

文章编号: 1000-4734(2009)03-0373-07

黔北务—正—一道地区铝土矿镓含量特征 与赋存状态初探

鲁方康^{1, 2}, 黄智龙^{3*}, 金中国^{3, 4}, 周家喜^{3, 5}, 栾^{3, 5}, 谷静^{3, 5}

(1. 贵州省有色地质勘查局三总队, 贵州 遵义 563000 2. 昆明理工大学 国土资源学院, 云南 昆明 650093
3. 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, 贵州 贵阳 550002
4. 贵州省有色地质勘查局 地质勘查院, 贵州 贵阳 550005 5. 中国科学院 研究生院, 北京 100049)

摘要:黔北务(务川)—正(正安)—一道(道真)地区铝土矿是贵州铝土矿重要组成部分, 对该区瓦厂坪、通塘底和高梁窝 3 个代表性铝土矿床的镓(Ga)及其一些主要和微量元素进行了分析, 结合电子探针研究, 初步探讨了 Ga 在本区铝土矿中的赋存状态。结果表明: 本区铝土矿及含矿岩系中的铝土质页岩中的 Ga 含量高, 分别为 $56.1 \times 10^6 \sim 131 \times 10^6$ (平均 91.0×10^6) 和 $25.1 \times 10^6 \sim 47.6 \times 10^6$ (平均 36.8×10^6), 均达到铝土矿中 Ga 的综合利用指标 (20×10^6), 具有很高的综合利用价值; 铝土矿中的 Ga 除可能以 A 类质同象形式相对富集于 A 矿物(主要为一水铝石)外, 还有可能在金红石和锆石等重矿物中富集。

关键词: 铝土矿床; Ga 含量; Ga 赋存状态; 黔北务—正—一道地区

中图分类号: P579 R618.45; TD83 **文献标识码:** A

作者简介: 鲁方康, 男, 1966 年生, 主要从事矿床地质和找矿预测工作。

镓(Gallium, 元素符号 Ga)是一种经济价值很高、性能优良的电子材料, 在光电通讯、冶金化工、计算机和航空航天技术等领域被广泛应用, 被誉为“电子工业的食粮”。这种元素是涂光焯^[1]定义的分散元素之一, 全球至今还没有发现该元素的独立矿床, 其独立矿物也只在非洲南部的 Tsumeb Cu-Pb-Zn 多金属矿床中发现 2 种, 即硫镓铜矿(CuGaS_2)和羟镓石 [$\text{Ga}(\text{OH})_3$]^[1], 目前世界上金属镓约 90% 来源于铝土矿伴生镓的回收利用^[2]。由于 Ga 与 Al 的地球化学性质相似^[3], 前人多认为铝土矿中的 Ga 主要与 Al 类质同象形式存在^[4], 许多地区铝土矿中 Al_2O_3 与 Ga 含量之间呈正相关便是例证^[5-7], 汤艳杰等^[2]对豫西铝土矿中 Ga 的赋存状态研究也表明, Ga 在铝土矿中主要以类质同象置换的形式存在于铝矿物晶格。黔北务(务川)—正(正安)—一道(道真)地区铝土

矿是贵州铝土矿重要组成部分, 刘平^[8]报道该区正安铝土矿带和道真铝土矿带 Ga 平均含量分别为 127×10^6 (5 件样品) 和 114×10^6 (30 件样品), 均大大超过铝土矿中 Ga 的综合利用指标 (20×10^6)^[9], 有着广泛的开发利用前景。目前, 有关 Ga 在该区铝土矿中的赋存状态研究工作尚未开展, 无形中制约了矿床开发过程中 Ga 的回收利用。本文对黔北务—正—一道地区代表性铝土矿的 Ga 及其他一些主要和微量元素进行了分析, 结合电子探针研究, 初步探讨了 Ga 在本区铝土矿中的赋存状态。

1 样品及分析方法

务—正—一道地区铝土矿位于黔中—渝南铝土矿成矿带北部, 可大体分为正安和道真两个铝土矿带^[8, 10], 前人已介绍过该区铝土矿成矿条件、矿床地质特征和成矿规律^[8, 10-13]。本区赋矿地层均为中二叠统梁山组 (P_2), 厚 2~15 m 不等, 不同地区含矿岩系相似, 自上而下岩性变化如下(以瓦厂坪矿床为例):

收稿日期: 2009-02-10

基金项目: 中国科学院重要方向项目(KZCX2-YW-Q04-05) 国家“973”计划项目(2007CB411402)

* 通讯作者, E-mail: huangzhilong@vip.syg.ac.cn

栖霞组 (P_2^q)

———整合接触———

梁山组 (P_2^l)

