

文章编号: 1009-3850(2016)01-0023-07

云南会泽大黑山铝土矿地球化学特征及其物源分析

王正江¹, 郭婷婷¹, 俞赛赢^{1,2,3}, 程琰勋³, 张春波³, 张宇栋¹

(1. 昆明理工大学国土资源工程学院, 云南 昆明 650093; 2. 云南省地质调查院, 云南 昆明 650216; 3. 武警黄金第十支队, 云南 昆明 637350)

摘要: 大黑山铝土矿赋存于上二叠统宣威组底部, 下伏地层为峨眉山玄武岩。矿石结构主要以泥晶结构为主, 具有少量鲕状、粒屑结构。矿石构造以致密块状构造为主, 局部呈层状、似层状。铝土矿石中 Al_2O_3 与 Fe_2O_3 、 SiO_2 呈现较好的负相关关系, TiO_2 与 Zr、Hf、Nb、Ta 相关性较好, Zr-Hf、Nb-Ta 的相关性拟合度很高。铝土矿与峨眉山玄武岩样品具有相似的稀土元素配分模式。综合稳定元素相关性、微量元素及稀土元素标准化图解、 $lgNi$ 和 $lgCr$ 二元图解等分析方法对大黑山铝土矿的成矿物质来源进行探讨, 研究结果表明铝土矿的成矿物质来源主要来自峨眉山玄武岩。

关键词: 铝土矿; 地球化学; 成矿物质来源; 会泽大黑山

中图分类号: P618.45

文献标识码: A

我国铝土矿的主要成矿时代为石炭纪和二叠纪、石炭纪铝土矿大多分布于华北准地台上, 如山西、河南等地; 二叠纪铝土矿则分布于扬子和华南准地台上, 如云南、贵州等地^[1-3]。云南省会泽县处于扬子准地台南缘, 本次研究的铝土矿主要分布于会泽县新街乡大黑山地区, 矿化层位为上二叠统宣威组, 下伏岩层为峨眉山玄武岩。含铝矿物主要有三水铝石、胶铝石等, 矿体以层状、似层状产出, 属于沉积型铝土矿。

1 矿床特征

大黑山铝土成矿带主要位于云南省会泽县新街乡朱家村一带, 构造位置上位于扬子地台西部的小米落向斜南东翼。研究区地层出露较齐全, 除白垩系、上寒武统—下泥盆统缺失外, 自震旦系至第四系均有分布。区内出露的主要地层由老到新有: 上二叠统峨眉山玄武岩组(P_3e)、宣威组(P_3x) 和下三叠统飞仙关组(T_1f) 等(图1)。

含矿岩系为上二叠统宣威组(P_3x) 底部的铝土质泥岩。这一层铝土质泥岩底部与峨眉山玄武岩第四段(P_3e^4) 顶部呈平行不整合接触关系, 其顶部与宣威组(P_3x) 泥岩(部分地段为铝土矿或铁质泥岩) 呈过渡关系, 相当于古风化间断性质的层位。

会泽大黑山铝土矿含矿岩系宣威组地层走向北东, 倾向北西, 在研究区呈条带状分布。矿化点出露较好的位置位于新街乡朱家村, 沿大黑山西北坡产出, 构造位置为小米落向斜南东翼。铝土矿在区域上断续出露, 有一定规模, 产出层位稳定, 矿体赋存于宣威组底部, 受层位控制作用明显(图1), 主要成矿期为晚二叠世。

宣威组为一套陆相含煤建造, 含矿层位岩性变化不大, 由底至顶分别为砾岩或暗紫色泥岩、灰白色铝土岩、铝土质泥岩、粉砂岩、泥质细砂岩和黑色炭质泥岩, 夹1~2层可采煤层以及灰黄色泥岩、粉砂岩。

研究区铝土矿体呈层状、致密块状, 厚1.64~

收稿日期: 2015-08-02; 改回日期: 2015-10-12

作者简介: 王正江(1990-), 男, 硕士研究生, 矿产普查与勘探专业, 研究方向: 区域地质矿产调查研究。E-mail: wzj2013201012@163.com

资助项目: 西南华南重点地区地质矿产调查评价项目(12120113072100)

