

黔中—渝南铝土矿含矿岩系微量元素区域分布 特征及物质来源探讨

刘平, 韩忠华, 廖友常, 聂坤

(贵州省地质矿产勘查开发局 106 地质大队, 贵州 遵义 563000)

[摘要]黔中—渝南成矿带石炭纪铝土矿含矿岩系, 分别形成于修文、息烽—遵义和黔北—渝南三个沉积区, 大多数铝土矿属产于碳酸盐岩侵蚀面上的、少数为产于泥页岩侵蚀面上的硬水铝石沉积型铝土矿床。修文沉积区铝土矿中 Zr、RE₂O₃ 含量最多, 息烽—遵义沉积区铝土矿中 Ga 含量最多, 黔北—渝南沉积区 Li 含量最多, 各有特色。修文沉积区铝土矿含矿岩系的母岩, 是其下伏寒武系碳酸盐岩与下奥陶统页岩、灰岩、白云岩; 息烽—遵义沉积区含矿岩系的母岩为下伏下奥陶统页岩、灰岩及白云岩; 黔北—渝南沉积区含矿岩系的母岩, 是下伏下志留统泥、页岩和上石炭统石灰岩。碳酸盐岩中 Al₂O₃ 与稳定的微量元素含量甚少, 要演变成大面积铝土矿, 必须要配以足够的含 Al₂O₃ 和微量元素较多的泥、页岩, 才可能满足形成大规模铝土矿的物质需求。

[关键词]铝土矿; 含矿岩系; 微量元素; 地球化学; 黔中—渝南

[中图分类号]P618.45; P595 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1000-5943(2020)-01-0001-13

1 引言

铝土矿中一些伴生的微量元素, 常常是可被工业利用的重要元素, 也往往是具有科学研究价值的重要元素。在铝土矿地质勘查过程中, 必须对伴生有益微量元素进行研究, 并对其综合利用前景作出初步评价。根据本区铝土矿含矿岩系特征, 结合省内外、国内外铝土矿地质勘查和氧化铝生产经验, 贵州省地矿局 106 地质大队在区内铝土矿地质勘查过程中, 于 1980 年代确定 Al₂O₃、SiO₂、Fe₂O₃、TiO₂、TS、LOI、K₂O、Na₂O、CaO、MgO、Ga、Ge、Cr、Zr、Li、Nb、Ta、Sr、Ba、RE₂O₃ 等 20 项组分作为多项分析项目。对本区微量元素较全面的研究, 始于上世纪 80 年代, 先后有章柏盛(1984)、陈有能、李家澍等(1986)、刘平(1994、1999)等。近年来, 随着铝土矿地质勘查工作的

扩大和深入, 多位学者从不同角度对铝土矿中微量元素作了广泛研究, 如金中国等(2011)、张亚男等(2013)、张莹华等(2013)、李沛刚、王登红等(2014)、韩忠华(2016)等。前述论文, 多以研究铝土矿中微量元素的分布特征和探讨铝土矿成因为主, 而对整个铝土矿含矿岩系及其下伏岩石中微量元素的研究尚感不足。本文以前述 20 项组分为基础, 着重从区域角度, 探讨铝土矿、黏土岩及下伏岩石中 TiO₂ 及 Ga—RE₂O₃ 10 项微量元素的分布特征、各组分间的相关性以及铝土矿含矿岩系物质来源。

黔中—渝南铝土矿地质勘查工作从 1956 年开始至今, 长达 63 年。本文使用的岩石化学成分及微量元素测试资料, 主要来源于 1985—1994 年和 2004—2015 年的地质勘查报告。岩矿测试主要是贵州地矿局岩矿测试中心。地质报告中对岩石微量元素准确度的精度, 一般未作详细

[收稿日期]2019-07-02 **[修回日期]**2019-12-07

[作者简介]刘平(1935—), 男, 高级工程师, 长期从事地质和矿产资源勘查工作。E-mail: 945256571@qq.com

质量评述。总体来说,准确文中所用样品测试结果具有一定的代表性,可供参考。

2 地质概况

在NNE向长约450 km的黔中—渝南铝土矿成矿带(以下简称成矿带),铝土矿含矿岩系(以下简称含矿岩系)分别形成于修文、息烽—遵义和黔北—渝南三个沉积区。成矿带南段的修文和息烽—遵义两沉积区的含矿岩系,形成于早石炭世

大塘期早—中期,岩石地层名为九架炉组(C_{1j}),其中包括修文、息烽、遵义三个铝土矿带。成矿带北段的黔北—渝南沉积区,含矿岩系形成于晚石炭世马平期,岩石地层名为大竹园组(C_{2d}),贵州境内包括正安、道真两个铝土矿带(重庆境内未划分矿带)。本区含矿岩系是一套以陆相为主,兼有海相特征的沉积岩系,盛产铝土矿,兼有少量铁矿、黄铁矿、耐火黏土矿和煤矿,铝土矿中伴有丰富的镓元素(刘平等,2012、2014、2016)。含矿岩系分布见图1。

