

doi:10.6053/j.issn.1001-1412.2014.04.003

贵州主要铝土矿矿集区成矿特征对比研究

李艳桃^{1,2}, 肖加飞¹, 付绍洪¹, 赵志军³

(1. 中国科学院地球化学研究所矿床地球化学国家重点实验室, 贵阳 550002;

2. 中国科学院大学, 北京 100049;

3. 贵州省地矿局一〇四地质大队, 贵州 都匀 558000)

摘要: 贵州铝土矿资源丰富, 是中国第二大铝土矿资源基地, 其铝土矿资源量约占全国总量的 17%; 主要分布在修文—清镇、凯里—黄平、遵义—瓮安和正安—道真 4 个矿集区。对贵州 4 个铝土矿矿集区成矿特征的研究表明, 铝土矿的含矿层位主要有 3 个(下石炭统、上石炭统和中二叠统), 含矿层位在空间分布上具有由南向北、由西向东逐渐变新的特点; 下伏地层提供了成矿物质和聚矿空间; 矿床类型为古风化壳再沉积型, 含矿岩段均为铝质岩段, 开采矿物为一水硬铝石; 矿石自然类型以土状、碎屑状和致密状为主, 矿石工业类型以低铁低硫型矿石为主; 3 个矿集区铝土矿的化学组分和矿物组分相似, 只是在含量上有所差别; 铝土矿中的伴生有用元素较多, 尤以 Ga 元素为代表, 具有较大的经济价值。

关键词: 铝土矿; 含矿岩系; 成矿特征; 矿集区; Ga 元素; 贵州省

中图分类号: P613.22; P618.45 **文献标识码:** A

0 引言

全球铝土矿资源大致可以分为 19 个铝土矿省, 中国铝土矿省是其中之一^[1]。中国铝土矿保有基础储量居世界第 9 位, 储量居世界第 11 位^[2]。全球铝土矿的成因类型可分为 3 类: 红土型铝土矿、沉积型铝土矿和喀斯特型铝土矿^[3-4]。廖士范(1991)按照中国的实际情况把中国铝土矿的类型分为古风化壳型和红土型铝土矿。其中, 古风化壳型和世界上的喀斯特型有些相似。由于中国铝土矿不少矿床的基底是铝硅酸盐岩而不是碳酸盐岩, 物质来源也不一定是来自下伏的碳酸盐岩, 故而命名为古风化壳铝土矿矿床^[5-11]。

贵州铝土矿资源丰富, 其资源量约占全国总量

的 17%, 居全国第 2 位^[2]。贵州的铝土矿分布较广, 南起贵阳、清镇, 向北经修文、息烽、开阳、遵义至黔北的正安、道真、务川及重庆南川等地, 构成 NNE 向长约 370 km 的黔中—渝南铝土矿成矿带。根据其地质特征, 自南而北大致可分为 4 个铝土矿矿集区(图 1): 修文—清镇矿集区、凯里—黄平矿集区、遵义—瓮安矿集区、正安—道真矿集区。

贵州铝土矿在成矿时间上, 自北向南逐渐变老; 在空间分布上, 4 个矿集区与黔中古陆方向基本一致, 大致呈近 EW 向和 NNE 向带状展布, 且矿床集中区多偏向各带北侧, 即偏碳酸盐岩与黏土岩分布地段一侧。在物质的共生方面, 铁、铝、硫、煤构成一个成矿系列, 钛、镓、铋、钼等与铝土矿紧密相关, 有的达到综合利用指标。矿床主要类型为古风化壳再沉积型^[7]。

收稿日期: 2013-08-29; **责任编辑:** 王传泰

基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项(编号:XDA08090200)和矿床地球化学国家重点实验室项目(编号:SKLOGD-ZY125-08)资助。

作者简介: 李艳桃(1987-), 男, 硕士研究生, 主要从事矿床地球化学研究。通信地址: 贵州省贵阳市南明区观水路 46 号, 中国科学院地球化学研究所矿床地球化学国家重点实验室; 邮政编码: 550002; E-mail: liyantao554555@163.com