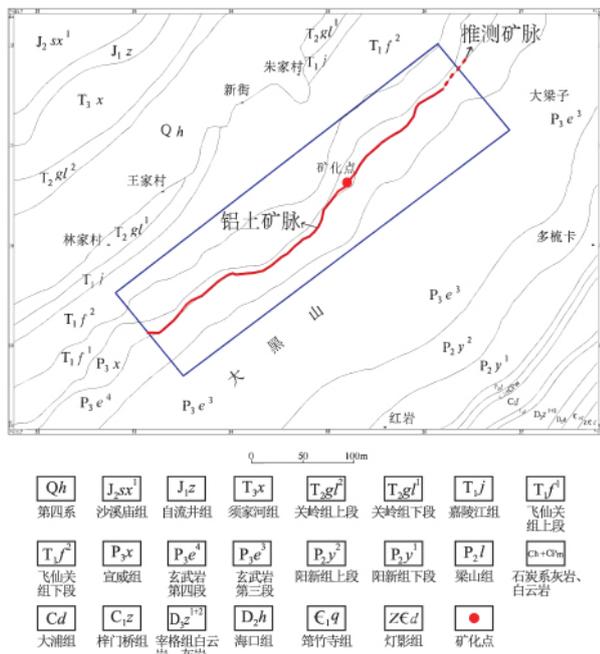


图1 会泽大黑山铝土矿地质图

Fig.1 Tectonic setting of the Daheishan bauxite deposit in Huize, Yunnan

4.95m,平均厚3.41m,长约5600m。矿石颜色以灰白色为主,局部见暗紫色、紫红色。致密块状构造,粒屑、鲕状、泥晶结构。断口似贝壳状、土状,易碎裂成碎块(图2)。矿物成分主要为胶铝石、水铝石,还有少量粘土矿物、铁质等。 Al_2O_3 含量一般为35%左右,最高者达71.13%; SiO_2 含量一般为20%左右,最高者达41.3%。 A/S 比值一般为2,最佳者为20.2。

本区铝土矿石含铝矿物组合主要由三水铝石组成,属于三水铝型矿石。矿石的矿物成分主要由三水铝石、胶铝石、铁泥质组成,其次还有少量的粘土矿物^[10]。铝土矿颜色变化较有规律,往南西向以紫红色、暗紫色为主,灰白色矿石极少,而往北东向则以灰白色为主,这说明南西向的铝土矿因铁质含量增加而呈现出暗紫色和紫红色,而北东向的铝土矿 Al 、 Si 含量较高, Fe 含量少。

2 样品与测试方法

本次研究在会泽县新街乡大黑山地区上二叠统宣威组的铝土矿层出露点的剥土工程剖面中进行了采样。在地表剥土工程中采集了7件铝土矿样品,对其进行了主量、微量和稀土元素的分析,铝土矿样品测试工作由云南省核工业二〇九地质大队完成。对峨眉山玄武岩第四段也采集了8件样品,对这8件玄武岩样品选取了两件样品的测试结果作

为代表进行分析研究,野外编号分别为U9、U11。玄武岩样品测试工作是由国土资源部昆明矿产资源监督检测中心完成。

在铝土矿样品元素分析中,微量元素(Be 、 Cs 、 Li 、 Sr 、 Ta 、 W 、 Tl 、 Th 、 U 、 Cr)和稀土元素由等离子体发射质谱仪PE300X测定,氧化物(CaO 、 K_2O 、 MgO 、 Na_2O 、 TiO_2 、 P_2O_5 、 MnO)由等离子体发射光谱仪ICPA6300测定,微量元素(V 、 Co 、 Ni 、 Rb 、 Zr 、 Nb)由X射线荧光光谱仪Axios测定。主量元素的检出限 $\leq 0.05 \times 10^{-2}$,微量元素和稀土元素的检出限 $\leq 0.002 \times 10^{-6}$ 。

3 地球化学特征

3.1 主量元素

铝土矿体主量元素氧化物为 Al_2O_3 (34.49%~53.56%)、 SiO_2 (13.82%~44.08%)、 TiO_2 (1.91%~10.3%)、 Fe_2O_3 (0.10%~5.24%)和 FeO (0.30%~19.38%)。碱金属和碱土元素的氧化物的含量分别为 K_2O (0.12%~0.55%)、 Na_2O (0.14%~0.22%)、 CaO (0.11%~0.47%)、 MgO (0.05%~0.68%)、 MnO 和 P_2O_5 含量很低。通过分析研究发现,铝土矿体主量元素氧化物含量数值较高,但同时值域范围变化起伏较大。其碱金属和碱土元素的氧化物含量低,范围变化不大。

从铝土矿的主量元素 $Al_2O_3-Fe_2O_3$ 、 $Al_2O_3-SiO_2$ 二元相关性图解可以看出, Al_2O_3 和 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 和 SiO_2 表现出一种负相关性,这说明 Fe_2O_3 和 SiO_2 的含量随着 Al_2O_3 的富集而降低(图3)。