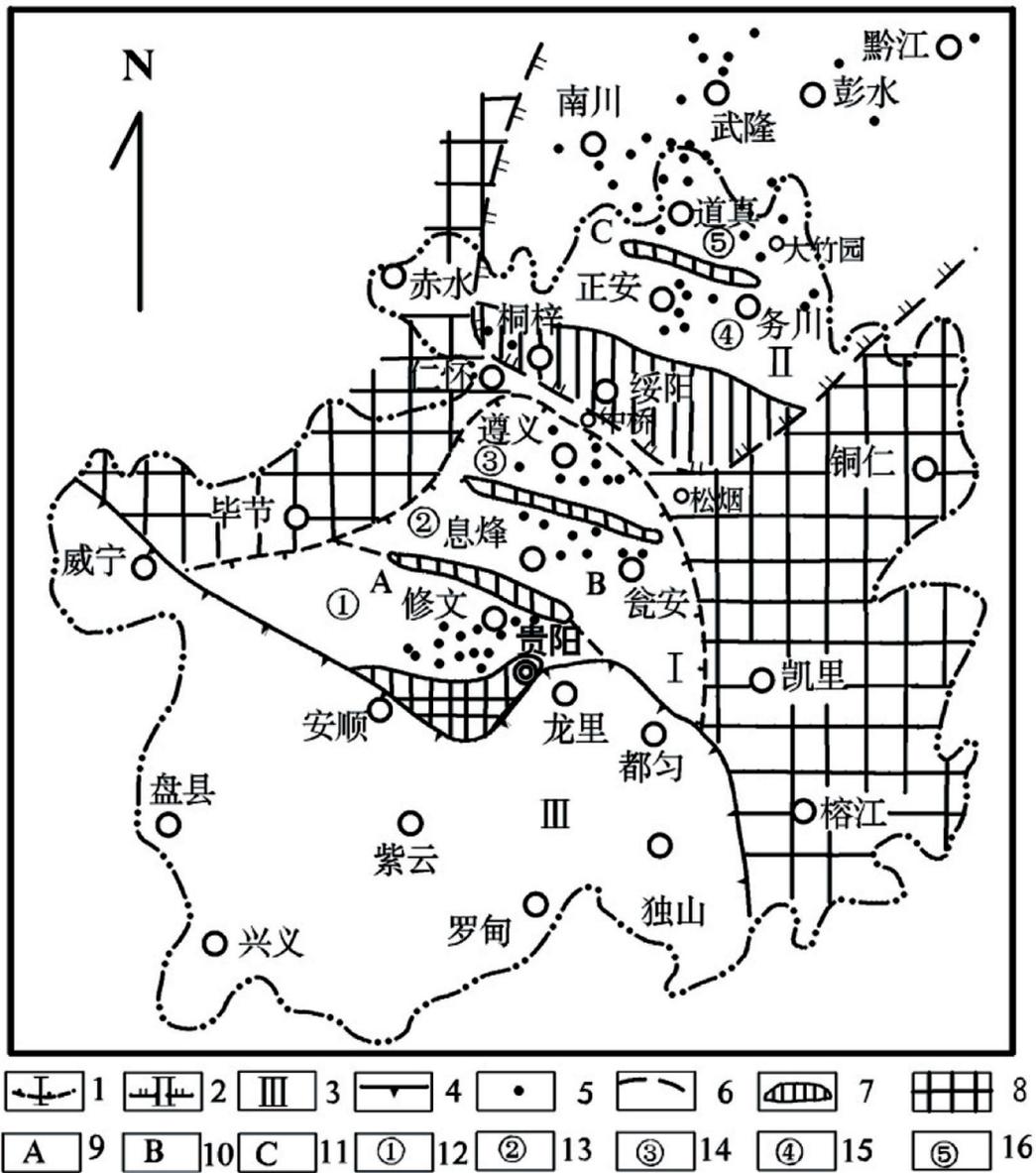


图1 黔中—渝南石炭纪铝土矿含矿岩系分布略图

Fig. 1 Distribution sketch of in ore-bearing rock series of bauxite In central Guizhou-southern Chongqing

1—早石炭世九架炉组分布区(推测边界);2—晚石炭世大竹园组分布区(推测边界);3—石炭纪海相地层分布区;4—石炭系海陆相分界线;5—铝土矿床(点);6—沉积区界线;7—无矿带或基本无矿带;8—无含矿岩系沉积区;9—修文沉积区;10—息烽—遵义沉积区;11—黔北—渝南沉积区;12—修文铝土矿带;13—息烽铝土矿带;14—遵义铝土矿带;15—正安铝土矿带;16—道真铝土矿带

修文沉积区九架炉组,主要假整合于寒武系之上,自 SW 向 NE 依次为下寒武统清虚洞组(E_{1q})、中统高台组(E_{2g})、石冷水组(E_{2s})和中上统娄山关群(E_{2-3ls})白云岩、白云质灰岩和石灰岩侵蚀面上。息烽—遵义沉积区九架炉组,主要假整合于下奥陶统桐梓组(O_{1t})白云岩及所夹伊利石页岩,红花园组(O_{1h})生物碎屑灰岩和湄潭组(O_{1m})伊利石页岩,少数在娄山关群白云岩之上。黔北—渝南沉积区的大竹园组,主要假整合于下志留统韩家店群(S_{1hj})伊利石泥、页岩的侵蚀面上,相当部分假整合于上石炭统黄龙组(C_{2h})石灰岩侵蚀面上。

九架炉组和大竹园组都可分为上、下两个岩性段。下段皆以铁质黏土岩、赤铁矿和(或)绿泥石黏土岩、绿泥石岩及少量鲕绿泥石铁矿为主,称为铁质岩段或铁质黏土岩段。上段皆为以碎屑结构为主的铝土矿、铝土岩及黏土岩,时夹炭质岩和硫铁矿层,通常称为铝质岩段。

含矿岩系下段沉积物,不论沉积时代与分布地域如何,都是在近海湖泊群的浅水岩溶湖泊中沉积形成的,沉积环境比较单一。含矿岩系上段沉积物,皆形成于近海准平原(准溶原)的湖泊、溶蚀洼地、侵蚀洼地及冲洪积扇中,沉积环境比较复杂。

3 铝土矿含矿岩系中微量元素分布特征

3.1 不同沉积环境剖面中微量元素特征

由于本区沉积型铝土矿含矿岩系的形成时代、沉积环境、物质来源等各不相同,岩石组合各异,其中的化学成分及微量元素含量也有一定的差异。现以息烽—遵义沉积区遵义矿带中部后槽矿区下石炭统九架炉组,岩溶洼地中的沉积剖面(ZK901 缺失下段铁质黏土岩),黔北—渝南沉积区道真矿带姚家林矿区上石炭统大竹园组,岩溶湖泊中沉积剖面(TC333 上、下段齐全)为代表分别列于表1、表2,以兹比较。

3.2 黔中—渝南成矿带铝土矿、黏土岩与下伏地层岩石中微量元素分布特征

黔中—渝南成矿带内,各沉积区铝土矿、黏土岩及下伏地层岩石的常量组份与微量元素平均含

量列于表3。

现分别对铝土矿、黏土岩中 Ga、Cr、Zr、Li、Nb、Ta、Sr、Ba、Ge、 RE_2O_3 及 TiO_2 的区域分布特征概述如下。

3.2.1 镓(Ga)

Ga 是甚为分散的元素,Ga 主要以类质同像形式置换铝矿物中的 Al,Ga 含量随 Al 含量的增加而增加(刘英俊等,1984)。因而铝矿物中 Ga 含量较多,黏土矿物中含量甚少。据本区单矿物光谱半定量全分析,硬水铝石含 Ga 0.03%~0.05%,伊利石、高岭石、绿泥石中含 Ga 0.003%~0.005%(陈有能等,1986)。区内铝土矿中 Ga 最低含量为 23×10^{-6} ,最高含量为 169×10^{-6} 。含黏土矿物甚少的半土状铝土矿 Ga 含量最高,碎屑状、豆鲕—豆砾状铝土矿次之,含黏土矿物较多的致密状铝土矿 Ga 含量最少。各沉积区低铁低硫铝土矿 Ga 平均含量分别是:修文沉积区(以下简称修文区)为 77×10^{-6} ,息烽—遵义沉积区(以下简称息遵区)为 116×10^{-6} ,黔北—渝南沉积区(以下简称黔北区)为 96×10^{-6} (表3),以息遵区含量最高。黏土岩中最低、最高含量为 20×10^{-6} ~ 76×10^{-6} 。各沉积区黏土岩中 Ga 平均含量分别是:修文区 37×10^{-6} ,息遵区 40×10^{-6} ,黔北区 46×10^{-6} 。铝土矿中 Ga 含量明显大于黏土岩。

据修文区9个勘探矿区铝土矿中 Ga 平均含量为 63×10^{-6} ,息遵区4个勘探矿区平均含量为 115×10^{-6} (中国矿床发现史贵州卷编委会,1996);黔北正安旦坪、红光坝2个勘探矿区的 Ga 平均为 55×10^{-6} ;务川大竹园矿区勘探结果 Ga 平均为 86×10^{-6} (雷志远等,2009)。各沉积区铝土矿中 Ga 含量均已达到伴生矿工业指标。