通信作者: 肖加飞。通信地址: 贵州省贵阳市南明区观水路 46 号, 中国科学院地球化学研究所矿床地球化学国家重点实验室; 邮政编码: 550002; xiaojiafei5@163.com

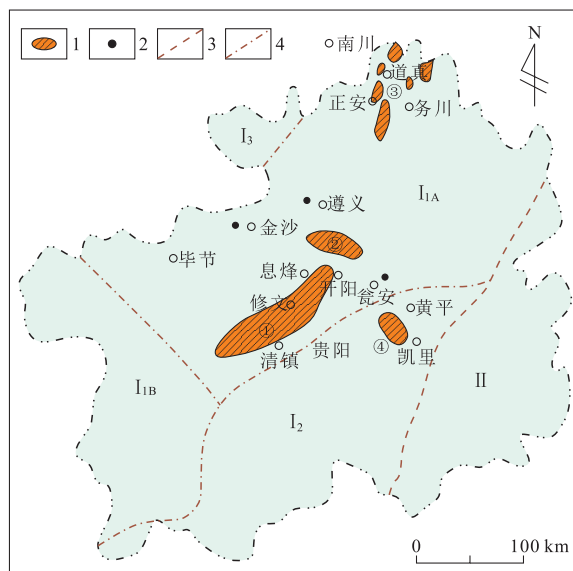


图 1 贵州铝土矿分布状况示意图(据文献[7])

Fig. 1 Distribution sketch of bauxite deposits in Guizhou province

- ①修文—清镇铝土矿集区;②遵义—瓮安铝土矿集区;
③正安—道真铝土矿集区;④凯里—黄平铝土矿集区;
I. 扬子准地台; I_{1A}. 遵义断拱; I_{1B}. 六盘水断陷;
I₂. 黔南台陷; I₃. 四川台坳; II. 华南褶皱带;
1. 铝土矿分布区; 2. 铝土矿点; 3. 一级构造单元界线;
4. 二级构造单元界线

1 铝土矿矿集区地质特征

1.1 修文—清镇矿集区

(1)地层(以修文小山坝为例)。小山坝铝土矿位于矿集区东侧,地层由老至新为:中上寒武统娄山关群、下石炭统九架炉组、摆佐组,中二叠统梁山组、栖霞组及第四系^[8-9]。

(2)含矿岩系特征。铝土矿的含矿岩系为九架炉组的铝铁质岩系,分为上下2段。①上段(铝质岩段):下部为灰白色黏土岩,有时为耐火黏土;中部为铝土矿体,包括灰白—浅灰色土状、碎屑状和致密状矿石;上部为灰白色黏土岩,有时为耐火黏土^[8-11]。②下段(铁质岩段):由紫红、暗红色铁质页岩、铁质黏土岩、暗绿色铁绿泥石岩组成,夹赤铁矿结核或透镜体^[8]。

本区含矿岩系的特征差别不大,部分地区出露不全^[8-12]。岩(矿)石组合类型与含矿岩系厚度有一定的关系:含矿岩系厚度越大,岩(矿)石组合类型越完整;铝土矿体与含矿岩系厚度呈正相关关系,含矿岩系厚,矿体也厚,反之亦然^[8]。

1.2 凯里—黄平矿集区

凯里—黄平矿集区铝土矿集中分布于凯里西北、黄平以南 400 余 km² 的区域内。矿集区内有王家寨矿区、苦李井矿区、鱼洞矿区、折巷口矿区、铁厂沟矿区等^[7,13]。

(1)地层。由老至新有中上寒武统娄山关群,下奥陶统桐梓组和红花园组,中奥陶统大湾组,中下志留统翁项群,中泥盆统独山组,上泥盆统高坡场组,中二叠统梁山组、栖霞组、茅口组,第四系^[13-14]。