⑨ 炭质页岩	0~0.3 m
⑧ 灰、黄灰粘土质页岩	0~2.0 m
⑦ 灰、深灰、绿灰色豆状、碎屑状铝土矿或铝土岩	0.2~1.5 m
⑥ 褐黄、灰黄色铝土质泥岩	0.2~1.9 m
⑤ 浅灰、灰白色土状、半土状、碎屑状铝矿	0.4~6.2 m
④ 黄灰色铝土质泥岩	0.5~1.0 m
③ 炭质页岩	0~0.3 m
② 绿灰色含铝土质页岩	0.2~0.5 m
① 灰绿色绿泥质页岩或铁绿泥岩	0.5~1.0 m

———假整合———

黄龙组 (C_2^h) (局部地段出露, 厚度小于 5m)

———假整合———

韩家店组 (S_2^h)

本次工作对务一正一道地区瓦厂坪(务川)、通塘底(道真)和高梁窝(正安)3个铝土矿床进行了Ga及其他一些主要和微量元素的分析和电子探针研究。除通塘底铝土矿床部分样品采自地表探槽外,其余样品均采自钻孔岩芯。3个铝土矿床矿石的矿物组成相似,铝矿物65%~90%,绝大部分为一水铝石、偶见三水铝石和胶铝石;粘土矿物5%~25%,主要高岭石和蒙脱石,少量伊利石;其他矿物小于10%,常见的有石英、长石、方解石、绿泥石、磁铁矿、黄铁矿、金红石和锆石等。

样品分析由中国科学院地球化学研究矿床地球化学国家重点实验室完成,主要元素由X荧光光谱(XRF)分析,分析流程:先将3g左右200目样品在150℃下烘三个小时,去除吸附水;再称取0.7g烘后样品和7g复合溶剂($Li_2B_4O_7$ 、 Li_2BQ 、 LiF)混合搅拌均匀;然后将样品倒入坩埚内并加入1mL的HI和HCl在1250℃高温下烧制成玻璃熔片;最后将烧制好的玻璃熔片放入仪器进行测试。Ga及其一些微量元素由等离子质谱(ICP-MS)测定,分析流程同Q等^[14],分析精度优于10%。电子探针:将样品磨成抛光面为10mm×10mm的立方体光片,喷碳后在日本津岛公司生产的EMPA-1600型电子探针仪上进行观察分析,仪器工作的加速电压为25kV电流为20nA。

电子束束斑直径小于1 μ m

2 结果及讨论

2.1 Ga含量特征

表1为务一正一道地区瓦厂坪、通塘底和高梁窝3个铝土矿床Ga及部分主要元素和微量元素分析结果。在3个铝土矿床含矿岩系中,铝土矿矿层与非矿层之间均为逐渐过渡关系,其界线只能根据 Al_2O_3 含量确定,以铝土矿边界品位 Al_2O_3 含量40%为标准,将 $Al_2O_3 < 40%$ 的样品统称为铝土质页岩, $Al_2O_3 \geq 40%$ 的样品统称为铝土矿;根据矿石结构构造,3个矿床矿石类型均可分为土状、鲕状、碎屑状和致密块状铝土矿。从表1中可见,本区铝土矿Ga含量具有以下特征:

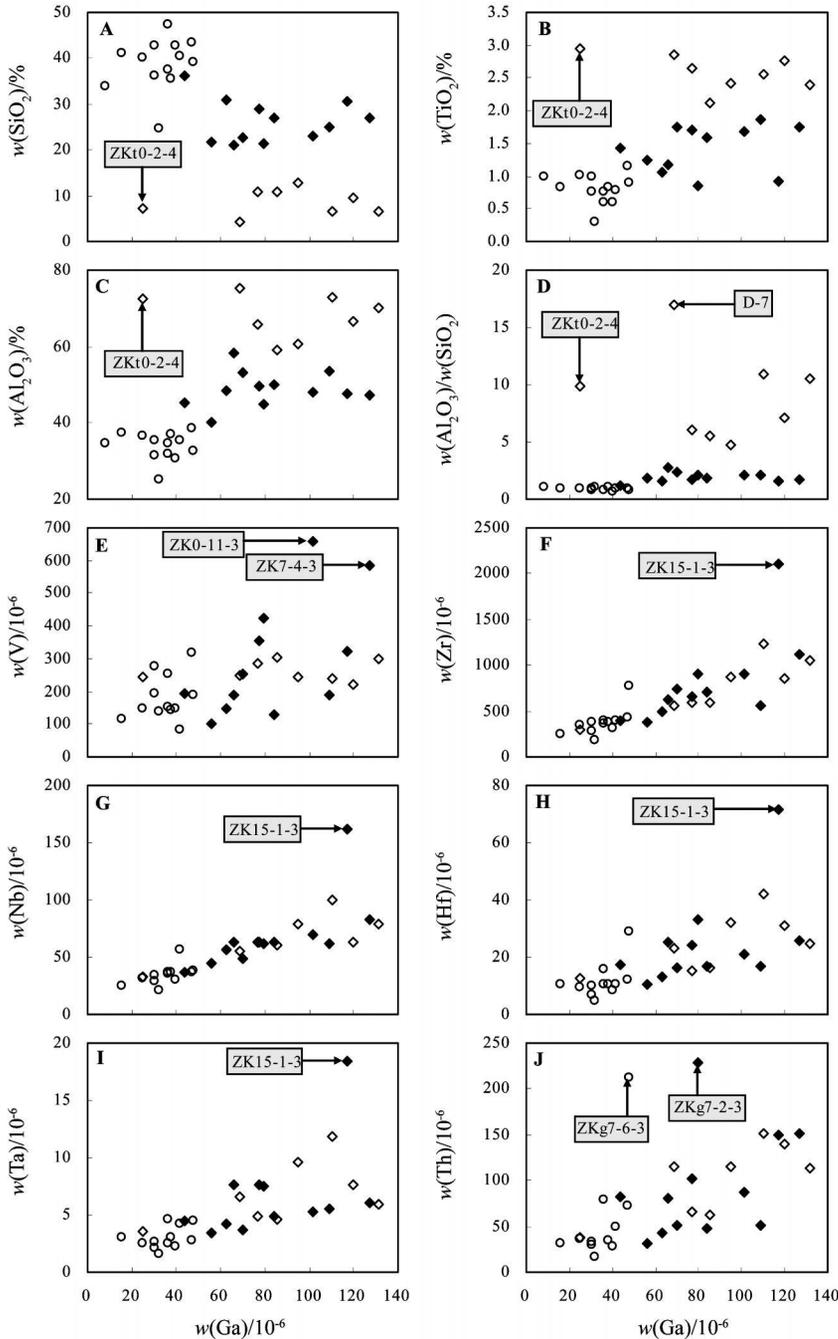
① 除通塘底矿床2件矿石样品(样号D-9和ZK0-2-4)Ga含量相对较低外(分别为 44.0×10^6 和 25.1×10^6),其余矿石样品Ga含量都很高,在 $56.1 \times 10^6 \sim 131 \times 10^6$ 之间,平均 91.0×10^6 ,是其地壳丰度值(15.0×10^6 ^[3])的3.7~8.7倍,大于刘长龄和覃志安^[15]统计的中国和世界铝土矿Ga平均含量(分别为 74.0×10^6 和 71.4×10^6),按铝土矿中Ga的综合利用指标(20×10^6 ^[9]),本区铝土矿中的Ga均具综合利用价值;本区含矿岩系中的铝土质页岩Ga含量明显低于铝土矿,除通塘底矿床1件样品(样号ZK0-2-2)外(Ga含量 15.7×10^6),其余样品Ga含量在 $25.1 \times 10^6 \sim 47.6 \times 10^6$ 之间,平均 36.8×10^6 ,是其地壳丰度值的1.7~3.2倍,按铝土矿中Ga的综合利用指标也具综合利用价值。

② 不同铝土矿床Ga含量相近,均具有含量范围宽的特点,其中瓦厂坪矿床Ga含量为 $56.1 \times 10^6 \sim 131 \times 10^6$ 、平均 92.2×10^6 ,通塘底矿床(2件矿石Ga含量较低的样品例外)为 $68.5 \times 10^6 \sim 120 \times 10^6$ 、平均 88.6×10^6 ,高梁窝 $79.5 \times 10^6 \sim 95.0 \times 10^6$ 、平均 87.3×10^6 ;同一矿床不同类型铝土矿石Ga含量不具明显差别,如瓦厂坪矿床土状铝土矿Ga含量为 $56.1 \times 10^6 \sim 131 \times 10^6$ 、平均 85.1×10^6 ,鲕状铝土矿为 $84.2 \times 10^6 \sim 127 \times 10^6$ 、平均 106×10^6 ,碎屑状铝土矿为 $85.4 \times 10^6 \sim 102 \times 10^6$ 、平均 93.7×10^6 ,致密块状铝土矿为 $62.9 \times 10^6 \sim 117 \times 10^6$ 、平均 96.3×10^6 。

③ 相关分析结果表明(图1),本区铝土质页岩和铝土矿Ga含量与 SiO_2 之间呈负相关关系、

与 Al_2O_3 、 TiO_2 、 Zr 、 Hf 、 Nb 、 Ta 、 Th 和 V 之间呈正相关关系, 与 F 、 Q 、 IO (挥发分)、 Ba 、 La 和 Ce 之间相关性不明显 (图 1 中未示出); 除去个别异常样品, Ga 与上述主要元素和微量元素的相关系数 (R) 分别为 $Ga-SiO_2$: 0.7045, $Ga-Al_2O_3$: 0.7358, $Ga-TiO_2$: 0.6985, $Ga-Zr$: 0.8761, $Ga-Hf$: 0.5506, $Ga-Nb$: 0.8934, $Ga-Ta$: 0.7117, $Ga-Th$: 0.7360, $Ga-$

