-202.

[17] 黄志良,崔南方,冷盛强,等. 溧水锶矿成矿地球化学及矿床成因研究[J]. 武汉化工学院学报,1994,12(4):60-65.

[18] 史忠生,陈开远,何生,等. 东濮凹陷古近系锶、硫、氧同位素组成及古环境意义[J]. 中国地质大学报,2005,30(4):430-436.

Study on Geological and Geochemical Characteristics of Jiandingshan Strontium Mine in Qaidam Basin

YAN Jian-ping[1,2],HAN Feng-qing[1],MA Ru-ying[1,2],LUO Chong-guang[1,2],ZHANG Yan-xia[1,2]

(1. *Qinghai Institute of Salt Lakes*,*Chinese Academy of Sciences*,*Xining*,800001,*China*;
2. *Graduate University of Chinese Academy of Sciences*,*Beijing*,100039,*China*)

Abstract: Jiandingshan strontium mine is a large celestite deposit in Qaidam Basin. Through field investigation and sampling in the mining area of the basin,celestite deposits in many aspects of research has been made,such as mineral components,element geochemistry and Sr isotope geochemistry. On the basis of the regional geologic structure analysis and remote sensing geological interpretation of GE image of Jiandingshan celestite mining area,it has been found that the Jiandingshan celestite deposit should belong to Q_1 series rather than N_2S series. In addition,the former N_2S^{2-1} and N_2S^{2-2}ore-forming layer should be attributed to Q_1 rather than N_2S.

Key words: Qaidam Basin; Jiandingshan; Celestite deposit; Sr isotope; Ore-forming regularity

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net