(2)含矿岩系特征。铝土矿的含矿地层为梁山组,共分3段:①下段为含铁层,由紫(褐)红色黏土页岩、铝土页岩夹结核状菱铁矿层组成,厚 0~16 m;②中段为含铝土矿层,由铝土岩、铝土页岩夹碎屑岩以及豆鲕状、半土状、土状、致密块状铝土矿组成,厚 0~40 m;③上段含煤(碳质)层,由褐黑色劣煤、碳质页岩和石英砂岩组成,混杂少量铝土矿、岩石碎屑等,土质松散,黏性较差,厚 1.2~13 m^[13-14]。含铁层与含铝土矿层的厚度变化大、互为消长关系。

1.3 遵义—瓮安矿集区

遵义—瓮安铝土矿矿集区位于息烽—开阳—瓮安以北、金沙—南白—敖溪以南的广大地区。区内分布有仙人岩、后槽、川主庙、苟江等铝土矿床^[15]。

(1)地层。由老到新有中上寒武统娄山关群、下奥陶统桐梓组、下石炭统九架炉组、中二叠统梁山组和栖霞组,以及第四系。其间缺失中奥陶统一石炭系^{[5]12-19, [16-18]}。

(2)含矿岩系特征。根据岩矿石组合特征,含矿岩系可分为下部黏土岩段和上部铝质岩段^[16,19]。

下部黏土岩段由紫红色、杂色铁质黏土岩,浅灰—灰绿色黏土岩和灰绿色—紫红色黏土页岩组成。下部常含星点状、条带状和结核状粉晶—粗晶黄铁矿,局部富集成透镜状铁矿体;偶见赤铁矿和菱铁矿条带或结核。厚 0~19.37 m^[16,19]。

上部铝质岩段以紫红、黑灰—灰和灰白色碎屑状、半土状、鲕状、致密状铝土矿为主,时含铝土质黏土岩、黏土岩及铝铁岩、铁质黏土岩等不稳定夹石,中部或顶部偶夹碳质页岩。厚 0.29~29.24 m^[16,19]。

含矿岩系的厚度随下伏古岩溶面的起伏而变化,凸薄凹厚^[16,19]。

1.4 正安—道真矿集区

正安—道真矿集区是指贵州省北部务川、正安、道真3县境内的铝土矿区。铝土矿床(点)的分布受成矿后燕山期 NNE 向向斜构造的控制^[20]。

(1)地层。由老到新有下志留统韩家店群,上石炭统黄龙组、大竹园组,中二叠统梁山组、栖霞组,下三叠统夜郎组、茅草铺组,以及零星分布的第四系^[21-27]。关于本区铝土矿的含矿层位尚存争议,刘平等、吕天权等认为含矿层位为上石炭统大竹园组^[21,28],而金中国、武国辉等则认为含矿层位为中二叠统梁山组^[29-31]。本文采用刘平等人的观点,务正道地区的铝土矿含矿层位为上石炭统大竹园组。

(2)含矿岩系特征。正安一道真矿集区铝土矿的含矿岩系为大竹园组,一般厚 4~8 m,最厚 19 m,大致可分为 2 个岩性段:下段为黏土岩-铁质岩段,一般厚 1~5 m,主要为绿泥石黏土岩、绿泥石岩、铁质黏土岩、伊利石黏土岩等;上段为铝质岩段,一般厚 2~6 m,主要为铝土矿、铝土质黏土岩(简称铝土岩)和黏土岩,时夹碳质黏土岩和煤,有时含黄铁矿^[21,25-27,32]。

2 铝土矿矿集区的对比

贵州具代表性的 4 个铝土矿矿集区的特征见表 1,4 个矿集区的铝土矿特征具有很多相似之处,但又存在不同的地方。

(1)含矿地层的层位。修文—清镇矿集区、遵义—瓮安矿集区的含矿地层为下石炭统九架炉组,而正安一道真矿集区的含矿地层为上石炭统大竹园组,凯里—黄平矿集区则为中二叠统梁山组。以上