3.2 微量元素

在矿体所含的微量元素中,除 V 为 $(112.5 \sim 586.7) \times 10^{-6}$ 、 Nb 为 $(102.16 \sim 498.27) \times 10^{-6}$ 、 Zr 为 $(766.4 \sim 2564.20) \times 10^{-6}$,含量均较高外,其余微量元素含量均较低。

从原始地幔标准化图解(图4a)可以看到,铝土矿与玄武岩的元素富集与亏损规律有一定相似性:富集 Zr 、 Nb 、 Ta 、 Th 、 U 元素,亏损 Cr 和 W 元素。在大陆上地壳标准化图解(图4b)中,铝土矿与峨眉山玄武岩有相似的配分曲线:均明显富集 Be 、 Th 、 V 、 Zr 、 Nb 、 Ta 、 U 等元素,亏损 Cs 、 Sr 等元素。通过相关性研究表明,铝土矿体中 TiO_2 分别与 Zr 、 Hf 、 Nb 、 Ta 相关性较好,而且 $Zr-Hf$ 、 $Nb-Ta$ 的相关性拟合度很高(图5),说明 Ti 和 Zr 、 Hf 、 Nb 、 Ta 元素表现出相同的地球化学行为,这几种元素在研究区铝土矿成矿、矿化的过程中都很稳定^[11]。