V : 0.5505。值得一提的是, Al/Si 比值 (Al_2O_3/SiO_2) 是评价铝土矿质量的重要指标之一, 图 1D 显示, 虽然本区铝土质页岩和铝土矿 Ga 含量与 Al/Si 比值之间总体呈正相关关系, 由于在 Al/Si 比值为 1~3 的矿石样品中也有约三分之一 Ga 含量相对较高 (表 1), 其相关性并不好, 相关系数 (R) 仅为 0.4792。



○为铝土质页岩 ◆为 Al/Si 比值小于 3 的铝土矿, ◇为 Al/Si 比值大于 3 的铝土矿, 箭头指示为异常样品

图 1 务一正一道地区铝石矿及铝土质页岩 Ga 与主要元素和微量元素相关图

Fig. 1. Ga vs major and trace elements of bauxite and bauxitic shales from the Wuchuan-Zhenyuan Daozhen area

表 1 务-正-道地区铝土矿及铝土质页岩化学分析结果

Table 1. Chemical compositions of bauxite and bauxitic shales from the Wuchuan-Zhengnan-Daozhen area

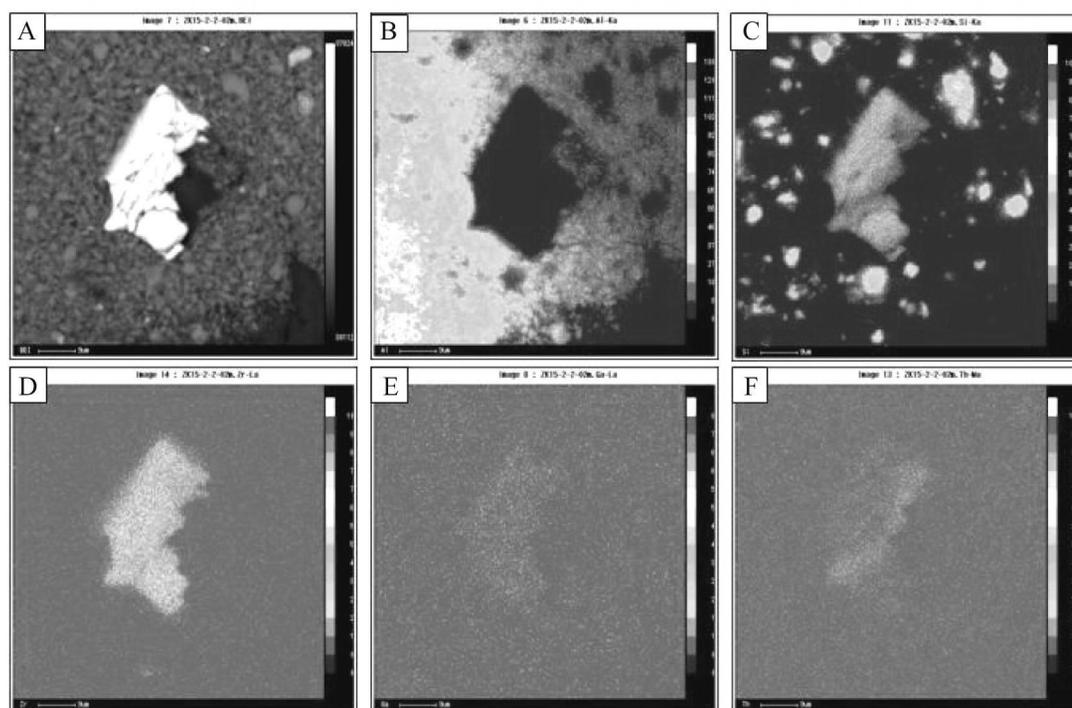
矿床名称	样品编号	采样位置	样品名称	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	FeO	LOI	Al/Si	Ga	V	Ba	La	Ce	Zr	Hf	Nb	Ta	Th
瓦厂坪	ZK0-4-6	钻孔 ZK0-4, 433.6m, 矿层顶部	铝土质页岩	42.66	35.25	1.00	4.56	13.39	0.83	30.2	194	92.3	124	562	373	9.91	34.4	2.65	32.6
瓦厂坪	ZK0-11-2	钻孔 ZK0-11, 764m, 矿层顶部	铝土质页岩	42.88	30.82	0.60	8.08	8.22	0.72	39.9	148	410	465	920	307	8.19	30.4	2.28	27.9
瓦厂坪	ZK5-2-7	钻孔 ZK5-2, 242.46m, 矿层底部	铝土质页岩	35.49	37.16	0.83	10.39	10.14	1.05	37.9	144	234	402	556	379	10.5	37.2	2.99	35.3
瓦厂坪	ZK7-4-6	钻孔 ZK7-4, 431m, 矿层底部	铝土质页岩	43.44	38.39	1.16	1.31	13.70	0.88	47.4	320	56.5	35.4	58.2	427	11.9	36.8	2.73	73.0
瓦厂坪	ZK8-2-3	钻孔 ZK8-2, 380m, 矿层顶部	铝土质页岩	40.06	36.39	1.02	4.78	15.17	0.91	25.1	148	123	13.8	34.1	349	9.49	31.0	2.51	36.2
瓦厂坪	ZK12-4-1	钻孔 ZK12-4, 531m, 矿层顶部	铝土质页岩	40.42	35.40	0.78	5.05	13.46	0.88	41.6	84.4	422	33.6	93.3	396	10.8	56.3	4.25	49.1
瓦厂坪	ZK12-4-6	钻孔 ZK12-4, 538.7m, 矿层底部	铝土质页岩	24.79	25.03	0.31	38.29	7.03	1.01	32.2	136	31.7	619	640	184	4.93	21.5	1.59	17.1
瓦厂坪	ZK15-2-3	钻孔 ZK15-2, 217m, 矿层底部	铝土质页岩	37.39	31.77	0.61	21.10	5.62	0.85	36.1	154	80.0	120	439	392	10.5	35.0	2.44	79.3
通塘底	D-10	探槽 TC22, 矿层底部	铝土质页岩	36.08	31.26	0.75	14.01	11.96	0.87	30.5	277	458	46.4	128	284	6.91	28.9	2.04	28.9
通塘底	ZK0-2-2	钻孔 ZK0-2, 314m, 矿层顶部	铝土质页岩	40.96	37.23	0.82	5.45	12.62	0.91	15.7	115	229	4.87	16.0	248	10.3	25.6	3.03	31.9
通塘底	ZK0-2-6	钻孔 ZK0-2, 319m, 矿层底部	铝土质页岩	47.37	34.47	0.75	3.80	5.15	0.73	36.0	254	1061	1425	3819	367	15.8	37.0	4.57	79.6
高梁窝	ZKg7-2-6	钻孔 ZKg7-2, 145.2m, 矿层底部	铝土质页岩	33.72	34.52	1.00	15.36	7.38	1.02										
高梁窝	ZKg7-6-3	钻孔 ZKg7-6, 214.5m, 矿层顶部	铝土质页岩	39.23	32.68	0.89	7.00	12.06	0.83	47.6	189	443	3.24	10.8	767	28.9	38.5	4.52	213
瓦厂坪	ZK0-1-3	钻孔 ZK0-1, 171.43, 矿层	土状铝土矿	21.82	40.00	1.25	16.27	18.47	1.83	56.1	100	37.0	5.79	9.37	384	10.3	44.1	3.41	31.0