3.2.2 铬(Cr)

Cr 属铁族元素。 Cr^{3+} 离子半径与 Al^{3+} 离子半径相近,易于类质同像置换,Cr 离子也易被 Al_2O_3 胶体吸附,还易被黏土矿物吸附(刘英俊等,1984)。铝矿物中 Cr 含量高于黏土矿物中 Cr 的含量,据本区硬水铝石光谱半定量全分析,Cr 含量为 0.01%~0.05%,伊利石、高岭石和绿泥石中 Cr 含量为 0.01%~0.02%(陈有能等,1986)。区内铝土矿中 Cr 含量区间值为 80×10^{-6} ~ 760×10^{-6} 。各沉积区低铁低硫铝土矿中 Cr 平均含量分别是:修文区为 326×10^{-6} ,息遵区为 363×10^{-6} ,黔北区为 479×10^{-6} ;黏土岩 Cr 平均含量分别是:修文区为 64×10^{-6} ,息遵区为 203×10^{-6} ,黔北区为 270×10^{-6} 。铝土矿和黏土岩中 Cr 含量都是由南向北逐渐增高。

表2 姚家林矿区 TC333 大竹园组与下伏地层岩石化学成分^①

Table 2 Chemical constituents of TC333 dazhuyuan formation and lower strata in yaojialin mining area

地层代号	样号	岩石名称	厚度/m	%														×10 ⁻⁶						
				Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	TS	LOI	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	Ga	Ge	Cr	Zr	Li	Nb	Ta	Sr	Ba	RE ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ /SiO ₂
P ₂ q		灰色细晶灰岩	>5	43.08	33.77	4.59	2.98	0.05	13.29	0.49	0.21	0.44	0.82	92	6	620	900	1590	57	3	217	319	110	1.28
P ₂ l		黑色炭质页岩	0.5-1.7	74.73	3.75	1.95	4.97	0.06	14.29	0.19	0.08	0.18	0.15	186	10	850	1640	40	100	7	158	354	470	19.93
C ₂ d ²	106	深灰色铝土岩		50.10	29.89	2.06	2.38	0.05	14.19	0.08	0.09	0.09	0.28	85	5	420	490	1350	47	2	187	197	460	1.68
(4.82 m)	105	浅灰色半土状铝土矿		35.41	38.85	9.41	1.39	0.15	14.30	0.03	0.04	0.31	0.28	56	3	310	240	440	27	2	168	119	490	0.91
	104	灰绿色碎屑状铝土岩		22.37	25.32	37.41	0.74	0.14	13.40	0.26	0.17	0.29	0.34	29	3	120	250	170	16	2	69	156	700	0.88
C ₂ d ₁	103	褐黄色铁质黏土岩		33.28	37.86	12.04	1.51	0.16	10.76	1.82	0.90	0.89	0.82	37	5	290	340	280	31	2	327	420	1660	0.88
(3.75 m)	102	褐黄色含铁质黏土岩		0.50	0.50	0.49	0.01	0.01	43.31	0.03	0.03	54.66	0.15	1	3	10	0	20	6	1	285	75	30	1.00
C ₂ h	101	灰色中—粗晶灰岩		19.51	55.03	10.98	0.85	0.08	5.60	4.33	0.07	0.56	2.80	30	5	120	70	30	17	1	78	589	300	0.35
S ₁ h _j	100	紫红、灰绿色页岩	>5																					

①据郝江文等(1991)原始资料编制

表3 黔中—渝南铝土矿含矿岩系与下伏岩石常量组分及微量元素平均含量^①
Table 3 Average contents of major components and trace elements in ore bearing rock series and underlying rocks of the central Guizhou—south Chongqing bauxite deposit

序号	沉积区	地层代号	岩石名称	样品/件	%														A/S						
					Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	TS	LOI	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	Ga	Ge	Cr	Zr		Li	Nb	Ta	Sr	Ba	RE ₂ O ₃
1	修文沉积区	C _{1j} ²	低铁低硫铝土矿	12	69.96	8.19	2.14	3.38	0.340.19	13.65	1.10	0.11	0.26	0.27	77	3	326	1085	52	76	5	354	741	1041	8.54
2		C _{1j} ¹	铁质绿泥石黏土岩	3	27.73	34.58	12.66	1.45	0.71	12.23	5.26	0.14	2.35	3.61	44	2	64	150	140	28	0	545	297	121	0.80
3			赤铁矿	3	6.38	8.84	64.57	0.34	0.26	13.89	0.94	0.06	1.08	1.05	12	1	195	277	40	3	0	116	50	235	0.74
4		C _{2g} C ₂₋₃ ⁶	白云岩	4	2.23	2.36	2.02	0.03	0.17	43.42	0.29	0.04	28.55	19.43	2	1	10	13	1	0	0	60	10	140	0.94
5	息烽—遵义沉积区 (QY1)	C _{1j} ²	混合型铝土矿	80	66.85	8.06	6.60	2.95	0.46	13.37	1.22	0.03	0.14	0.27	111	4	357	609	61	57	5	122	129	368	24.15
6	(QY2)		低铁低硫铝土矿	63	69.73	8.01	0.49	3.11	0.07	13.55	1.41	0.03	0.11	0.20	116	3.74	363	633	56	61	5	117	133	380	27.53
7	(QY3)		高铁铝土矿	36	50.04	9.91	24.17	2.26	0.29	11.97	0.29	0.03	0.19	0.76	89	4.31	307	481	116	36	3	108	70	265	6.78
8	(QY4)		高硫铝土矿	20	63.35	7.57	9.11	2.90	3.81	15.15	0.96	0.21	0.23	0.20	123	4	344	651	58	71	4	139	129	203	8.37
9			黄铁矿层(黏土岩)	10	24.65	25.85	21.88	0.98	17.15	17.31	5.67	0.05	0.47	0.72	38	1	149	187	9	9	1	109	122	427	0.95
10		C _{1j} ¹⁺²	黏土岩	46	31.43	38.37	10.91	1.30	3.21	9.58	6.59	0.07	0.42	0.68	40	1.89	203	256	196	22	2	241	213	565	0.83
11	息烽—遵义沉积区	O _{1m}	伊利石页岩	4	24.60	46.91	9.54	0.96	0.02	5.16	7.86	0.09	0.47	1.25	33	2	119	146	55	18	3	221	297	470	0.52
12		O _{1h}	生物层灰岩	5	1.37	5.00	0.85	0.06	0.20	40.35	0.27	0.03	50.90	0.66	2	1	14	28	2	2	1	200	84	48	0.27
13		O _{1f}	伊利石页岩	7	21.28	46.66	8.95	0.91	1.12	8.25	6.62	0.09	2.98	2.08	31	3	119	204	41	14	2	142	336	538	0.46
14		O _{1f}	白云岩	8	3.54	6.19	4.30	0.14	0.17	41.01	1.07	0.04	26.85	17.14	5	1	39	76	18	2	0	112	67	112	0.57
15	黔北—渝南沉积区	C _{2d} ²	低铁低硫铝土矿	31	64.87	9.94	6.11	3.39	0.07	13.81	0.29	0.11	0.17	0.90	96	6	479	1007	535	71	6	141	232	274	6.53
16		C _{2d} ¹	铁质绿泥石黏土岩	8	32.90	35.64	15.33	1.45	0.07	10.80	2.01	0.42	0.45	0.78	46	3	270	373	234	29	3	164	419	732	0.92
17	(务川、正安、道真)	C _{2h}	石灰岩	3	1.72	1.28	1.89	0.03	0.02	42.79	0.04	0.02	53.35	0.24	3	2	10	26	71	2	1	224	71	90	1.34
18		S _{1hj}	伊利石泥、页岩	5	22.86	51.09	10.33	0.87	0.03	5.45	5.54	0.10	0.36	2.22	35	2	120	198	64	12	1	107	557	387	0.45

