

doi:10.6053/j.issn.1001-1412.2022.02.001

贵州省凯里市大田铝土矿矿床地质特征及成矿规律分析

杨智勇¹, 杨志忠², 周文龙²

(1. 贵州省有色金属和核工业地质勘查局六总队, 贵州 凯里 556000;
2. 贵州省有色金属和核工业地质勘查局地质矿产勘查院, 贵阳 550005)

摘要: 凯里市大田铝土矿是贵州省重要铝土矿成矿带凯里—黄平矿集区(带)内的重要矿床。通过工作发现:①二叠系梁山组是其含矿层位,矿体呈似层状、透镜状/漏斗状产出,总体走向 NE,平均厚 2.59 m, $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 平均值为 64.25%,铝硅比平均为 5.25,铝土矿(332+333)矿石资源量 978.38×10^4 t;②矿石矿物以一水硬铝石为主,矿石结构一般为自形、半自形或它形粒状结构,构造主要为块状构造、孔隙状构造、层纹状构造,矿石类型以低硫低铁铝土矿为主;③矿床受断裂构造影响较大,在该区西北部的泥质岩相带中铝土矿成矿较好,矿体厚度与含矿岩系厚度成正比,矿石的 $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 值与 $w(\text{SiO}_2)$ 值成反比;④高坡场组古岩溶洼地、槽沟是该区铝土矿找矿的有利部位。

关键词: 大田铝土矿;矿床地质特征;成矿规律;凯里地区;贵州省

中图分类号: P618.45;P613 **文献标识码:** A

0 引言

贵州省铝土矿资源丰富、矿石质量好、分布范围广、矿床规模大^[1],资源量位居全国第二位^[2]。贵州省铝土矿大致可分为 4 个矿集区:修文—清镇矿集区(带)、凯里—黄平矿集区(带)、遵义—瓮安矿集区(带)、正安—道真矿集区(带)^[3]。凯里—黄平地区铝土矿是产于碳酸盐岩侵蚀面上的一水硬铝石型沉积矿床^[4],近年来有许多学者^[1-7]对其带内铝土矿的矿床地质特征、成矿控制因素、含矿岩性沉积相、伴生金属元素等方面开展了研究。

凯里市大田铝土矿位于凯里—黄平矿集区(带)内,是在“凯里—黄平铝土矿整装勘查”基础上开展详查工作取得的成果,共圈定 23 个矿体,铝土矿(332+333)矿石资源量 978.38×10^4 t,占区(带)内

累计勘查提交资源储量(7005×10^4 t^[2])的 13.97%,总资源储量相对较大。因此,总结大田铝土矿床的地质特征及其成矿规律,对其邻区的铝土矿相关勘查工作具有参考意义。

1 矿区地质背景

凯里市大田铝土矿区地处扬子准地台之黔北台隆遵义断块贵阳复杂构造变形区与黔南台陷的交接地带,苦李井单斜东西两侧断层的夹持部位。区内出露地层有奥陶系桐梓组(O_1t)、红花园组(O_1h)和大湾组(O_1d),志留系翁项组(S_{wx}),泥盆系高坡场组(D_{gp}),二叠系梁山组(P_2l)、栖霞组(P_2q)及第四系(Q)。地层走向 NE,倾向 SE,倾角一般 $3^\circ \sim 15^\circ$ 。区内断裂构造较发育(图 1),主要以 NE 向、NNE 向、SN 向为主,断裂构造控制并影响区内含矿岩系

收稿日期: 2021-11-10; 责任编辑: 王传泰

作者简介: 杨智勇(1981—),男,地质工程师,大学本科毕业,主要从事地质矿产勘查及大地质调查等方面工作。E-mail:309724525@qq.com

通信作者: 杨志忠(1982—),男,地质高级工程师,大学本科毕业,工学学位,主要从事地质矿产勘查及土壤地球化学调查与研究工作。E-mail:809439420@qq.com