瓦厂坪	ZK0-4-4	钻孔 ZK0-4, 431.30m, 矿层	块状铝土矿	30.86	48.56	1.05	1.84	14.13	1.57	62.9	150	129	8.47	19.1	489	13.2	56.0	4.27	42.0
瓦厂坪	ZK0-11-3	钻孔 ZK0-11, 764.7m, 矿层	碎屑状铝土矿	23.10	48.17	1.68	7.06	14.18	2.09	102	658	142	3.59	13.8	911	21.3	70.0	5.22	86.6
瓦厂坪	ZK5-2-2	钻孔 ZK5-2, 234m, 矿层	鲕状铝土矿	27.04	49.82	1.58	2.44	13.44	1.84	84.2	127	240	1.88	6.81	702	16.7	63.4	4.81	48.3
瓦厂坪	ZK7-1-4	钻孔 ZK7-1, 131.6m, 矿层	碎屑状铝土矿	10.72	59.20	2.11	12.79	13.67	5.52	85.4	305	103	12.3	51.6	597	16.2	59.9	4.67	62.7
瓦厂坪	ZK7-2-4	钻孔 ZK7-2, 173.44m, 矿层	土状铝土矿	6.69	70.23	2.40	4.49	15.23	10.50	131	297	11.5	3.34	11.9	1046	24.5	78.4	5.92	114
瓦厂坪	ZK7-4-3	钻孔 ZK7-4, 428.6m, 矿层	鲕状铝土矿	27.07	47.41	1.76	4.05	13.27	1.75	127	583	220	1.72	5.74	1122	25.8	82.4	6.08	151
瓦厂坪	ZK7-4-4	钻孔 ZK7-4, 429m, 矿层	土状铝土矿	22.57	53.34	1.75	1.73	14.25	2.36	69.8	255	71.4	3.26	9.08	732	16.3	48.8	3.69	50.5
瓦厂坪	ZK7-4-5	钻孔 ZK7-4, 429.5m, 矿层	土状铝土矿	10.79	65.68	2.65	1.80	14.42	6.09	76.8	286	18.1	19.5	57.4	587	15.1	62.6	4.84	65.2
瓦厂坪	ZK12-4-3	钻孔 ZK12-4, 533.4m, 矿层	块状铝土矿	24.86	53.63	1.86	2.58	13.66	2.16	109	190	182	9.49	32.3	562	16.8	61.2	5.55	51.3
瓦厂坪	ZK15-1-3	钻孔 ZK15-1, 170m, 矿层	块状铝土矿	30.75	47.82	0.92	3.06	13.30	1.56	117	324	87.9	3.04	9.29	2103	71.6	162	18.4	149
瓦厂坪	ZK15-2-2	钻孔 ZK15-2, 213.50m, 矿层	土状铝土矿	20.92	58.32	1.18	3.70	13.98	2.79	65.7	187	57.7	13.4	33.3	629	25.4	63.4	7.64	80.0
瓦厂坪	ZK17-1-2	钻孔 ZK17-1, 194.17m, 矿层	土状铝土矿	6.64	72.72	2.56	2.42	14.30	10.95	111	242	25.3	21.1	63.4	1230	42.2	100	11.8	152
通塘底	D-2	探槽 TC22, 矿层	土状铝土矿	9.41	66.52	2.76	4.59	13.92	7.07	120	221	100	16.4	72.6	853	30.8	63.4	7.58	139
通塘底	D-6	探槽 TC22, 矿层	鲕状铝土矿	29.06	49.65	1.70	4.48	12.46	1.71	77.2	355	58.7	23.6	140	665	24.5	62.6	7.62	102
通塘底	D-7	探槽 TC22, 矿层	碎屑状铝土矿	4.41	75.11	2.85	1.87	14.98	17.03	68.5	249	31.0	57.1	122	553	23.4	55.3	6.52	115
通塘底	D-9	探槽 TC22, 矿层	鲕状铝土矿	36.29	45.31	1.43	2.57	11.01	1.25	44.0	195	269	11.9	43.6	402	17.2	37.3	4.48	82.8
通塘底	ZK0-2-4	钻孔 ZK0-2, 316.55m, 矿层	块状铝土矿	7.33	72.48	2.95	1.21	13.82	9.89	25.1	242	103	9.57	34.2	294	12.7	32.3	3.61	37.8
高梁窝	ZKg7-2-3	钻孔 ZKg7-2, 142m, 矿层	块状铝土矿	21.42	44.75	0.86	10.68	15.81	2.09	79.5	425	63.2	2.38	19.5	902	33.1	61.7	7.53	229
高梁窝	ZKg7-6-6	钻孔 ZKg7-6, 215.8m, 矿层	碎屑状铝土矿	12.95	60.81	2.42	6.88	13.91	4.70	95.0	245	18.5	12.1	80.5	879	32.0	79.6	9.57	115
瓦厂坪	ZK7-4-A1	钻孔 ZK7-4, 矿层	一水铝石							758	157	115	30.7	67.9	271	6.53	35.6	4.52	41.9