①本表主要据贵州省地质矿产局106地质大队铝土矿科研组、铝土矿远景调查分队以及各勘探矿区地质人员于1983—1994年所采样品测试结果综合编制,参见陈有能等(1986),杨祖庆等(1987),高企戎等(1990),郝江文等(1991),李沛刚等(1994),雷志远等(2009)。

3.2.3 锆(Zr)

Zr 属稀有金属元素,地壳中大部分 Zr 呈分散状态存在于许多矿物内,主要聚集在锆石中。由于锆石的化学稳定性甚高,风化作用中,常呈矿物碎屑残留、富集在风化剖面内,如红土和铝土矿中。锆石溶解度很小,但在酸性介质中也可溶解,并被黏土矿物吸附(刘英俊等,1984)。据人工重砂鉴定,本区铝土矿中锆石含量普遍较多。据单矿物光谱半定量全分析,本区硬水铝石 Zr 含量为 0.05%~0.06%,伊利石、高岭石中 Zr 含量 0.01%~0.03%(陈有能等,1986)。本区铝土矿中 Zr 含量区间为 215×10^{-6} ~ $1\ 860 \times 10^{-6}$ 。各沉积区低铁低硫铝土矿中 Zr 平均含量分别为:修文区 $1\ 085 \times 10^{-6}$,息遵区为 633×10^{-6} ,黔北区为 $1\ 007 \times 10^{-6}$,以修文区含量最高。黏土岩中 Zr 含量区间值为 101×10^{-6} ~ 756×10^{-6} ;各沉积区黏土岩中 Zr 平均含量分别是:修文区 150×10^{-6} ,息遵区为 256×10^{-6} ,黔北区为 373×10^{-6} 。铝土矿中含量显著大于黏土岩。区内铝土矿中 Zr 含量大于 $1\ 000 \times 10^{-6}$ 者较多,修文区 12 件低铁低硫铝土矿中,大于 $1\ 000 \times 10^{-6}$ 者 5 件,占 41.7%;息遵区 63 件铝土矿中,大于 $1\ 000 \times 10^{-6}$ 者 9 件,占 14.3%,黔北区 31 件铝土矿中,含量大于 $1\ 000 \times 10^{-6}$ 者 7 件,占 22.6%。黏土岩中未见有 Zr 含量大于 $1\ 000 \times 10^{-6}$ 者。

3.2.4 锂(Li)

Li 为稀有金属元素。Li 离子半径与 Mg、Al、Fe 等离子半径相近,可以产生类质同像置换,因而在很多硅酸盐矿物中都有分布。Li 很容易被风化作用形成的黏土矿物吸附(刘英俊等,1984)。本区铝土矿、黏土岩中 Li 含量都明显高于下伏海相页岩中的 Li 含量。铝土矿、黏土岩中 Li 含量变化甚大,铝土矿的含量区间值为 $0 \sim 2\ 300 \times 10^{-6}$,黏土岩为 $0 \sim 1\ 320 \times 10^{-6}$ 。铝土矿中 Li 与 Al_2O_3 为负相关,Li 与 SiO_2 为正相关。含黏土矿物甚少的半土状铝土矿 Li 含量普遍很低,多在 20×10^{-6} 以下;含黏土矿物较多的致密状铝土矿, Li 含量较高,常在 $1\ 000 \times 10^{-6}$ 以上。各沉积区低铁低硫铝土矿中 Li 平均含量分别为:修文区 52×10^{-6} ,息遵区为 56×10^{-6} ,黔北区为 535×10^{-6} 。各沉积区黏土岩中 Li 平均含量分别是:修文区 140×10^{-6} ,息遵区为 196×10^{-6} ,黔北区为 234×10^{-6} 。铝土矿和黏土岩中 Li 含量,均以黔北区最高。在黔北区 31 件铝土矿样品中,有 5 件含量大于 $1\ 000 \times 10^{-6}$,占

样品总数的 16%,8 件黏土岩样品中也有 1 件含量大于 $1\ 000 \times 10^{-6}$ 。修文区、息遵区铝土矿与黏土岩中,均未见含量大于 $1\ 000 \times 10^{-6}$ 者。

3.2.5 铌(Nb)和钽(Ta)

Nb、Ta 皆为稀有金属元素,Nb、Ta 的地球化学性质基本相同,二者密切相伴,常在同一矿物中出现,类质同像十分广泛。溶解在液体中的 Nb、Ta,以及残留的 Nb、Ta 矿物,一般趋向富集于黏土、红土和铝土矿中(刘英俊等,1984)。因 Ta 含量很少,这里重点阐述 Nb。据单矿物光谱半定量全分析,本区硬水铝石中含 Nb 0%~0.02%,锐钛矿中含 Nb 0.01%~0.04%,金红石中含 Nb 0.01%~0.03%,板钛矿中含 Nb 0.05%(陈有能等,1986)。区内铝土矿中 Nb 含量区间值为 18×10^{-6} ~ 102×10^{-6} ;黏土岩中 Nb 含量区间值为 2×10^{-6} ~ 52×10^{-6} 。各沉积区低铁低硫铝土矿中 Nb 平均含量分别为:修文区 76×10^{-6} ,息遵区为 61×10^{-6} ,黔北区为 71×10^{-6} 。各沉积区黏土岩中 Nb 平均含量分别是:修文区 28×10^{-6} ,息遵区为 22×10^{-6} ,黔北区为 29×10^{-6} 。铝土矿中 Ta 含量一般小于 6×10^{-6} ,黏土岩中 Ta 小于 3×10^{-6} 。

3.2.6 锶(Sr)

Sr 是自然界广泛分布的分散元素。在表生作用中,Sr 易被黏土所吸附,Sr 离子更有利于类质同像替换 K 离子(刘英俊等,1984)。据本区单矿物光谱半定量全分析,高岭石、铁绿泥石中均未检测到 Sr 元素,伊利石中 Sr 含量为 0.03%(陈有能等,1986)。本区铝土矿中 Sr 含量区间值为 22×10^{-6} ~ $1\ 180 \times 10^{-6}$ (此高含量见于修文区),各沉积区低铁低硫铝土矿中 Sr 平均含量分别为:修文区 354×10^{-6} ,息遵区为 117×10^{-6} ,黔北区为 141×10^{-6} 。黏土岩中 Sr 含量区间值为 28×10^{-6} ~ 652×10^{-6} 。各沉积区黏土岩中 Sr 平均含量分别是:修文区 545×10^{-6} ,息遵区为 241×10^{-6} ,黔北区为 164×10^{-6} 。铝土矿和黏土岩中 Sr 含量,都是修文区最高,黔北区最低。由于本区黏土矿物以含 K 较多的伊利石为主,因而黏土岩中的 Sr 含量明显高于铝土矿。