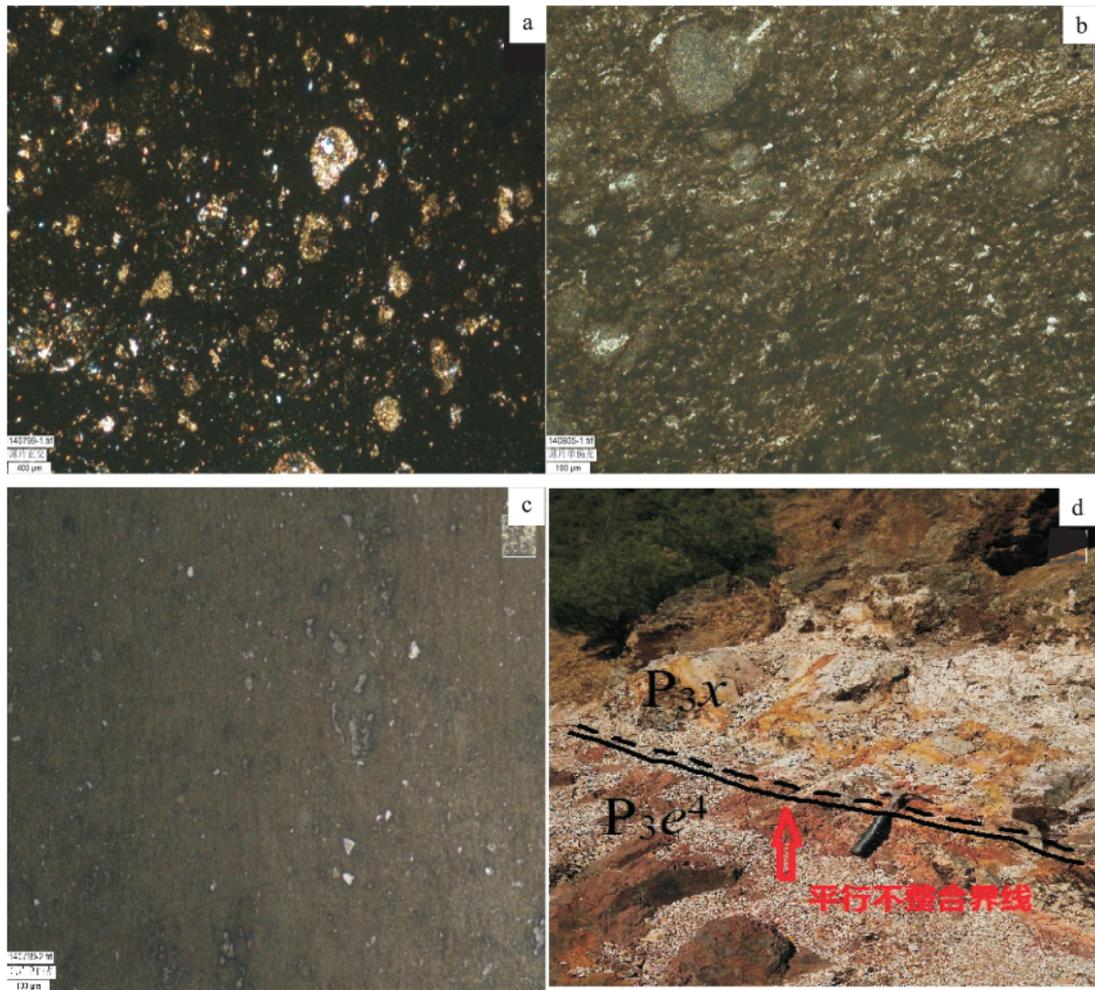


图2 大黑山铝土矿粒屑、鲕状、泥晶结构的显微照片和野外露头界线特征照片

a. 粒屑结构(正交偏光); b. 鲕状结构(单偏光); c. 泥晶结构(单偏光); d. 朱家村剖面铝土矿界线特征

Fig. 2 Field features and photomicrographs of the bauxite ores from the Daheishan bauxite deposit in Huize , Yunnan

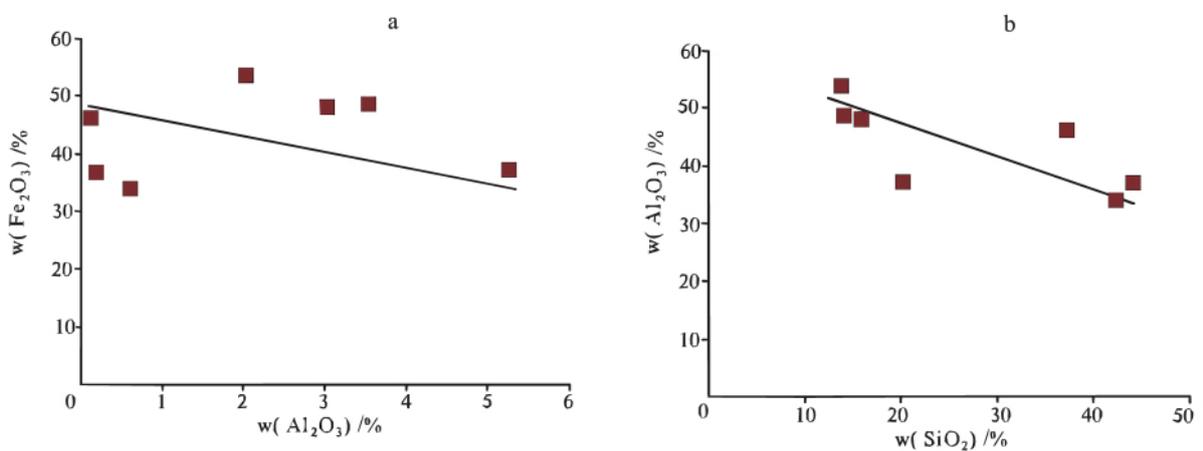


图3 大黑山铝土矿 $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ 二元相关性图解

Fig. 3 Al_2O_3 vs. Fe_2O_3 diagram (a) and Al_2O_3 vs. SiO_2 diagram (b) of the bauxite ores from the Daheishan bauxite deposit in Huize , Yunnan

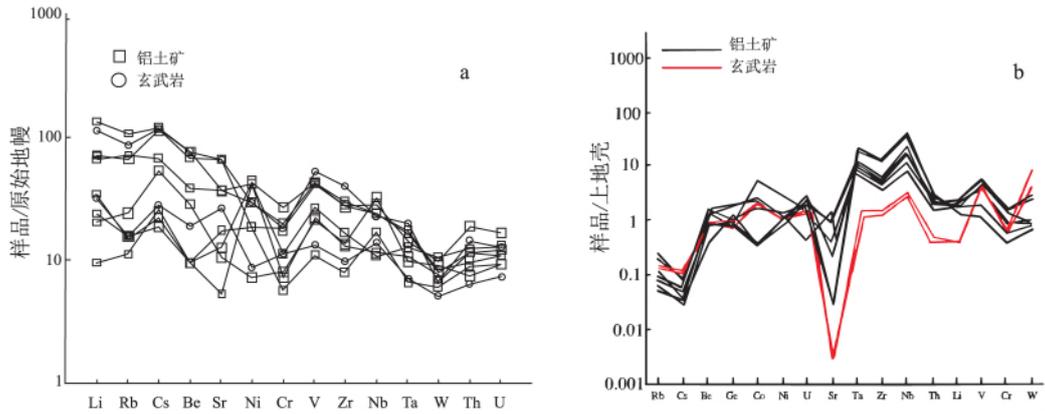


图4 大黑山铝土矿和玄武岩的原始地幔(a)、上地壳(b)标准化微量元素图

(原始地幔标准化数据来自 Sun and McDonough, 1995^[12]; 上地壳标准化数据来自 Rudnick and Gao 2003^[13])