表明,贵州铝土矿含矿层位的空间分布特点总体上具有由南向北,由西向东逐渐变新的特点。

(2)铝土矿含矿岩系的上覆地层。遵义—瓮安矿集区、正安一道真矿集区的上覆地层为中二叠统梁山组或栖霞组,与含矿岩系为假整合接触关系;修文—清镇矿集区的上覆地层为下石炭统摆佐组,与含矿岩系为整合接触关系;凯里—黄平矿集区的上覆地层为中二叠统栖霞组,与含矿岩系为整合接触关系。各矿集区与含矿岩系上覆地层的接触关系存在着差异^{[5]12-19,[8-10,13-14,16-18,21,22-23,33]}。

(3)铝土矿含矿岩系的下伏地层。①修文—清镇矿集区下伏地层为中寒武统石冷水组、高台组或中上寒武统娄山关群白云岩,凯里—黄平矿集区下伏地层为上泥盆统高场坡组白云岩,遵义—瓮安矿集区的下伏地层为下奥陶统桐梓组白云岩、页岩或中上寒武统娄山关群白云岩,正安一道真矿集区下伏地层为下志留统韩家店群泥、页岩,少部分为上石炭统黄龙组灰岩,各矿集区铝土矿的下伏地层也存在着差异^{[5]12-19,[8-10,13-14,16-18,21,22-23,33]};②4 个矿集区铝土矿含矿岩系的下伏地层与含矿岩系均为假整合接触关系,但含矿岩系和下伏地层之间缺失的地层是有差异的:修文—清镇矿集区缺失奥陶系、志留系、泥盆系,凯里—黄平矿集区缺失石炭系,遵义—瓮安矿集区缺失中奥陶统一石炭系,正安一道真矿集区缺失中上志留统、泥盆系和下石炭统^{[5]12-19,[8-10,13-14,16-18,21,22-23,33]};③除了正安一道真矿集区的下伏地层主要为泥页岩外,其他 3 个矿集区

表 1 贵州铝土矿矿集区对比

Table 1 Comparison of the bauxite-deposit-clustered area in Guizhou province

项目	修文—清镇矿集区	凯里—黄平矿集区	遵义—瓮安矿集区	正安一道真矿集区
含矿地层	下石炭统九架炉组	中二叠统梁山组	下石炭统九架炉组	上石炭统大竹园组
上覆地层	下石炭统摆佐组	中二叠统栖霞组	中二叠统梁山组或栖霞组	中二叠统梁山组或栖霞组
下伏地层	中寒武统石冷水组或高台组或中上寒武统娄山关群	上泥盆统高场坡组	下奥陶统桐梓组或中上寒武统娄山关群	下志留统韩家店群或上石炭统黄龙组
含矿岩段	铝质岩段			
矿床类型	古风化壳再沉积型铝土矿			
主要矿石矿物	一水硬铝石			
矿物组分	以一水硬铝石为主,还有少量一水软铝石,三水铝石和勃姆石等铝矿物,以及高岭石、蒙脱石、伊利石和水云母等组成的黏土矿物,以赤铁矿、针铁矿、磁铁矿和黄铁矿组成的硫化物,金红石、板钛矿和白钛矿等组成的钛矿物,方解石和白云石等组成的碳酸盐矿物,还有电气石、锆石和磷钇矿等			
化学组分	有 Al ₂ O ₃ , Si ₂ O, Fe ₂ O ₃ , S, CaO, MgO, K ₂ O, Na ₂ O, H, CO ₂ , Li ₂ O, TiO ₂ , Ga, Zr, Ba, Sr, Cr, V, Sc, B, Ni, Ce, Ta, Rb, REE 等, 以 Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , Si ₂ O 为主			
矿石自然类型	土状、碎屑状、致密状	土状、半土状、碎屑状、豆鲕状、致密状	半土状、碎屑状、致密状、条带状	半土状、碎屑状、豆鲕—豆砾状,致密状较少
矿石工业类型	低硫低铁型、高铁低硫型、高硫低铁型	低硫低铁型、高铁低硫型	低硫低铁型和高铁低硫型为主,高硫低铁型较少	低硫低铁型,高硫型铝土矿较少