3.2.7 钡(Ba)

Ba 和 Sr 一样,也是碱土金属族的分散元素,它们在化学性质上十分相似,虽然它们与钙的性质都很接近,但钡多与钾产生类质同像。表生作用中,含钡的矿物多是易于被分解的,并能迅速的

参加到表生循环作用中。水中的 Ba 极易被水解沉积物吸附(刘英俊等,1984)。据本区单矿物光谱半定量全分析,高岭石、铁绿泥石中 Ba 含量为 0.01%,伊利石中 Ba 含量为 0.04%(陈有能等,1986)。本区铝土矿中 Ba 含量区间值为 $1 \times 10^{-6} \sim 1\ 290 \times 10^{-6}$ 。各沉积区高铁低硫铝土矿中 Ba 平均含量分别为:修文区 741×10^{-6} ,息遵区为 133×10^{-6} ,黔北区为 232×10^{-6} 。黏土岩中 Ba 含量区间值为 $1 \times 10^{-6} \sim 3\ 140 \times 10^{-6}$ (此高含量为修文区下段铁质伊利石黏土岩)。各沉积区黏土岩中 Ba 平均含量分别是:修文区 297×10^{-6} ,息遵区为 213×10^{-6} ,黔北区为 419×10^{-6} (此为下段铁质绿泥石黏土岩)。

本区铝土矿与黏土岩中,Ba 与 Sr 含量变化极大,往往在同一产地的相同岩性,其 Sr/Ba 比值都相差甚远,若用该比值来判断沉积环境,经常是互相矛盾,难以解释。很多铝土矿、黏土岩显示为海洋环境,而真正有化石依据的海相地层,如 O1t、O1m、S1hj 页岩却都误判为大陆环境,等等。鉴于篇幅有限,Sr、Ba 及 Sr/Ba 比值留待另文专题讨论,在此不赘。

3.2.8 锗(Ge)

Ge 是地壳中最典型的分散元素。Ge 在表生带的典型特征是具有堆积于煤中的显著倾向。铝土矿不特别富 Ge,平均约为 2.4×10^{-6} (刘英俊等,1984)。本区铝土矿中 Ge 含量区间值为 $1 \times 10^{-6} \sim 11 \times 10^{-6}$ 。以息遵区为例,高铁低硫铝土矿 Ge 平均含量为 3.74×10^{-6} ,36 件高铁铝土矿平均含量为 4.31×10^{-6} ,46 件黏土岩含量区间值为 $1 \times 10^{-6} \sim 7 \times 10^{-6}$,Ge 平均含量为 1.89×10^{-6} 。铝土矿中 Ge 含量明显高于黏土岩。

3.2.9 稀土元素氧化物(RE₂O₃)

RE₂O₃ 包含周期表中镧系 15 个元素的氧化物总量。稀土元素常以类质同像形式加入到其他一些矿物晶格之中。在表生作用下,稀土元素易被黏土矿物和氢氧化铁胶体吸附。表生条件下,稀土元素迁移能力有限,大部分呈矿物碎屑残留在土壤及沉积物中(刘英俊等,1984)。本区铝土矿中 RE₂O₃ 含量区间值为 $40 \times 10^{-6} \sim 2\ 050 \times 10^{-6}$,黏土岩中 RE₂O₃ 含量区间值为 $70 \times 10^{-6} \sim 1\ 350 \times 10^{-6}$ 。各沉积区高铁低硫铝土矿中 RE₂O₃ 平均含

量分别为:修文区 $1\ 041 \times 10^{-6}$,息遵区为 380×10^{-6} ,黔北区为 274×10^{-6} 。各沉积区黏土岩中 RE₂O₃ 平均含量分别是:修文区 121×10^{-6} ,息遵区为 565×10^{-6} ,黔北区为 732×10^{-6} 。

修文区 12 件铝土矿样中,有 3 件 RE₂O₃ 含量大于 $1\ 000 \times 10^{-6}$,占总数的 25.0%,黔北区 31 件铝土矿中有 2 件 RE₂O₃ 含量大于 $1\ 000 \times 10^{-6}$,占总数的 6.5%;息遵区 46 件黏土岩中有 7 件含量大于 $1\ 000 \times 10^{-6}$,占总数的 15.2%。铝土矿中 RE₂O₃ 含量以修文区为最高。

3.2.10 二氧化钛(TiO₂)

钛属铁族元素,在表生作用中,钛是比较稳定的元素,在风化壳内部,由于其它元素在风化、水化中流失,而使钛产生相对富集(刘英俊等,1985)。本区铝土矿中 Ti 主要赋存在锐钛矿、金红石、板钛矿、榍石内。金红石、榍石是稳定的陆源碎屑矿物,随成矿母岩的分异而保存下来。铝土矿中锐钛矿含量甚多,占钛矿物总量的 80% 以上,但锐钛矿不是陆源碎屑矿物,而几乎是与硬水铝石同时生成的原生矿物。硬水铝石、锐钛矿、金红石、锆石等矿物中均含 Ti 较多,黏土矿物中也有一定的含量。据本区单矿物光谱半定量全分析,硬水铝石含 Ti 1%~2.5%,高岭石含 Ti 0.7%~1.0%,伊利石含 Ti 0.2%,绿泥石含 Ti 0.3%(陈有能等,1986)。各沉积区高铁低硫铝土矿中,TiO₂ 平均含量分别是:修文区 3.38%;息遵区 3.11%;黔北区 3.39%。各沉积区黏土岩中 TiO₂ 平均含量分别是:修文区 1.45%;息遵区 1.30%;黔北区 1.45%(详见表 3)。铝土矿中 TiO₂ 与 Al₂O₃、Ga、Cr、Zr、Nb 都密切相关,黏土岩中 TiO₂ 与 Al₂O₃、Zr、Li、Nb 密切相关。

4 铝土矿与黏土岩中化学成分之间的相关性

为详尽了解铝土矿与黏土岩各组分之间的相关性,以息遵区 80 件混合铝土矿(QY1,由 61 件高铁低硫铝土矿、11 件高铁铝土矿和 8 件高硫铝土矿组成),46 件黏土岩(QY4)中的前述 20 项化学组分,分别进行了相关分析,相关系数矩阵见表 4、表 5。

4.1 铝土矿中组分之间的相关性

铝土矿中主要矿物是硬水铝石,其中含有较多锐钛矿、金红石、锆石等,这些矿物含有较多Ga、Ti、Cr、Zr、Nb、Ta等元素,因而铝土矿中Al₂O₃与TiO₂、Ga、Cr、Zr、Nb、Ta等呈正相关关系。