注:表中仅列出部分主要元素和微量元素分析结果,微量元素单位为10⁻⁶, Al/Si = w(Al₂O₃) / w(SiO₂).

2.2 Ga 赋存状态初探

前已述及, 由于 Ga 与 Al 的地球化学性质相似^[3], 前人多认为铝土矿中的 Ga 主要与 Al 矿物(一水铝石、三水铝石等)中的铝类质同象形式存在^[4], 矿石中 Al_2O_3 与 Ga 含量同步增减支持该观点^[2-57]。务一正一道地区铝土矿和铝土质页岩 Ga 与 Al_2O_3 之间呈明显正相关关系(图 1C), 电子探针观察该区矿石中一水铝石均可检测出 Ga

Ga_2O_3 含量在 0.01% ~ 0.06% 之间(数据精度不高, 仅供参考), 本次工作对瓦厂坪矿床 1 件挑选出来的一水铝石样品进行了 ICPMS 分析, 其 Ga 含量达 758×10^6 (表 1) 这些资料均表明本区铝土矿(和铝土质页岩)中的 Al 矿物(一水铝石、三水铝石等)相对富集 Ga。在图 2 和图 3 中, Ga 在本区一水铝石中均匀分布, 没有明显富集区, 暗示 Ga 在一水铝石中可能以类质同象形式存在, 这与前人的观点一致。