下伏地层均为碳酸盐岩;④铝土矿含矿岩系的下伏地层对铝土矿的形成和聚集有重要的作用,即下伏地层提供了成矿物质来源,正安一道真矿集区的下伏地层形成的准平原化地貌和其他 3 个矿集区形成的古岩溶风化面之上的溶坑、溶洞为铝土矿的聚集提供了场所^{[5]12-19,[8-10,13-14,16-18,21,22-23,33]}。

(4)铝土矿含矿岩系的特点。①凯里—黄平矿集区的含矿岩系由下、中、上三段组成,其他 3 个铝土矿矿集区均由上、下两段组成,但各矿集区下段的成分有所不同,遵义—瓮安矿集区、正安一道真矿集区的下部为黏土岩段,修文—清镇矿集区下部为铁质岩段;各矿集区都有含矿岩系不完整、被风化剥蚀的现象,有些地方只出现含矿岩系的一部分;②含矿岩系的赋矿岩段均为铝质岩段,由铝土矿、黏土岩、铝土质黏土岩等组成,成分相近,仅有微小差异;③含矿体厚度与含矿岩系的厚度呈正相关关系,含矿岩系随下伏地层起伏变化,在坑洼处含矿岩系较厚,在突起处含矿岩系较薄或者没有;含矿岩系厚度越大,一般矿层也越厚大,矿石质量也越好。

(5)矿床成因类型。贵州铝土矿的矿床成因类型为风化壳再沉积型,开采的主要矿石矿物为一水硬铝石。

(6)矿石矿物组成和化学组分。各矿集区的矿石矿物组成和化学组分基本一致,只是在成分含量上有些差异。矿物组成以一水硬铝石为主,还有少量一水软铝石、三水铝石、勃姆石等铝矿物,以及高岭石、蒙脱石、伊利石、水云母等黏土矿物,赤铁矿、针铁矿、磁铁矿和黄铁矿等铁矿物,金红石、板钛矿、白钛矿等钛矿物,方解石、白云石等碳酸盐矿物,还有电气石、锆石和磷钇矿等。矿石化学组分有 Al_2O_3 , Si_2O , Fe_2O_3 , S, CaO, MgO, K_2O , Na_2O , H, CO_2 , Li_2O , TiO_2 , Ga, Zr, Ba, Sr, Cr, V, Sc, B, Ni, Ce, Ta, Rb, REE 等,以 Al_2O_3 , Si_2O 和 Fe_2O_3 为主^[13-14,17,22-24,33-40]。

(7)矿石的自然类型和工业类型。各矿集区的铝土矿矿石自然类型均出现半土状(或土状)、碎屑状及致密状铝土矿矿石,除此之外,凯里—黄平矿集区还有豆鲕状矿石,遵义—瓮安矿集区还有条带状矿石,正安一道真矿集区还有豆鲕—豆砾状矿石^[8,10,13-14,18,24,26,36-39,41]。土状矿石的 Al/Si 值高,碎屑状矿石次之,再其次是致密状矿石。各矿集区的铝土矿矿石工业类型均以低硫低铁型铝土矿为主,修文—清镇矿集区还出现高铁低硫型和高铁低铁型铝土矿,凯里—黄平矿集区还出现高铁低硫型铝土

矿,遵义—瓮安矿集区还出现大量高铁低硫型铝土矿(高硫低铁型很少出现,偶尔见到高铁高硫型铝土矿),正安一道真矿集区还出现少量高硫低铁型铝土矿^[8,10,13-14,18,24,26,36-39,41]。

3 铝土矿中的伴生元素

贵州铝土矿矿床富含 Ga, Sc, Ge, V, Nb, Ta, Li, Zr 和稀土等伴生有用元素,且矿石冶炼后的残渣(赤泥)中这些组分更加富集,具有巨大的潜在经济价值^[28,32,42]。