Al₂O₃是铝土矿的主要成分,绝大部分赋存在硬水铝石中,少量在伊利石、高岭石、绿泥石中。SiO₂主要在伊利石、高岭石、绿泥石中。Fe₂O₃主要在赤铁矿、针铁矿、褐铁矿内,或以Fe²⁺的形式赋存在黄铁矿、菱铁矿、绿泥石中。TS主要在硫铁矿中,极少量在其他金属硫化物内。K₂O、Na₂O多存在于黏土矿物中,CaO、MgO是方解石、白云石的主要成分,MgO在绿泥石中也有一定含量。铝土矿成熟度越高,硬水铝石就越多,黏土矿物、铁矿物、绿泥石、硫铁矿、碳酸盐矿物等就越少,故Al₂O₃与SiO₂、Fe₂O₃、TS、K₂O、Na₂O、CaO、MgO等呈负相关关系(表5)。铝土矿中RE₂O₃与任何组分均无相关性。

4.2 黏土岩中组分之间的相关性

本区组成黏土岩的矿物以伊利石、高岭石为主,局部绿泥石较多,其他黏土矿物少见。伊利石含K₂O较高,最高含量为9.97%。黏土矿物均以Al₂O₃、SiO₂为主,且有固定的比例关系。据单矿

物光谱半定量全分析,本区伊利石、高岭石和绿泥石中,含有较多的Ti、Ga、Cr、Zr、Nb、Sr、Ba和B、Sc等元素(陈有能等,1986)。

据前人研究,Ti、Ga、Cr、Zr、Nb、Ta、Li、Sr、Ba等皆易被黏土矿物吸附;Ca、Mg多被带到海洋,Ga受Al控制,Al高则Ga高。Ti、Zr、Nb、Ta与Al相似,都趋向于富集在黏土、红土和铝土矿中(刘英俊等,1984)。因此,黏土岩中Al₂O₃与SiO₂、TiO₂、Ga、Ge、Li、Nb等均呈正相关,Al₂O₃与Fe₂O₃、TS、CaO、MgO等呈负相关。SiO₂与K₂O、Ga、Sr呈正相关,SiO₂与Fe₂O₃、TS、LOI、CaO、MgO等亦呈负相关。RE₂O₃与K₂O、Sr呈正相关,可能表明RE₂O₃与Sr同时易被含K₂O较多的伊利石吸附有关。黏土岩中RE₂O₃与Al₂O₃、SiO₂、Fe₂O₃等无相关性(详见表6)。

综上所述,铝土矿中Al₂O₃主要是硬水铝石的成分,SiO₂主要是黏土矿物的成分,Al₂O₃越多,表明硬水铝石越多,黏土矿物越少。铝土矿中,与硬水铝石紧密相关的元素,如Ti、Ga、Cr、Zr、Nb、Ta等,皆随Al₂O₃含量的增长而增长,因而与Al₂O₃呈正相关,与SiO₂则呈负相关。黏土岩中以黏土矿物为主,Al₂O₃与SiO₂都是黏土岩的主要成分,于是,与Al₂O₃、SiO₂相关联的元素则各随其主,并分别与Al₂O₃或SiO₂呈正相关关系或负相关关系。

表6 各沉积区铝土矿对下伏岩石稳定组分的富集率

Table 6 Enrichment rate of stable components of underlying rocks in bauxite deposits in each sedimentary area

沉积区及岩性	样数(件)	Al ₂ O ₃ ×10 ⁻²	TiO×10 ⁻²	Ga×10 ⁻⁶	Zr×10 ⁻⁶	Li×10 ⁻⁶	Cr×10 ⁻⁶	Nb×10 ⁻⁶
修文沉积区								
低铁低硫铝土矿	12	69.96	3.38	77	1085	52	326	76
E _{2g} ~E _{2-3ls} 白云岩	4	2.23	0.03	2	13	1	10	1
铝土矿对白云岩富集率		31.37	112.67	38.50	83.46	52.00	32.60	76.00
息烽—遵义沉积区								
低铁低硫铝土矿	63	69.73	3.11	116	633	56	363	61
O _{1m} 页岩	4	24.6	0.96	33	146	55	119	18
铝土矿对O _{1m} 页岩富集率		2.83	3.24	3.52	4.34	1.02	3.05	3.39
O _{1h} 灰岩	5	1.37	0.06	2	28	2	14	2
铝土矿对O _{1h} 灰岩富集率		50.90	51.83	58.00	22.61	28.00	25.93	30.50
O _{1t} 页岩	7	21.28	0.91	31	204	41	119	14
铝土矿对O _{1t} 页岩富集率		3.28	3.42	3.74	3.10	1.37	3.05	4.36
O _{1t} 白云岩	8	3.54	0.14	5	76	18	39	2
铝土矿对O _{1t} 白云岩富集率		19.76	22.21	23.20	8.33	3.11	9.31	30.50
黔北—渝南沉积区								
低铁低硫铝土矿	31	64.87	3.39	96	1007	535	479	71
C _{2h} 灰岩	3	1.72	0.03	3	26	26	10	2
铝土矿对C _{2h} 灰岩富集率		37.72	113.00	32.00	38.73	20.58	47.90	35.50
S _{1hj} 页岩	5	22.86	0.87	35	198	64	120	12
铝土矿对S _{1hj} 页岩富集率		2.84	3.90	2.74	5.09	8.36	3.99	5.92

5 铝土矿含矿岩系物质来源的地球化学依据

现以 Zr-Cr-Ga 三角图解和铝土矿中 Al_2O_3 与微量元素的富集率,探讨本区沉积型铝土矿含矿岩系的物质来源。

5.1 Zr-Cr-Ga 三角图解

N. Ozlu 对地中海岩溶型铝土矿研究后指出,通过铝土矿中 Zr、Cr、Ga 3 个稳定元素研究,可以追踪铝土矿的母岩岩性。笔者借用 N. Ozlu (1984) Zr-Cr-Ga 三角图解的方法,将表 3 中 3 个沉积区的铝土矿、黏土岩、赤铁矿及下伏页岩、灰岩、白云岩的 Zr、Cr、Ga 投入 Zr-Cr-Ga 三角图中,结果绝大多数落入 III 区,即中性岩或黏土质岩石区,只有一些黏土岩落在 III 区以外(图 2)。可以认为,本区铝土矿、黏土岩、赤铁矿中 Zr、Cr、Ga 特征,与其下伏页岩、灰岩、白云岩中 Zr、Cr、Ga 特征一致,表明它们之间是有密切成因联系的,也就是说,铝土矿、黏土岩等的母岩,就是各沉积区下伏基底的页岩、灰岩、白云岩。