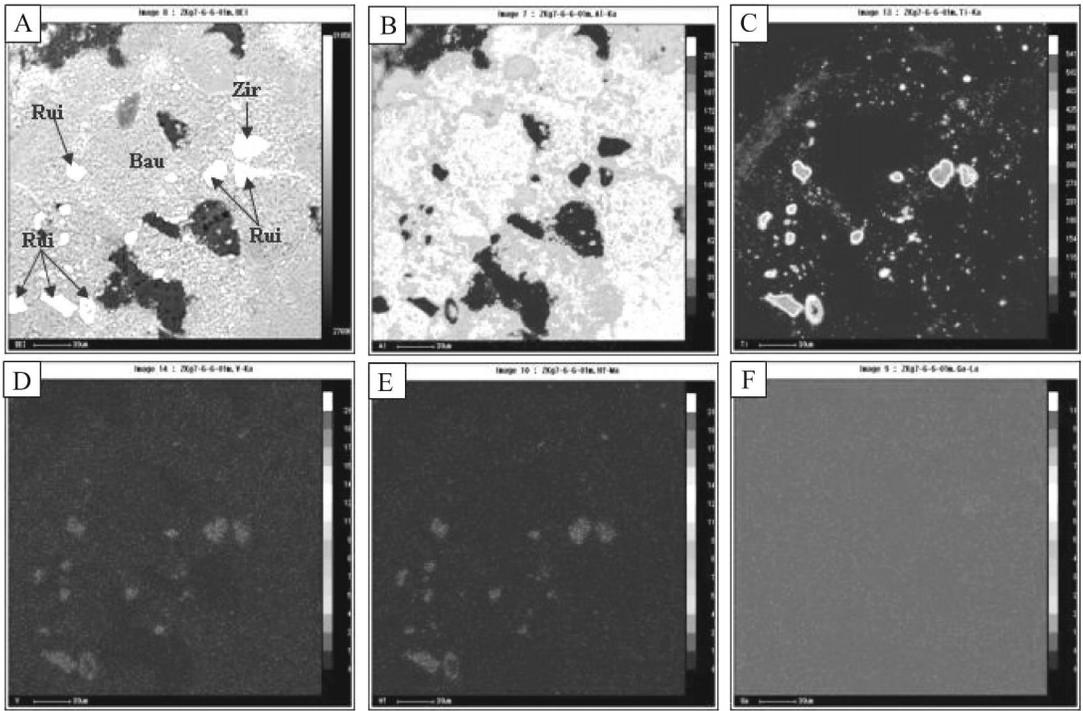
A 电子探针照片, B-Al 面扫描, C-Si 面扫描, D-Zr 面扫描, E-Ga 面扫描, F-Th 面扫描

图 2 务一正一道地区瓦厂坪铝土矿(样号 ZK15-2-2)电子探针面扫描结果
(中心矿物为锆石, 周围为一水铝石和粘土矿物)

Fig 2 BSE images and elemental distributions of Al, Si, Zr, Ga and Th of bauxite
(Sample ZK15-2-2) from the Wuchangping deposit in the Wuchuan-Zhengan-Daozhen area

图 1 显示, 本区铝土矿和铝土质页岩 Ga 与 TiO_2 、Zr、Hf、Nb、Ta、Th 和 V 之间均呈明显的正相关关系, 而这些元素在一水铝石中的含量相对并不高(表 1), 表明 Ga 除在一水铝石中相对富集外, 还可能在含 TiO_2 、Zr、Hf、Nb、Ta、Th 和 V 等的矿物富集。业已证实^[3], 金红石和锆石等矿物相对富集上述元素, 本区铝土矿中普遍含量金红石和锆石, 电子探针面扫描也显示, 铝土矿中的金红

石和锆石不仅富集 Zr、Hf、Nb、Ta、Th 和 V 等元素, 同时也相对富集 Ga(图 2、图 3)。因而可认为务一正一道地区铝土矿和铝土质页岩中的 Ga 也赋存于金红石和锆石等重矿物中。由于 Ga 与 Zr、Hf、Nb、Ta、Th 和 V 等元素的地球化学性质有较大差异^[3], Ga 在本区铝土矿的金红石和锆石等重矿物中以何种方式存在, 还有等更深入研究。



A电子探针照片, B-A面扫描, C-T面扫描, D-V面扫描, E-H面扫描, F-Ga面扫描
 Bau—水铝石, Zir锆石, Rui金红石

图 3 务一正一道地区高粱窝铝土矿(样号 ZK97-6-6)电子探针面扫描结果
 Fig 3 BSE images and elemental distributions of Al, Ti, V, Hf and Ga of bauxite (Sample ZK97-6-6) from the Gaoliangwo deposit in the Wuchuan-Zheng'an-Daozhen area