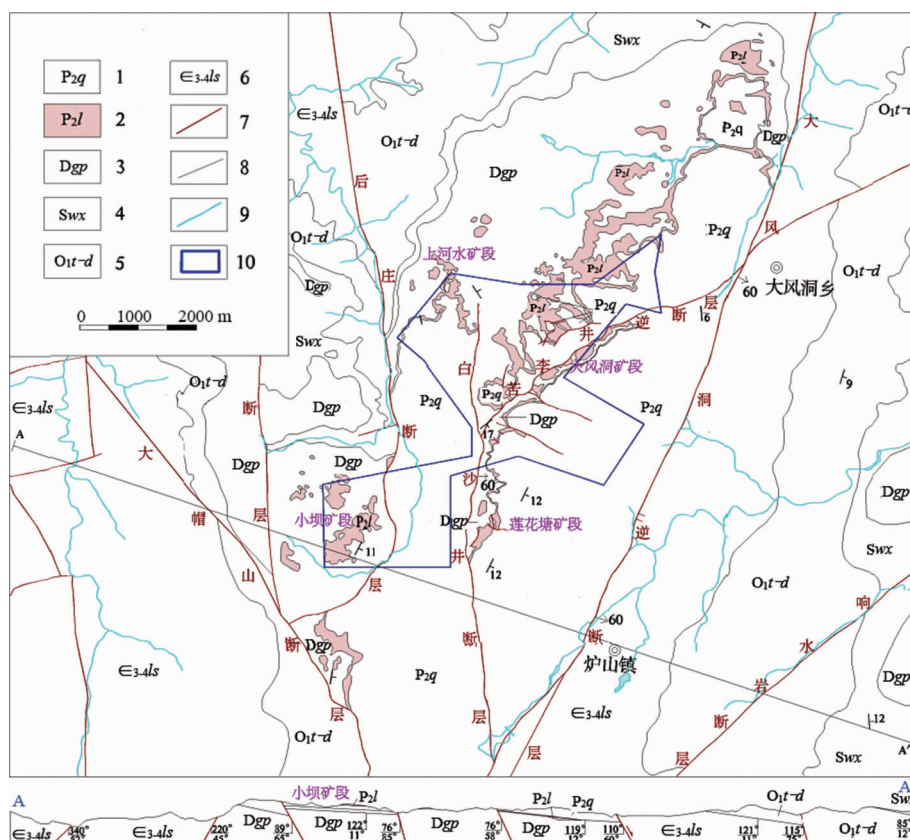


图1 凯里市大田铝土矿矿区地质简图

Fig. 1 Geological sketch of Datian bauxite deposit

1. 二叠系中统栖霞组; 2. 二叠系中统梁山组; 3. 泥盆系高坡场组; 4. 志留系翁项组;
5. 奥陶系下统桐梓组+大湾组; 6. 寒武系娄山关组; 7. 断层; 8. 地质界限; 9. 水系; 10. 矿区范围

的空间展布及矿体分布的稳定性。

研究区经历了多次地壳运动的复杂演变,属海湾边缘海陆交互相环境^[3]。在寒武纪—泥盆纪期间,主要以沉降运动为主;早石炭世的构造运动开始上升为陆地,接受不同程度的风化剥蚀作用;至海西运动晚期的梁山期,该区下降接受海侵沉积;晚三叠世开始,该区又缓慢再次抬升为陆地接受风化剥蚀至今^[5]。

2 矿床特征

2.1 含矿岩系特征

大田铝土矿矿区含矿岩系为二叠系中统梁山组(P_2l),是一套由含结核状、粒状、线状黄铁矿的褐黑色、灰黑色碳质页岩,含铁铝土页岩,含菱铁矿页岩,铝土矿,铝质岩,铝质泥岩(页岩)石英砂岩组成的岩系地层,其厚度及岩性变化较大,厚度严格受其下古溶蚀地貌控制;与上覆地层二叠系栖霞组灰岩整合