工业上 90% 的 Ga 是在炼铝过程中回收的,铝土矿矿石中 $w(\text{Ga}) \geq 20 \times 10^{-6}$ 即可回收利用。贵州铝土矿中 Ga 的质量分数均大于这个工业指标,可以作为伴生矿回收利用。Ga 与 Al_2O_3 具有很好的正相关关系,与 Ti, Zr, Cr, Nb 等也呈正相关性,与 SiO_2 呈负相关^[32,40,43]。

除了 Ga 元素可以作为铝土矿的伴生矿回收以外,还有 Sc, Ge, V, Nb, Ta, Li 元素具有重要的潜在利用价值^[32,40,43]。

4 结论

通过对贵州主要铝土矿矿集区的特征研究及对比,贵州铝土矿具有如下成矿特点:

(1)含矿层位主要为 3 个,分别是下石炭统、上石炭统和中二叠统;含矿层位在空间分布上具有由南向北和由西往东逐渐变新的特点;含矿层的上覆地层主要为中二叠统梁山组或栖霞组,下石炭统摆佐组;含矿层的下伏地层为中寒武统石冷水组或高台组或中上寒武统娄山关群,下奥陶统桐梓组和下志留统韩家店群;下伏地层为铝土矿的形成提供了矿质来源和聚集场所,即正安一道真矿集区基底的准平原化地貌和其他 3 个矿集区的古岩溶风化面基底为铝土矿的聚集提供了重要场所。

(2)矿床成因类型为古风化壳再沉积型,含矿岩段均为铝质岩段,铝质岩段与含矿岩系厚度呈正相关关系,随基底起伏变化,在坑洼处含矿岩系较厚,出现“凹厚凸薄”的成矿现象;铝质岩段的矿石成分和化学成分类型基本相同,只是在含量上有所差别,主要矿物为一水硬铝石。

(3)矿石矿物组分以一水硬铝石为主,还有少量

一水软铝石、三水铝石、勃姆石等铝矿物。化学组分有 Al_2O_3 , Si_2O , Fe_2O_3 , S, CaO, MgO, K_2O , Na_2O , H, CO_2 , Li_2O , TiO_2 , Ga, Zr, Ba, Sr, Cr, V, Sc, B, Ni, Ce, Ta, Rb, REE 等, 以 Al_2O_3 , Si_2O , Fe_2O_3 为主。

(4) 矿石自然类型有土状、半土状、碎屑状、致密状、条带状、豆鲕状和豆鲕-豆砾状矿石, 且以土状、碎屑状和致密状为主要类型; 工业类型有高铁低硫型、高铁低硫型、高硫低铁型和高铁高硫型, 其中以高铁低硫型铝土矿为主。

(5) 贵州铝土矿中的伴生有用元素较多, 尤以 Ga 元素为代表, 具有经济利用价值。

参考文献:

- [1] Bogatyrev B A, Zhukov V V. Bauxite Provinces of the World [J]. *Geology of Ore Deposits*, 2009, 51(5): 339-355.
- [2] 鄢艳. 我国铝土矿资源现状[J]. *有色矿冶*, 2009, 25(5): 58-60.
- [3] Bogatyrev B A, Zhukov V V, Tsekhovsky Y G. Formation Conditions and Regularities of the Distribution of the Large and Superlarge Bauxite Deposits [J]. *Lithology and Mineral Resources*, 2009, 44(2): 135-151.
- [4] Vadase E. Bauxitotdtant (bauxite geology) [M]. Akademiai Kiado, Budapest, 1951: 127.
- [5] 廖士范, 梁同荣. 中国铝土矿地质学 [M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 1991: 8-11, 12-19.
- [6] 张军伟. 中国铝土矿资源形势及对策 [J]. *价值工程*, 2012(21): 4-5.
- [7] 董家龙. 贵州铝土矿基本地质特征及勘查开发的思考——以凯里—黄平为例 [J]. *矿产与地质*, 2004, 18(6): 555-558.
- [8] 周福明. 贵州省修文小山坝铝土矿区地质特征及找矿方法探讨 [J]. *西部探矿工程*, 2012(1): 178-180.
- [9] 范二川. 贵州大岩铝土矿床地质特征 [J]. *矿产勘查*, 2011, 2(2): 135-141.
- [10] 冯学岚. 贵州猫场铝土矿地质特征及成矿模式 [J]. *贵州地质*, 1997, 14(4): 285-298.
- [11] 杨晓飞, 罗应坤, 苏翠兰, 等. 贵州省清镇市黑图田铝土矿成因分析 [J]. *有色金属*, 2011, 63(1): 13-16.
- [12] 刘平. 五论贵州之铝土矿——黔中—川南成矿带铝土矿含矿岩系 [J]. *贵州地质*, 1995, 12(3): 185-202.
- [13] 蔡贤德, 李波. 贵州省凯里地区铝土矿床地球化学特征及矿床成因探讨 [D]. 昆明: 昆明理工大学, 2011.
- [14] 李传班, 刘幼平, 武国辉, 等. 贵州省凯里地区铝土矿矿床控矿因素研究 [J]. *地质与勘探*, 2012, 4(1): 31-37.
- [15] 李克庆, 朱成林. 遵义铝土矿的分布及对基底的依存关系 [J]. *贵州地质*, 2007, 2(4): 383-387.
- [16] 银代刚. 试论黔北铝土矿遵义成矿带地质特征与控矿因素 [J]. *矿产勘查*, 2011, 2(4): 260-263.
- [17] 刘平. 再论贵州之铝土矿——从化学组分特征探讨后槽铝土矿物质来源 [J]. *贵州地质*, 1991, 8(4): 313-320.
- [18] 韦胜永, 朱永红. 遵义川主庙漏斗状铝土矿地质特征及形成机理 [J]. *贵州地质*, 2009, 26(3): 193-198.
- [19] 刘平. 初论贵州之铝土矿 [J]. *贵州地质*, 1987, 10(1): 1-10.
- [20] 吕天权, 李沛刚. 黔北务正道铝土矿找矿标志及找矿模式 [J]. *贵州地质*, 2009, 26(4): 260-264.
- [21] 刘平. 论黔北—川南石炭系大竹园组 [J]. *中国区域地质*, 1996(2): 123-130.
- [22] Jing Gu, Zhilong Huang, Hongpeng Fan, et al. Provenance of lateritic bauxite deposits in the Wuchaun-Zheng'an-Danzhen area, Northern Guizhou Province, China: LA-ICP-MS and SIMS U-Pb dating of detrital zircons [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2013: 65-282.
- [23] Jing Gu, Zhilong Huang, Hongpeng Fan, et al. Mineralogy, geochemistry, and genesis of lateritic bauxite deposits in the Wuchuan-Zheng'an-Daozhen area, Northern Guizhou Province, China [J]. *Journal of Geochemical Exploration*, 2013, 130: 44-59.
- [24] 崔滔, 焦养泉. 黔北务正道地区铝土矿沉积特征及分布规律 [J]. *地质科技情报*, 2013, 32(1): 52-55.
- [25] 刘平. 三论贵州之铝土矿——贵州北部铝土矿成矿时代、物质来源及成矿模式 [J]. *贵州地质*, 1993, 10(2): 105-113.
- [26] 雷志远, 廖友常. 黔北大竹园铝土矿床地质特征及成因浅析 [J]. *西部探矿工程*, 2007(9): 94-97.
- [27] 韩忠华. 贵州道真县大唐铝土矿沉积相特 [J]. *矿产与地质*, 2008, 22(5): 428-432.
- [28] 刘平. 黔北务-正-道地区铝土矿地质概要 [J]. *地质与勘探*, 2007, 43(5): 29-33.
- [29] 金中国, 武国辉. 贵州务川瓦厂坪铝土矿地质特征 [J]. *矿产与地质*, 2009, 23(2): 137-141.
- [30] 金中国, 武国辉. 贵州瓦厂坪铝土矿地球化学特征 [J]. *矿物学报*, 2009, 29(4): 458-462.
- [31] 武国辉, 刘幼平, 张应文, 等. 黔北务-正-道地区铝土矿地质特征及资源潜力分析 [J]. *地质与勘探*, 2006, 42(2): 39-44.
- [32] 刘平. 贵州铝土矿伴生元素镓的分布特征及综合利用前景——九论贵州之铝土矿 [J]. *贵州地质*, 2007, 24(2): 90-96.
- [33] Zhang Zhengwei, Zhou lingjie, Li Yujiao, et al. The "coal-bauxite-iron" structure in the ore-bearing rock series as a prospecting indicator for southeastern Guizhou bauxite mines [J]. *Ore Geology Reviews*, 2013, 53: 145-158.
- [34] 叶霖, 潘自平. 贵州修文小山坝铝土矿中镓的伴生元素分布规律研究 [J]. *矿物学报*, 2008, 28(2): 105-111.
- [35] 李琼琼, 张杰. 修文县铝质岩的物质组成特征及应用探讨 [J]. *中国非金属矿工业导刊*, 2012(1): 46-50.
- [36] 程鹏林, 李守能, 陈群, 等. 从清镇猫场矿区高铁铝土矿的产出特征再探讨黔中铝土矿矿床成因 [J]. *贵州地质*, 2004, 21(4): 215-221.
- [37] 刘平. 四论贵州之铝土矿——黔中—川南成矿带铝土矿的稀散、稀土组分特征 [J]. *贵州地质*, 1994, 11(3): 179-186.
- [38] 殷科华. 遵义后槽铝土矿的矿物学特征 [J]. *地质与勘探*,