3 结 论

(1) 黔北务一正一道地区铝土矿 Ga含量在 $56.1 \times 10^6 \sim 131 \times 10^6$ 之间、平均 91.0×10^6 , 含矿岩系中的铝土质页岩 Ga含量在 $25.1 \times 10^6 \sim$

47.6×10^6 之间、平均 36.8×10^6 , 按铝土矿中 Ga的综合利用指标 (20×10^6), 均具综合利用价值。

(2) 研究区铝土矿中的 Ga除可能以 A类质同象形式相对富集于 A矿物(主要为一水铝石)中外, 还有可能在金红石和锆石等重矿物中富集。

参 考 文 献:

[1] 涂光炽. 分散元素地球化学及成矿机制 [M]. 北京: 地质出版社, 2003.
 [2] 汤艳杰, 刘建朝, 贾建业. 豫西铝土矿中镓的赋存状态研究 [J]. 西安工程学院学报, 2002, 24(4): 1-5.
 [3] 刘英俊. 元素地球化学 [M]. 北京: 科学出版社, 1984.
 [4] Chowdhury A N, Chakravorty S C, Bose B B. Geochemical study of gallium in bauxite from India [J]. Econ Geol, 1965, 60: 1052-1058.
 [5] Özlü N. Trace element content of Karst Bauxites and their parent rocks in the mediterranean belt [J]. Mineralium Deposita, 1983, 18: 469-476.
 [6] Özlü K H, Hein J R, Haniç İ N. Genesis of the Doğankuşu and Mora Bauxite Deposits, Taurides, Turkey: Separation of Al, Fe and Mn and Implications for Passive Margin Metallogeny [J]. Econ Geol, 2002, 97: 1063-1077.
 [7] Cağgari A A, Abedini A. Geochemical investigations on Permian-Triassic bauxite horizon at Kanj sheet, East of Buqaq, West Azarbaijan, Iran [J]. J Geochem Explor, 2007, 94: 1-18.
 [8] 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.
 [9] 全国矿产储量委员会办公室. 矿产工业要求参考手册 [M]. 北京: 地质出版社, 1987.
 [10] 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): 185-203.
 [11] 刘巽锋, 王庆生, 陈有能, 等. 黔北铝土矿成矿地质特征及成矿规律 [M]. 贵阳: 贵州人民出版社, 1990.
 [12] 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, 18(4): 238-243.

- [13] 武国辉, 刘幼平, 张应文. 黔北务一正一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): 39-43.
- [14] Qi L, Hu J, Gregoire D C. Determination of trace elements in granites by inductively coupled plasma mass spectrometry [J]. Talanta, 2000, 51: 507-513.
- [15] 刘长龄, 覃志安. 我国铝土矿中微量元素的地球化学特征 [J]. 沉积学报, 1991, 9(2): 25-33.

A Primary Study on the Content Features and Occurrence States of Gallium in Bauxite from the Wuchuan-Zhenqian-Daozheng Area, Northern Guizhou Province, China

LU Fang-kang², HUANG Zhi-long³, JIN Zhong-guo⁴, ZHOU Jia-xi⁵, DING Wei⁵, GU Jing⁵

(1. The Third Geological Team, Guizhou Bureau of Nonferrous Geological Exploration, Zunyi 563000, China;

2. Land and Mineral Resource Engineering College, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China;

3. The State Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Chinese Academy of Science, Guiyang 550002, China;

4. Academy of Mineral Exploration, Guizhou Bureau of Nonferrous Geological Exploration, Guiyang 550005, China;

5. The Graduate University, Chinese Academy of Sciences, Beijing 10049, China)

Abstract Bauxite ore deposits in the Wuchuan-Zhenqian-Daozheng area are the important bauxite resources in Guizhou Province, China. In this study three representative bauxite ore deposits (Wuchangping, Tongqiangdi and Gaolijianwo) were selected to examine the content features and occurrence states of gallium (and other major elements and trace elements) by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS) and Electron Probe Microanalysis (EPMA) technique. The results showed that the contents of gallium are high in the bauxite and bauxitic shales of ore-bearing rocks series within the range of $56.1 \times 10^6 - 131 \times 10^6$ (averaging 91.0×10^6) and $25.1 \times 10^6 - 47.6 \times 10^6$ (averaging 36.8×10^6), respectively, which have met the criterion of comprehensive utilization of gallium in bauxite (20×10^6), and have a high value of comprehensive utilization. Gallium in bauxite can be enriched not only in Al minerals (mainly boehmite) in the isomorphous form of Al, but also in such heavy minerals as rutile and zircon. **Key words** bauxite ore deposit; contents of gallium; occurrence states of gallium; Wuchuan-Zhenqian-Daozheng area; northern Guizhou Province