接触,与下伏地层高坡场组呈假整合接触。梁山组可分为一段(P_2l^1)和二段(P_2l^2),总厚度 0~44.15 m。

梁山组一段(P_2l^1)分为含铝岩系和含铁岩系,但两者没有明显界线, P_2l^1 岩性由下到上为菱铁矿层→含铁铝土质黏土岩→铝土质黏土岩→致密状铝土岩→铝土矿→铝质黏土岩→石英砂岩。含铝岩系岩性从下到上为杂色、灰色铝土质黏土岩→灰白色铝土岩→铝土矿→灰白色铝质黏土岩夹铝土岩,顶板为含煤岩系的碳质页岩,底板为含铁岩系的杂色、紫红色铝土页岩或菱铁矿层,厚度 0~25 m,变化较大。铝土矿赋存于含铝岩系中,矿层上部常有铝土页岩和黏土岩层,下部亦有铝土页岩和铝土岩分布,但下部的铝土页岩和铝土岩铁质含量逐渐增高,局部含较多的结核状菱铁矿,构成含铁岩系。

2.2 矿体特征

大田铝土矿矿区到目前为止,圈定有 23 个矿体(图 2)。各矿体规模相差悬殊,走向长 80~1400 m,倾向宽 40~1120 m,主要集中分布于矿区北部;以

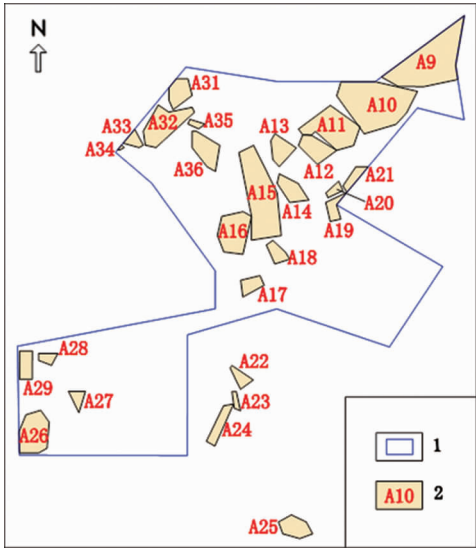


图 2 大田铝土矿矿区矿体相对位置
Fig. 2 Relative positions of ore bodies of
Datian bauxite deposit
1. 矿区范围; 2. 矿体区块范围及编号

分布相对集中,划分为大风洞矿段、上河水矿段、小坝矿段、莲花矿段等。

矿体呈似层状、透镜状/漏斗状产出,在平面上呈长条状、不规则状、港湾状,总体走向 NE,倾向 SE,倾角 $6^{\circ} \sim 11^{\circ}$ 。矿体厚 $1.50 \sim 4.75\text{ m}$,平均厚 2.59 m ,厚度变化系数 $38.67\% \sim 109.04\%$,平均厚度变化系数 65.93% 。 $w(\text{Al}_2\text{O}_3) = 41.39\% \sim 79.82\%$,平均 64.25% ,其变化系数 11.75% ,比贵州道真新民的 62.17% ^[8]、贵州务川瓦厂坪 62.28% ^[9]、贵州道真浣溪的 56.20% ^[10]稍高,但比黔中的铝土矿稍低^[11-13]; $w(\text{SiO}_2) = 1.12\% \sim 29.08\%$,平均 13.03% ,与黔北铝土矿硅含量相当^[8-10],但高于黔中铝土矿(表 1);A/S 值为 $1.80 \sim 69.31$,平均 5.25 ; $w(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0.30\% \sim 63.03\%$,平均 6.86% ;TS 值为 $0.004\% \sim 0.301\%$,平均 0.08% ;

烧失量 $3.60\% \sim 25.48\%$,平均 14.20% ,与贵州省其它地区相似^[8-15]。矿层/体顶板主要为碳质页岩,局部顶板见砂岩,少部分地段中见中至厚层状铝土岩;底板以铝土页岩为主,其次为含菱铁矿结核的铝土页岩,部分地段为铝土岩。矿体中偶见夹石,一般为 $0.30 \sim 0.50\text{ m}$,但不连续。

2.3 矿石矿物特征

大田铝土矿矿石矿物主要为一水硬铝石,占 $65\% \sim 95\%$,颜色以灰白、浅灰及浅红褐色为主,少许为黄褐或浅棕色。其次是褐铁矿、赤铁矿、高岭石、锐钛铁矿、电气石等。