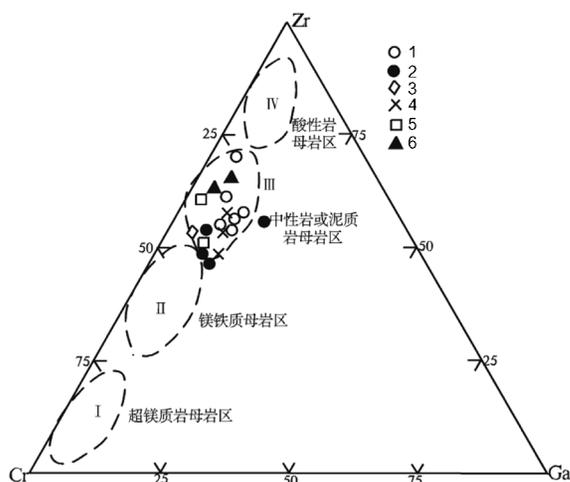


图 2 黔中—渝南铝土矿成矿带含矿岩系及下伏岩石 Zr-Cr-Ga 三角图解

Fig. 2 Zr-Cr-Ga triangular diagram of ore-bearing rock series and underlying rock in Central Guizhou-Southern Chongqing bauxite formation belt

1—铝土矿; 2—黏土岩; 3—赤铁矿; 4—页岩; 5—白云岩; 6—石灰岩

5.2 铝土矿中 Al_2O_3 和微量元素的富集率

含矿岩系微量元素地球化学特征如前所述,

各沉积区成熟度较高的低铁低硫铝土矿中,修文区以 Zr 含量最高,平均为 1.085×10^{-6} ;息遵区以 Ga 含量最高,平均为 116×10^{-6} ;黔北区以 Li 含量最高,平均为 535×10^{-6} 。各沉积区下伏基底岩石,演变成低铁低硫铝土矿时,所需 Al_2O_3 、 TiO_2 、Ga、Zr、Li、Cr、Nb 等的富集率列于表 6。通过对比可以看出,息遵区铝土矿中 Ga 等主要来自 O_1m 、 O_1t 页岩。

以 O_1m 页岩为例,它演变成铝土矿时,所需 Al_2O_3 、Ga、Zr、Li 的富集率,分别为 2.83 倍,3.52 倍,4.34 倍和 1.02 倍;而 O_1t 白云岩演变成铝土矿时,所需 Al_2O_3 、Ga、Zr、Li 的富集率,则分别高达 19.76 倍、23.20 倍、8.33 倍和 3.11 倍。黔北区 S_1hj 泥、页岩如演化为铝土矿,所需 Al_2O_3 、Ga、Zr、Li 的富集率,分别为 2.84 倍,2.74 倍,5.09 倍和 8.36 倍;而 C_2h 灰岩演化成铝土矿,所需 Al_2O_3 、Ga、Zr、Li 的富集率,分别为 37.72 倍、32.00 倍、38.73 倍和 20.58 倍。综上,对下伏泥、页岩来说,各沉积区铝土矿中稳定组分的富集率,多为 2-6 倍之间;对下伏灰岩、白云岩来说,各沉积区铝土矿中稳定组分的富集率,多在 20-60 倍之间,少数在 80 倍乃至 100 多倍,二者相差 10 倍以上。上述两者相比,在同样有利成矿因素条件下,泥、页岩作为铝土矿成矿母岩的可能性,显然要比灰岩、白云岩大得多。铝土矿的母岩虽说主要是泥、页岩,但灰岩、白云岩同样也是母岩的组成部分。黔北区 S_1hj 泥、页岩的 Li 平均含量为 64×10^{-6} ,高于息遵区 O_1m 、 O_1t 页岩中 Li 含量;而且, C_2h 灰岩中 Li 平均含量高达 26×10^{-6} ,Li 的富集率仅为 20.58 倍,黔北区铝土矿、黏土岩中 Li 含量较高,主要来源于下伏 S_1hj 泥、页岩,但 C_2h 灰岩也有一定的贡献。

修文区铝土矿的直接下伏岩石是寒武系的白云岩,从表 6 可知,这些白云岩要演变成铝土矿,所需 Al_2O_3 、 TiO_2 、Ga、Zr、Li、Cr、Nb 的富集率,分别为 31.37 倍、112.67 倍、38.50 倍、83.46 倍和 52.00 倍、32.6 倍、76.0 倍等,显然,仅靠白云岩要形成如此超大规模的铝土矿是比较困难的。

据修文区 3 件铝土矿人工重砂鉴定结果,铝土矿中含陆源碎屑矿物锆石较多,是最主要的特征矿物,表明铝土矿中锆石肯定是来自下伏岩石的,但当前所见,其直接下伏寒武系白云岩中锆石矿物与 Zr 元素含量甚少,不足以满足形成铝土矿

的需求,说明除白云岩外,还应有其他岩石作为 Zr 元素的源岩。

据贵州中部前石炭纪基岩地质略图(高道德等,1992),除大部分为寒武系碳酸盐岩外,在清镇—贵阳—修文一带的断层夹缝带内,还保留有下奥陶统桐梓组(O_1t)白云岩夹页岩、红花园组(O_1h)灰岩和湄潭组(O_1m)伊利石页岩。这些地层岩石,与遵义、息烽一带所见相同,说明在修文区与息遵区 O_1m 伊利石页岩沉积之后,随即发生了都匀运动(奥陶纪与志留纪之间)和广西运动(志留纪与泥盆纪之间),地壳隆升,大面积分布的下奥陶统岩石长期暴露地表,在适宜气候条件下,于早石炭纪岩关期,发生了红土化、钙红土化,下奥陶统以及其下的寒武系岩石,共同形成红土风化壳,为修文区下石炭统九架炉组的沉积准备了充足的物质基础。其中,该区下奥陶统湄潭组页岩厚 290 m 左右,且据化学分析和人工重砂资料,该页岩中 Zr 含量及碎屑物锆石含量显著大于寒武系白云岩。因此,湄潭组页岩对该区铝土矿形成的贡献是不可忽视的。这一结论,与《黔中—渝南铝土矿含矿岩系稀土元素地球化学特征》(刘平等,2019)一文的认识是一致的。由于息遵区九架炉组含矿岩系的母岩,全为下奥陶统的页岩、灰岩和白云岩,故修文与息遵两沉积区铝土矿和黏土岩中,所含微量元素不完全相同。

综上所述,碳酸盐岩中 Al_2O_3 与稳定的微量元素含量甚少,要演化成大范围的铝土矿有一定的难度,必须要伴有大量含 Al_2O_3 与微量元素较多的泥、页岩,才能共同提供充足的物源。另据笔者统计,各沉积区下伏碳酸盐岩中, Al_2O_3 、 TiO_2 、Ga、Zr、Cr、Nb 等稳定元素的含量,均与碳酸盐岩中泥质含量成正比,因此,即便是全由碳酸盐岩演变成铝土矿,该碳酸盐岩也必然是含泥质较多的岩石。