Fig.4 Primitive mantle-normalized (a) and upper continental crust-normalized REE distribution patterns for the bauxite ores and basalt samples from the Daheishan bauxite deposit in Huize, Yunnan (a: after McDonough and Sun et al., 1989; b: Rudnick and Gao, 2003)

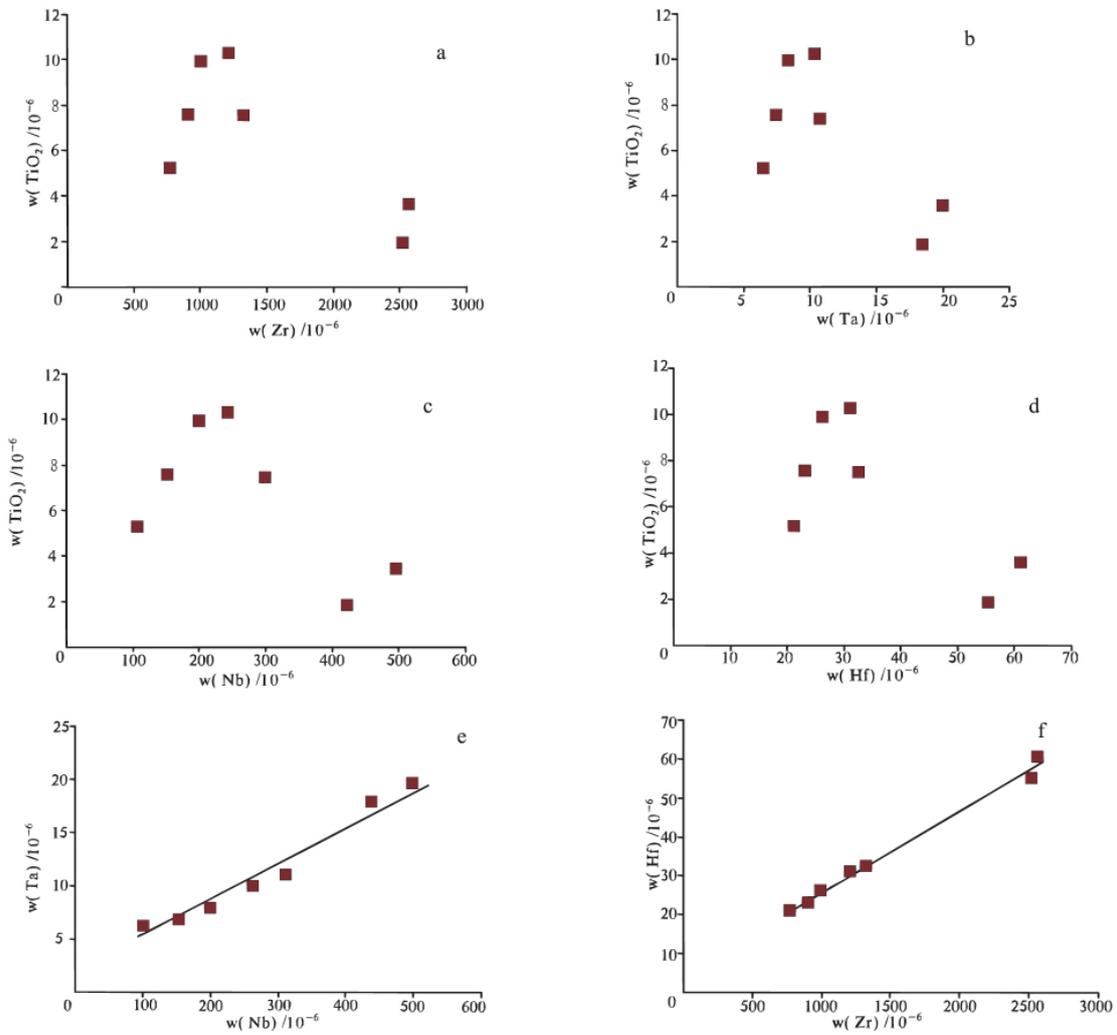


图5 TiO₂-Zr (a)、TiO₂-Ta (b)、TiO₂-Nb (c)、TiO₂-Hf (d) 及 Nb-Ta (e)、Zr-Hf (f) 二元相关性图解

Fig.5 TiO₂-Zr (a), TiO₂-Ta (b), TiO₂-Nb (c), TiO₂-Hf (d), Nb-Ta (e) and Zr-Hf (f) diagrams for the Daheishan bauxite deposit in Huize, Yunnan