矿石结构一般以自形、半自形或它形粒状结构为主,隐晶结构、胶状结构、豆鲕状结构、碎屑状结构为辅,常呈板状、柱状、束状或片状集合体,矿物粒度原生者为 $0.002 \sim 0.02\text{ mm}$,次生重结晶者可达 $0.01 \sim 0.1\text{ mm}$ 。矿石构造主要有:①块状和孔隙状构造,常见于豆鲕状、土状铝土矿石中;②层纹状构造,主要见于致密状铝土矿石中;③角砾状、斑状构造,仅见于深灰色、棕红色、褐红色等高铁铝土矿中。

铝土矿类型有:豆鲕状铝土矿、碎屑状铝土矿、致密状铝土矿、土状铝土矿、角砾状铝土矿、气孔状铝土矿等。

2.4 矿石化学组成

大田铝土矿矿石中主要化学成分为 Al_2O_3 、 SiO_2 、 Fe_2O_3 、TS 等。次要成分及微量元素有 CaO、 Na_2O 、 K_2O 、Ba、Li、Sc、P、Ga 等(表 2)。其中,Ga 含量比贵州其它矿区(带)相对较低^[8-15],但也达到伴生有益矿产规范要求,且镓金属在目前铝土矿冶炼过程中回收工艺成熟,其具有一定的潜在经济价值;锂和钽达不到当前伴生有益矿产规范要求。

大田铝土矿主要为低硫铝土矿,其次为中硫铝土矿和高硫铝土矿。按铁含量分为高铁铝土矿和低铁铝土矿 2 种,以低铁铝土矿为主,有少量高铁铝土矿。

表 1 贵州主要铝土矿区(带)含铝硅镓及烧失量与大田铝土矿对比

Table 1 Comparison of Al-Si-Ga content and combustion of Datian bauxite deposit with those of other areas and belts in Guizhou province

矿区(带)	凯里大田	道真浣溪 ^[10]	道真新民 ^[8]	务川瓦厂坪 ^[9]	修文铝土矿 ^[11]	清镇铝土矿 ^[12]	瓮安五台山 ^[13]
Al_2O_3	64.25	56.20	62.17	62.28	65.13	65.64	64.89
SiO_2	13.03	14.18	13.42	10.40	—	8.59	9.79
Ga	26.36	57	91	150 ^[13]	47	20	39
烧失量	14.20	14.00	14.08	14.00	—	13.97	17.70

量单位: $w_B/\%$, $w(\text{Ga})/10^{-6}$ 。

表 2 大田铝土矿矿石次要成分及微量元素含量

Table 2 Chemical analysis of minor and trace elements in bauxite ore of Datian bauxite deposit

化学成分	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	Ba	Li	Ga
平均值	0.42	0.46	0.23	0.06	2.66	0.0177	0.0143	0.0026
最小值	0.18	0.25	0.06	0.03	1.88	0.0022	0.0035	0.0010
最大值	0.69	0.78	0.45	0.12	3.46	0.0550	0.0410	0.0170

量单位: $w_B/\%$ 。

表 3 大田铝土矿矿区矿体质量及厚度变化情况

Table 3 Mass vs thickness variatin of Datian bauxite deposit

矿体编号	A25	A24	A23	A22	A17	A18	A14	A12	A11	A10	A9
$w(\text{Al}_2\text{O}_3)/\%$	58.40	57.53	72.44	50.85	64.83	61.08	65.86	70.13	62.37	59.71	64.78
真厚/m	4.75	2.25	3.05	2.11	1.50	1.73	1.67	2.76	2.47	2.79	1.64

3 成矿规律探讨

大田铝土矿矿区断裂构造发育、含矿岩系上覆地层风化剥蚀重,影响和控制着矿区含矿岩系的空间展布及矿体的稳定分布(图 1)。从该区矿体分布来看(图 2),数量多、分布广,矿体以中小型为主,相对较为集中,但由于受到断裂构造、下伏地层古岩溶地貌、上覆地层强烈风化剥蚀等的控制,没有连成大矿体。通过选择近于垂线(南北向)、矿体数量最多的位置对相应矿体的 $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 、矿体厚度进行统计(表 3),发现从南到北矿体厚度有一定的变化,但规律性不强,可总体上还是呈现出变薄的趋势;而 Al_2O_3 含量变化正好相反。上述反映出,区内铝土矿在该区中北部区域成矿质量条件相对较好,可能是北西部由于古环境红土化作用相对较强,脱硅排铁作用较大造成的;而南部古地貌可能相对较低,沉积的物质总体相对较厚,与古环境中海水由南向北侵入、矿区所处的陆地边缘海湾潟湖关系密切^[2]。