6 结论

(1)从区域上看,本区铝土矿含矿岩系下伏基底均有碳酸盐岩和泥、页岩,大多数是以碳酸盐岩为直接基底的岩溶型沉积铝土矿,少数是以泥、页岩为直接基底的沉积铝土矿。

(2)修文沉积区铝土矿中 Zr、 RE_2O_3 含量最高,息遵沉积区铝土矿中 Ga 含量最高,黔北沉积

区铝土矿中 Li 含量最高。各有特色,区别明显,这些均与下伏基底岩石有密切成因联系。

(3)铝土矿和黏土岩的相关分析结果表明,铝土矿中 Al_2O_3 和与 Al_2O_3 同步富集的 TiO_2 、LOI、Ga、Cr、Zr、Nb、Ta 等呈正相关关系; SiO_2 与 Al_2O_3 、 TiO_2 、LOI、Ga、Zr、Nb、Ta 为负相关。由于黏土矿物可吸附多种微量元素,故黏土岩中 Al_2O_3 与 SiO_2 、 TiO_2 、Ga、Ge、Li、Nb 等呈正相关, SiO_2 与 K_2O 、Ga、Sr 也呈正相关。

(4)通过 Zr—Cr—Ga 三角图解和岩石中 Al_2O_3 、 TiO_2 、Ga、Zr、Li、Cr、Nb 的富集率研究,各沉积区铝土矿含矿岩系的母岩,就是各沉积区铝土矿含矿岩系的下伏泥、页岩与碳酸盐岩。由于较纯的碳酸盐岩中 Al_2O_3 、 TiO_2 和稳定微量元素含量甚少,要形成大规模的铝土矿,必须伴有足够的泥、页岩,才能满足形成铝土矿的物质需求。

(5)各沉积区铝土矿中 Ga 含量普遍较高,均已达到伴生矿的工业指标,很多矿区已回收利用。修文沉积区铝土矿中 Zr、 RE_2O_3 和黔北沉积区铝土矿中 Li 含量都比较高,有多处含量大于 $1\ 000 \times 10^{-6}$,甚至高达 $2\ 000 \times 10^{-6}$ 以上,能否作为伴生矿被综合利用,有待工业试验予以证实。

致谢:贵州省地矿局 106 地质大队广大地质工作者,多年来在野外一线辛勤工作,取得了丰硕地质成果,使本文具有坚实基础。在此致以诚挚的谢意!

[参考文献]

- 陈有能,李加澍,汪生杰,等. 1986. 贵州省遵义—息烽铝土矿沉积区含矿岩系划分对比及物质组成初步研究[R]. 贵州省地质矿产局 106 地质大队.
- 高企戎,朱成林,郑文祥,等. 1990. 贵州省遵义县团溪铝土矿仙人岩矿区仙人岩矿段勘探地质报告[R]. 贵州省地质矿产局 106 地质大队.
- 高道德,盛章琪,石善华,等. 贵州中部铝土矿地质研究[M]. 贵阳:贵州科技出版社,1992:10-17.
- 韩志华,吴波,翁申富,等. 2016. 黔北务正道地区含铝岩系地球化学特征及地质意义[J]. 地质与勘探,52(4):678-687.
- 郝江文,余长华,张沛广,等. 1991. 贵州省正安—道真铝土矿远景调查报告[R]. 贵州省地质矿产局 106 地质大队.
- 金中国,向贤礼,黄智龙,等. 2011. 黔北务川瓦厂坪铝土矿元素迁移规律研究[J]. 地质与勘探,47(6):957-966.
- 雷志远,翁申富,廖友常,等. 2009. 贵州省务川县大竹园铝土矿区勘探地质报告[R]. 贵州省地质矿产勘查开发局 106 地质大队.

- 李沛刚,罗中孝,樊正烈,等. 1995. 贵州省务川县大竹园地区铝土矿普查地质报告[R]. 贵州省地质矿产局 106 地质大队.
- 李沛刚,王登红,赵芝,等. 贵州大竹园铝土矿床地质、地球化学与成矿规律[M]. 北京:科学出版社,2014:58-150.
- 刘平. 1994. 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,11(3):179-187.
- 刘平. 1999. 黔中—川南石炭纪铝土矿的地球化学特征[J]. 中国区域地质,18(2):210-217.
- 刘平. 廖友常. 2012. 黔中—渝南铝土矿含矿岩系时代探讨[J]. 中国地质,39(3):661-682.
- 刘平,廖友常. 2014. 黔中—渝南沉积型铝土矿区域成矿模式及找矿模型[J]. 中国地质,41(6):2063-2082.
- 刘平,廖友常,张雅静. 2016. 黔北大竹园地区铝土矿含矿岩系沉积环境及形成机制[J]. 中国地质,43(6):2173-2190.
- 刘平,廖友常,韩忠华,等. 2019. 黔中—渝南铝土矿含矿岩系稀土元素地球化学特征[J]. 贵州地质,36(1):1-9.
- 刘英俊,曹励明,李兆麟,等. 1984. 元素地球化学[M]. 北京:科学出版社,12-18,65-76,125-136,169-178,360-386.
- 杨祖庆,郭文良,朱成林,等. 1987. 贵州省遵义县团溪铝土矿后槽矿区山头上矿段详细勘探地质报告[R]. 贵州省地质矿产局 106 地质大队.
- 章柏盛. 1984. 黔中石炭纪铝土矿床成因等若干问题的初步探讨[J]. 地质评论,30(6).
- 张亚男,张莹华,吴慧,等. 2013. 黔北务正道地区铝土矿鲕状矿石中鲕粒的微区元素地球化学特征及其成矿意义[J]. 地质科技情报,32(1):62-70.
- 张莹华,凌文黎,吴慧,等. 2013. 黔北铝土矿不同类型矿石地球化学特征及其对成矿作用的指示[J]. 地质科技情报,32(1):71-79.
- 《中国矿床发现史·贵州卷》编委会,1996. 中国矿床发现史·贵州卷[M]. 北京:地质出版社,92-117.

Regional Distribution Characteristics and Material Sources of Trace Elements in Ore-bearing Rock Series of Bauxite In Central Guizhou-Southern Chongqing

LIU Ping, HAN Zhong-hua, LIAO You-chang, NIE Kun,

(106 Geological Party, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration and
Development, Zunyi 563000, Guizhou, China)

[Abstract] The carboniferous bauxite ore-bearing rock series in the central guizhou - south chongqing met-allogenic belt were formed in xiuwen, xifeng-zunyi and qianbei —south chongqing sedimentary areas respectively. The bauxite in xiuwen sedimentary area has the highest content of Zr and RE_2O_3 , the Ga content in xiuwen sedimentary area is the highest, and the Li content in xiuwen sedimentary area is the highest. The parent rock of the bauxite ore-bearing rock series in xiuwen sedimentary area is the lower voltaic Cambrian carbonate and lower ordovician shale, limestone and dolomite; The parent rocks of ore-bearing rock series in the xifeng-zunyi sedimentary area are lower ordovician shale, limestone and dolomite; The mother rocks of the ore-bearing rock series in the northern guizhou - southern chongqing sedimentary area are the lower silurian mud, shale and upper carboniferous limestone. The content of Al_2O_3 and stable trace elements in carbonate rocks is very low. In order to develop into large-area bauxite, sufficient mud and shale containing Al_2O_3 and trace elements are necessary to meet the material requirements of large-scale bauxite.

[Key Words] Bauxite; Ore bearing rock series; Trace elements; Geochemistry; Central Guizhou - southern Chongqing