3.3 稀土元素

大黑山地区铝土矿稀土元素总量(ΣREE)、轻稀土元素含量总和($\Sigma LREE$)和重稀土元素含量总和($\Sigma HREE$)的范围变化较大。稀土元素总量为 $(62.27 \sim 1729.63) \times 10^{-6}$,均值为 524.45×10^{-6} ;轻稀土元素含量为 $(55.56 \sim 1208.74) \times 10^{-6}$,均值为 491.21×10^{-6} ;重稀土元素含量为 $(6.71 \sim 70.89) \times 10^{-6}$,均值为 33.24×10^{-6} 。从分析数据可以看出,铝土矿轻稀土元素含量明显高于重稀土元素含量,轻重稀土比值($\Sigma LREE/\Sigma HREE$)为 $5.57 \sim 42.58$,很明显富集轻稀土元素。玄武岩样品的稀土元素总含量(ΣREE)为 473.96×10^{-6} , $\Sigma LREE$ 平均值为 211.37×10^{-6} , $\Sigma HREE$ 平均值为 25.62×10^{-6} , $\Sigma LREE/\Sigma HREE$ 值为 8.25 。由玄武岩样品的 $\Sigma LREE/\Sigma HREE = 8.25 \geq 1$,所以峨眉山玄武岩同样富集轻稀土元素,与铝土矿数据分析得出的结论基本一致,富轻、贫重。

同样在铝土矿、玄武岩的球粒陨石标准化曲线(图6)中,铝土矿与峨眉山玄武岩配分曲线趋势一致,轻稀土元素含量略高于重稀土元素含量,二者都是富轻稀土元素、贫重稀土元素。

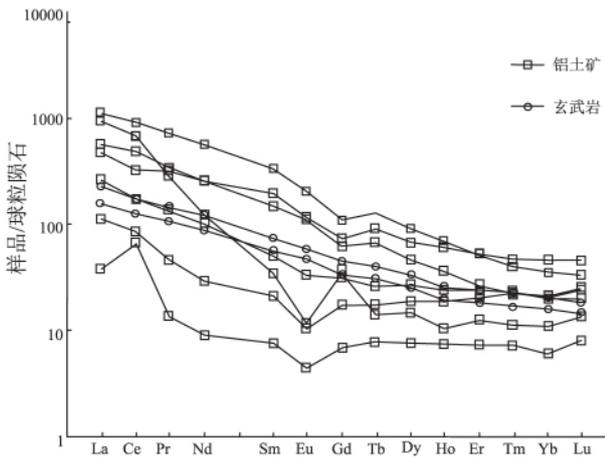


图6 大黑山铝土矿、玄武岩的球粒陨石标准化稀土元素图(球粒陨石标准化数据引自 Sun and McDonough, 1989^[14])
Fig. 6 Chondrite-normalized REE distribution patterns for the bauxite ores and basalt samples from the Daheishan bauxite deposit in Huize, Yunnan (after Sun and McDonough et al., 1989)

铝土矿中铕异常(Eu/Eu^*)的值域范围为 $0.31 \sim 1.05$,平均值为 0.73 。玄武岩样品中的铕异常(Eu/Eu^*)也表现出正异常,其均值为 1.02 。铈元素异常(Ce/Ce^*)在铝土矿样品中的值域范围为 $0.83 \sim 2.54$,大多数呈铈元素正异常,平均值为 1.23 。在玄武岩样品中的铈元素异常(Ce/Ce^*)均

值为 0.95 ,Ce元素表现出负异常。

总体上,大黑山地区铝土矿与玄武岩的稀土元素球粒陨石标准化曲线从形态上可以看出二者具有相近的趋势,而且矿体曲线大多都靠近玄武岩曲线,表明两者有很近的亲缘关系。铝土矿中的稀土元素大多都来自下伏峨眉山玄武岩。

4 成矿物质来源

大黑山铝土矿含矿层位为上二叠统宣威组,其产出于宣威组底部,矿体以层状、致密块状产出,与下伏峨眉山玄武岩呈平行不整合接触关系。矿石颜色以灰白色为主,局部见暗紫色、紫红色。矿体表面受风化作用强烈,易碎裂成碎块,但大部分矿体以层状、似层状覆于峨眉山玄武岩之上,其成矿类型为沉积型铝土矿。