2009, 45(3): 273–278.

学报, 2009, 27(3): 452–457.

[39] 殷科华, 李克庆. 遵义仙人岩铝土矿床地质地球化学特征[J]. 贵州地质, 2011, 28(1): 24–29.

[42] 陈代演, 王华. 贵州若干铝土矿床的稀土元素地球化学研究[J]. 贵州地质, 1997, 14(2): 132–144.

[40] 赵远由, 刘星. 贵州省务川县瓦厂坪铝土矿矿床地质特征[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2007.

[43] 杨中华, 孙思磊. 山西铝土矿分散金属元素镓富集特征[J]. 资源与产业, 2011, 13(6): 106–109.

[41] 殷科华. 黔北务正道铝土矿的成矿作用及成矿模式[J]. 沉积

The comparison study on metallogenic characteristics of the main bauxite-deposit-clustered areas in Guizhou province

LI Yan-tao^{1,2}, XIAO Jia-fei¹, FU Shao-hong¹, ZHAO Zhijun³

(1. *The State Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry of Chinese Academy of Science, Guiyang 550002, China;*

2. University of Chinese academy of Sciences, Beijing 100039, China;

3. No. 104 Geologic Party of Bureau Department of Geology and Exploration and development of Guizhou Province, Duyun, 558000, Guizhou, China)

Abstract: Bauxite resources is rich in Guizhou province which is the second largest bauxite base in China and whose bauxite resources is 17% of total Chinese bauxite resources. The bauxite is mainly distributed in the Xinwen-Qingzhen, the Kaili-Huangping, Zunyi-Wongan, Zhengan-Daozhen, the four bauxite-deposit-clustered areas. The Lower Carboniferous Series, Upper Carboniferous Series and Middle Permian Series are the main bauxite ore horizons. Spatially, the horizons became younger from south to north and from east to west. The underlying strata provided ore materials and accumulation space for the bauxite deposits which are the ancient weathering crust re-deposited bauxite deposits. The ore-bearing rock members are all aluminous rock members. Diaspore is the main ore mineral. There are three natural kinds of ore, i. e. the earthy, detrital and massive ore and the ore low in Fe and S is the main industrial ore. The four bauxite-deposit-clustered areas are similar in chemical composition and mineral composition and only the ore grades are different. The bauxite is accompanied by more useful elements, especially Ga, which is of more economic value.

Key Words: bauxite; ore-bearing rock series; metallogenic characteristics; the bauxite-deposit-clustered area; Ga; Guizhou province