图 3 为通过对完全穿过含矿岩系的 33 个钻孔统计其含矿岩系和矿体厚度形成的相关图。矿体厚度与含矿岩系成正相关关系,即含矿岩系越厚矿体相对会越厚,当含矿岩系厚度较薄时往往无铝土矿体产出,其与前人研究相似^[2]。图 4 为通过对钻孔中 46 件矿石样品 $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 、 $w(\text{SiO}_2)$ 相关统计形成的相关图。从图 4 可知,两者呈现出较大的负相关关系,硅在矿体中的含量密切影响着矿体的质量。在工作中,还发现矿区中铁矿层的厚度与铝土矿层的厚度是相互成消长关系,铁矿层厚度大则铝土矿层薄,铁矿层厚度薄则铝土矿层厚,故此,铁矿层薄含量少的区域也是找寻铝土矿的有利地区。

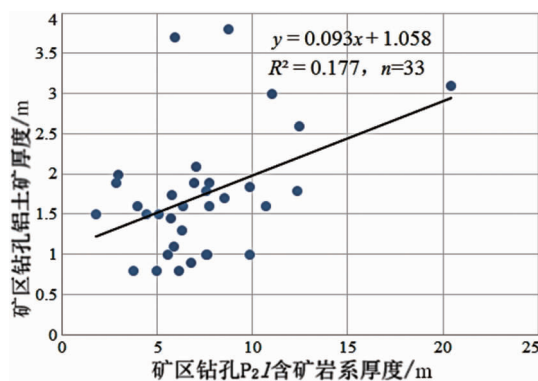


图 3 矿区钻孔中含矿岩系厚度与矿层厚度关系图

Fig. 3 Diagram drawn from drilling showing thickness of the ore-bearing rock sequence vs that of ore bodies variation in Datian bauxite deposit

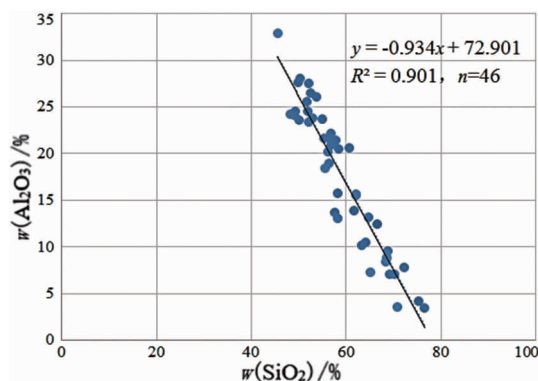
图 4 矿区钻孔中 $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 与 $w(\text{SiO}_2)$ 关系图

Fig. 4 Diagram drawing from drilling showing $w(\text{Al}_2\text{O}_3)/w(\text{SiO}_2)$ variation in Datian bauxite deposit

根据矿体产出特征,有工业价值的铝土矿体主要产于泥质岩相中,在区北西部的大风洞、上河水、小坝、苦李井矿段即主要呈现为泥质岩相,而南东部中则主要为碎屑岩相带,说明沉积相与铝土矿成矿