在微量、稀土元素标准化曲线中,无论是原始地幔、上地壳还是球粒陨石,铝土矿与玄武岩都表现出相似的曲线形态,表明大黑山铝土矿的沉积成矿与下伏峨眉山玄武岩有着紧密的联系。晚二叠世(华力西早期)基性岩浆强烈喷溢形成的玄武岩在地表经风化作用(物理、化学分解)形成风化壳,形成的水铝石矿物碎屑与其它风化产物一起,在后来的海侵作用下经短距离搬运至沉积盆地中,被搬进沉积盆地的风化产物或矿物碎屑在成岩作用下沉积成矿^[4]。在这个过程中,峨眉山玄武岩为铝土矿提供了大部分的成矿元素。微量元素特征表明,Ti和Zr、Hf、Nb、Ta等元素在研究区铝土矿成矿、矿

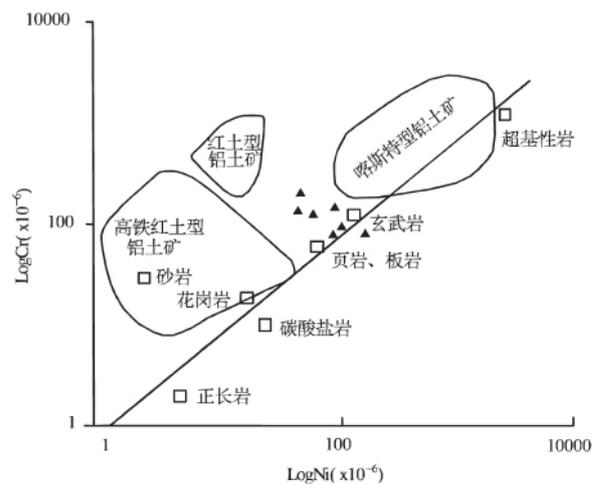


图7 大黑山铝土矿母岩的 LogCr-LogNi 浓度值二元图解(底图据 Schroll and Sauer, 1968^[15]; □表示母岩类型)

Fig. 7 LogCr-LogNi diagram for the parent rocks of the Daheishan bauxite deposit (after Schroll and Sauer, 1968)

化的过程中都很稳定。稀土元素特征表明,铝土矿中的稀土元素大多来自峨眉山玄武岩。

铝土矿样品中 Cr、Ni 值变化范围较小, Cr 值介于 $(36.8 \sim 151) \times 10^{-6}$, 均值为 100×10^{-6} , Ni 值介于 $(34.6 \sim 129.8) \times 10^{-6}$, 均值为 62.4×10^{-6} 。从 LgCr-LgNi 图(图 7)可以看出,铝土矿投在红土型铝土矿和喀斯特型铝土矿之间,接近玄武岩区,表明其物质来源与玄武岩有紧密关系,但不排除其它岩石对其有一定的影响^[16]。

综合以上分析,在成矿作用过程中,峨眉山玄武岩为铝土矿沉积成矿提供了大部分物质来源,为该区铝土矿的主要物源。

5 结论

云南省会泽地区大黑山铝土矿产于上二叠统宣威组底部,以层状、似层状或透镜状产出,在研究区总体上呈条带状展布。矿石颜色多呈灰、灰白色。矿石结构有泥晶、鲕状、粒屑结构,断口似贝壳状、土状,易碎裂成碎块。矿石构造大多以致密块状构造为主。矿物成分主要为胶铝石、水铝石,还有少量粘土矿物、铁质等。

该区铝土矿矿体中常量元素主要由 SiO_2 、 TiO_2 、 Al_2O_3 、 FeO 组成,在二元相关性图解中 Al_2O_3 分别与 SiO_2 、 TiO_2 呈现出较好的负相关性。通过地球化学分析研究表明,矿体富轻稀土、贫重稀土元素。在成矿过程中,富集 Be、Th、V、Zr、Hf、Nb、Ta、U 等元素,而亏损 Cs、Sr 等元素。微量元素 Zr-Hf、Nb-Ta 分别显示很好的正相关性,这说明 Ti 和 Zr、Hf、Nb、Ta 元素表现出相同的地球化学行为,在研究区铝土矿成矿、矿化的过程中都很稳定。通过微量、稀土元素标准化图解、二元相关性图解以及 LgCr-LgNi 图解等分析研究表明,峨眉山玄武岩为该区铝土矿的主要物源。

该区铝土矿产于上二叠统宣威组底部,找矿时应基于岩性、层位,由朱家村铝土矿向南、向北岩层追索,有望发现储量更大的铝土矿床。

参考文献:

- [1] 廖士范. 论铝土矿床成因及矿床类型[J]. 华北地质矿产杂志, 1994, 9(2): 153-160.
- [2] 廖士范. 我国铝土矿成因及矿层沉积过程[J]. 沉积学报, 1986, 4(1): 1-8.
- [3] 廖士范, 梁同荣, 等. 中国铝土矿地质学[M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 1991.
- [4] 于蕾, 王训练, 周洪瑞, 等. 云南丘北县大铁地区铝土矿地质特征及找矿标志[J]. 地质与勘探, 2012, 48(3): 518-525.
- [5] 云南省地质矿产局. 云南省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1990.
- [6] 余素玉, 何镜宇. 沉积岩石学[M]. 北京: 中国地质大学出版社, 1989.
- [7] 刘加强, 王训练, 周洪瑞, 等. 滇东南上二叠统吴家坪阶下部铝土矿地球化学特征及物源分析[J]. 地质与勘探, 2012, 48(3): 508-517.
- [8] 冯晓宏, 王臣兴, 崔子良, 等. 滇东南铝土矿成矿物质来源探讨[J]. 云南地质, 2009, 28(3): 233-242.
- [9] 李启津, 杨国高, 侯正洪, 等. 铝土矿床成矿理论研究中的几个问题[J]. 矿产与地质, 1996, 10(1): 22-26.
- [10] 陈世益, 申少华, 倪建平, 等. 广西贵县三水铝土石型铝土矿的发现及其意义[J]. 大地构造与成矿学, 1988, 12(3): 214-222.
- [11] PANAH I A, YOUNG G M, RAINBIRD R H. Behavior of major and trace elements (including REE) during Paleoproterozoic pedogenesis and diagenetic alteration of an Archean granite near Ville Marie, Québec, Canada [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 2000, 64(13): 2199-2220.
- [12] MCDONOUGH W F, SUN S S. Composition of the Earth [J]. Chemical Geology, 1995, 120: 223-253.
- [13] RUDNICK R L, GAO S. Composition of the continental crust [A]. Rudnick R L. Treatise on Geochemistry [C]. Oxford: Elsevier-Pergamon, 2003. 1-64.
- [14] SUN S S, MCDONOUGH W F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes [A]. Saunders A D, Norry M J. Magmatism in Ocean Basins [C]. London: Geol. Soc. Spec. Publ. 1989. 313-345.
- [15] SCHROLL E, SAUER D. Beitrag zur Geochemie von Titan, Chrom, Nickel, Cobalt, Vanadium und Molybdän in Bauxitischen Gesteinen und problem der stofflichen herkunft des Aluminiums [J]. Travaux du ICSOBA, 1968, 5: 83-96.
- [16] MACLEAN W H, BONAVIA F F, SANNA G. Argillite debris converted to bauxite during karst weathering: evidence from immobile element geochemistry at the Olmedo Deposit, Sardinia [J]. Mineralium Deposita, 1997, 32: 607-616.

Geochemistry and provenance analysis of the Daheishan bauxite deposit in Huize , Yunnan

WANG Zheng-jiang¹ , GUO Ting-ting¹ , YU Sai-ying^{1 2 3} , CHENG Yan-xun³ , ZHANG Chun-bo³ , ZHANG Yu-dong¹

(1. *Faculty of Land and Resource Engineering , Kunming University of Science and Technology , Kunming 650093 , Yunnan , China*; 2. *Yunnan Institute of Geological Survey , Kunming 650216 , Yunnan , China*; 3. *No. 10 Gold Exploration Party , Chinese Armed Police Force , Kunming 637350 , Yunnan , China*)

Abstract: The Daheishan bauxite deposit in Huize , Yunnan resides in the basal part of the Upper Permian Xuanwei Formation underlain by the Emeishan basalts. The bauxite ores from the Daheishan deposit display micritic , oolitic and granular textures , and densely massive , stratified and stratoid structures. There are both negative correlations between Al_2O_3 and Fe_2O_3 , and Al_2O_3 and SiO_2 and good correlations between TiO_2 and Zr , Hf , Nb and Ta , Zr and Hf , Nb and Ta. The bauxite and basalt samples in this study exhibit similar normalized distribution patterns. The ore-forming matter may be derived from the underlying Emeishan basalts , as indicated by LogNi and LogCr diagram.

Key words: bauxite; geochemistry; provenance; Daheishan in Huize