规律相关,即在大田铝土矿中西北主要为泥质岩相带、而南东则主要为碎屑岩相带。

凯里—黄平矿集区(带)铝土矿是碳酸岩盐侵蚀面上沉积的一水硬铝石矿床^[16-18],为“古风化壳—海陆交互沉积、改造矿床”^[2],其矿床在整个形成过程中构造作用影响最为重要^[5]。奥陶纪末—志留纪初的都匀运动初步形成黔中古陆;志留纪末的加里东运动,使下古生界强烈褶皱,并使该区整体隆升为陆,成为上扬子古陆分布区和沉积区的陆源碎屑物供应源;泥盆纪与石炭纪间的紫云运动、石炭纪与二叠纪间的黔桂运动,加速了区内地层隆起抬升。后相对稳定环境在潮湿炎热的气候条件下,使古陆上的碳酸盐岩,进行了长时间的风化剥蚀和夷平作用,红土化作用使岩石中的Ca、Mg、Si及碱金属被淋滤流失,而Al、Fe、Ti等惰性组份相对的富集起来,随着红土化进程的不断加深,逐渐形成了富铝的钙红土风化壳,为含矿岩系的沉积奠定了丰富的物质基础。到了二叠世梁山期,该区位于湘黔桂古陆边缘的凯里海湾,为海陆交替相滨岸沼泽相;当海水由南向北入侵,矿区所处的陆地边缘海湾泻湖,在海侵和潮汐作用下,原基底上的铁、铝、钙红土等成矿物质,呈细小颗粒的悬浮物;当海水逐渐加深、弱碱性—碱性还原环境时,海水中的CO₂与悬浮状态Fe相结合时凝结为碳酸铁胶体,在低能条件下伴随部分黏土物质进行沉积;在菱铁矿沉积后,地壳发生轻微抬升,海水相对变浅为浅滨海潟湖条件下的氧化环境,继续沉积铝土矿。在海浪的冲击下,将原沉积物质再次打碎,形成碎屑状铝土矿,上部继续沉积豆鲕状铝土矿,搬运到水体的低洼地带而使铝土矿增厚变富^[2]。

二叠系梁山组是研究区铝土矿唯一赋矿层位,其上覆栖霞组灰岩虽抗风化强、多数形成正地貌地形,但后期风化剥蚀严重,一定程度上控制了铝土矿床的展布;含矿岩系及铝土矿往往产于“栖霞层”下,且一般都伴有铁、煤矿种产出。由于铝土矿体产于泥盆系高坡场组的白云岩上,故高坡场组的古岩溶洼地、槽沟是该区铝土矿找矿的有利部位。大田矿区的岩相分区也基本反映出了矿体在古环境中的成矿规律,即在泥质岩相带中铝土矿成矿条件较好。

4 结语

(1)区内铝土矿呈似层状、透镜状/漏斗状产于

二叠系梁山组中,其含矿岩系与上伏地层下二叠系栖霞组灰岩呈整合接触,与下伏泥盆系高坡场组呈假整合接触。矿区共圈定23个矿体,总体走向NE,倾向SE,平均厚2.59 m,品位 $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 值平均为64.25%,铝硅比5.25。

(2)矿石矿物以一水硬铝石为主,颜色以灰白、浅灰及浅红褐色为主。矿石一般为自形、半自形或它形粒状结构,矿石构造主要为块状构造、孔隙状构造、层纹状构造、角砾状构造和斑状构造。矿物化学成分中Ga达到伴生有益矿产要求。铝土矿主要为低硫低铁铝土矿,其次有中硫铝土矿和高硫铝土矿,少量高铁铝土矿。

(3)大田铝土矿区的断裂构造控制含矿岩系的空间展布和矿体的稳定分布,含矿岩系与矿体厚度成正比关系,而 $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 与 $w(\text{SiO}_2)$ 成反比关系。

(4)在大田铝土矿区,岩相分区可视为西北部泥质岩相带、南东部碎屑岩相带;相带的确定在一定程度上反映了铝土矿成矿环境及成矿规律,即泥质岩相带中铝土矿成矿条件较好。

致谢:感谢贵州其亚铝业有限公司给予地质勘查任务,致敬在项目工作中辛勤付出的单位同仁们。

参考文献:

- [1] 刘幼平,程国繁,周文龙,等. 贵州省铝土矿成矿区(带)划分[J]. 地质科技情报,2016,35(1):128-132.
- [2] 刘幼平,程国繁,崔滔,等. 贵州铝土矿成矿规律[M]. 北京:冶金工业出版社,2015:15-18+102.
- [3] 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—黄平铝土矿为例[J]. 矿产与地质,2004,18(6):555-558.
- [4] 孔令,李传班,张津伟,等. 黔东南凯里—黄平地区古喀斯特地貌特征及其对铝土矿成矿的控制[J]. 矿产勘查,2013,4(6):624-629.
- [5] 李传班,刘幼平,武国辉,等. 贵州凯里地区铝土矿床控矿因素研究[J]. 地质与勘探,2012,48(1):31-37.
- [6] 李传班,储潇妹,刘幼平,等. 黔东南地区中二叠统梁山组沉积相特征及其控制作用[J]. 矿产勘查,2013,4(4):435-439.
- [7] 易同生,秦勇,吴艳艳,等. 黔东南凯里梁山组煤层及其底板中镓的富集与地质成因[J]. 中国矿业大学学报,2007,36(3):330-334.
- [8] 杜简,郑明泓,曾道国,等. 贵州道真新民铝土矿成矿机理[J]. 地质与勘探,2020,56(6):1116-1133.
- [9] 武国辉,金中国,鲍森,等. 黔北务正道铝土矿成矿规律探讨[J]. 地质与勘探,2008,44(6):31-35.
- [10] 莫光员,吴启美,顾业平. 黔北地区浣溪铝土矿床地质特征及控矿因素分析[J]. 地质找矿论丛,2020,35(1):1-6.

- [11] 刘平. 贵州铝土矿伴生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.
- [12] 周祖虎, 方永坤, 曹卫刚. 贵州省清真铝土矿床地质特征及矿床成因[J]. 企业技术开发, 2015, 34(13): 76-77.
- [13] 李堂英, 杜茜. 贵州瓮安五台山铝土矿床地质特征[J]. 西部探矿工程, 2020(5): 150-152+155.
- [14] 鲁方康, 黄智龙, 金中国, 等. 黔北务-正-道地区铝土矿镓含量特征与赋存状态初探[J]. 矿物学报, 2009, 29(3): 373-379.
- [15] 赵远由. 贵州省务川县瓦厂坪铝土矿床地质特征[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2007: 39.
- [16] 刘平. 八论贵州之铝土矿—黔中—渝南铝土矿成矿背景及成因探讨[J]. 贵州地质, 2001, 14(4): 238-243.
- [17] 王翠之, 肖荣阁, 贾绣明, 等. 山东淄博铝土矿地质特征及成矿作用[J]. 地质与勘探, 2005, 41(5): 34-37.
- [18] 翟东兴, 刘国民, 陈德杰, 等. 河南省陕—新铝土矿带矿床地质特征及其成矿规律[J]. 地质与勘探, 2002, 38(4): 41-44.

Geological characteristics and metallogenic law of Datian bauxite deposit in Kaili city, Guizhou province

YANG Zhiyong¹, YANG Zhizhong², ZHOU Wenlong²

(1. *The General Team 6 of Guizhou Non-ferrous Metals & Nuclear Industry Geological Exploration Bureau, Kaili 556000, Guizhou, China;*

2 Geological and Mineral Exploration Institute of Guizhou Non-ferrous Metals & Nuclear industry Geological Exploration Bureau, Guiyang 550005, China)

Abstract: Datian bauxite deposit is an important one in the Kaili-Huangping bauxite deposit-clustered belt. The Permian Liangshan formation is the bauxite ore-bearing horizon. The bauxite ore is stratiform or lenticular/funnel in the ore body with general NE strike. The averaged thickness of the ore body is 2.59 m, averaged $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 64.25% and averaged Al/Si ratio 5.25. The resource volume (332+333) is $978.38 \times 10^4 \text{ t}$. The ore minerals are dominated by diasporite. The ore is characterized by euhedral, semi-euhedral and allohedrl granular texture, massive, porous and lamellar structure and low sulfur and iron. The deposit is severely affected by fault. Mineralization is strongerly developed in the argillaceous lithification zone in the northwest of the area and the ore body thickness is proportional to that of the ore-bearing rock sequence and $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ inversely to $w(\text{SiO}_2)$. Paleokarst depression and valley in Gaopochang formation are the optimal targets for future prospecting.

Key Words: Datian bauxite deposit; geological characteristics; metallogenic law; Kaili city; Guizhou province