第36卷 第1期 桂林理工大学学报 Vol. 36 No. 1
2016年2月 Journal of Guilin University of Technology Feb. 2016

文章编号: 1674-9057(2016)01-0153-07 doi: 10.3969/j.issn.1674-9057.2016.01.021

桂西铝土矿中稀有和稀散元素地球化学特征

张佳莉[1]，张青伟[1]，阳纯龙[2]，高 攀[1]，缪秉魁[1]，皮桥辉[1]，李社宏[1]

(1. 桂林理工大学 a. 广西隐伏金属矿产勘查重点实验室; b. 地球科学学院，广西 桂林 541004;
2. 中国冶金地质总局 广西地质勘查院，南宁 530022)

摘 要: 对桂西不同类型铝土矿中稀有、稀散元素及其含量的分布特征和资源状况的调查表明: 在岩溶堆积型铝土矿中，Ga、Zr、Sc、Nb主要赋存在矿石中; Ta主要赋存在粘土中; Hf在矿石和粘土中的含量无明显区别。岩溶堆积型和原生沉积型铝土矿中稀散元素Ga、Sc和稀有元素Zr、Hf、Nb、Ta具有明显的富集趋势，其中Ga、Sc、Zr、Hf已经或基本达到伴生矿综合利用的标准，具有综合回收利用的价值，而沉积型铝土矿的铁铝岩层中Nb和Ta的含量已经达到圈定独立矿体的要求。

关键词: 稀有元素; 稀散元素; 铝土矿; 地球化学; 桂西地区

中图分类号: P595 **文献标志码**: A

铝土矿中除了铝和硅等主要成分之外，往往还伴生有铁、钛、镓、稀土、铌、钪、锂、锆、钒等多种有益元素[1-15]。桂西地区铝土矿资源丰富，除了当前正在开发利用的岩溶堆积型铝土矿外，随着近年来开展的一系列资源调查项目，特别是全国整装勘查项目的实施，在桂西地区又发现了一大批沉积型铝土矿。目前有关桂西地区铝土矿的开发和利用仍主要局限于氧化铝的生产，对其中伴生的其他有用金属元素关注较少，多被排放到氧化铝生产尾矿——赤泥之中，在一定程度上造成了资源浪费。如何合理利用这些铝土矿中的伴生资源，是当代氧化铝生产中亟待解决的问题。本研究以桂西地区沉积型和堆积型铝土矿为研究对象，分析了不同类型铝土矿中稀有和稀散元素的地球化学特征，基本查明了研究区内铝土矿中稀有和稀散元素的含量分布和综合利用价值，可为今后铝土矿的开发提供必要依据。

1 研究区地质概况

桂西铝土矿在大地构造位置上处于广西“山字形”构造弧前缘西翼和南华褶皱系右江弧后盆地褶皱带的靖西至田东隆起带内[13]。区域上构造隆起主要分布在靖西、田东、平果县一带，基底主要为上寒武统，盖层为泥盆系至中三叠统。多期的构造运动对桂西铝土矿影响巨大，形成了一系列以北西向为主的褶皱和断裂构造，这些褶皱和断裂非常发育，铝土矿矿床的分布明显受其控制。

研究区内沉积型铝土矿主要赋存在下二叠统茅口组的古风化壳中，垂向上往往与粘土层、黄铁矿层和煤层密切伴生，多沿褶皱的两翼产出，有的直接假整合于茅口阶灰岩之上，产状与基底一致，厚度伴随基底起伏而有所不同。铝土矿层风化面呈深灰色、灰黑色，层状、似层状产出，上部为豆鲕状，下部为碎屑状结构，底部为角砾状矿石[8]，上部矿石质量较好，下部含浸染状黄铁矿，品位较低。主要矿石矿物为一水硬铝石，其次为三水铝石，伴生有黄铁矿、碳质、粘土矿物及少量的高岭石和玉髓等硅质矿物。

堆积型铝土矿是岩溶作用的产物，但并不只是终止于一般的岩溶作用，还深入到红土化阶段[14]。堆积型铝土矿含矿岩系主要赋存于上泥盆统融县组至下二叠统茅口组碳酸盐岩为基底的岩

收稿日期: 2015-09-01
基金项目: 中国地质调查局项目(1212011120354); 广西自然科学基金项目(2014GXNSFBA118230); 广西高校科研项目(YB2014155)
作者简介: 张佳莉(1990—)，女，硕士研究生，地质学专业，790830941@qq.com。
通讯作者: 张青伟，博士，副教授，qingweizhang@glut.edu.cn。
引文格式: 张佳莉，张青伟，阳纯龙，等. 桂西铝土矿中稀有和稀散元素地球化学特征[J]. 桂林理工大学学报，2016，36(1): 153-159.

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

溶洼地、谷地中或缓坡上的第四系更新统的含矿堆积层，一般厚 3 ~ 15 m，最厚可达 30 m 以上，自下而上可分为 3 层(图 1)，分别为：①底部粘土层，呈紫红色或杂色，主要为粘土，局部含少量磨圆度较好的铝土矿、褐铁矿碎屑，沿基岩喀斯特凹陷分布；② 中部堆积铝土矿层，土红色，主要由铝土矿碎块、碎屑及粘土组成，含少量褐铁矿碎屑。铝土矿大小不一，粒径一般为 1 ~ 50 cm，分选性差，多呈棱角 - 次棱角状，磨圆度差；③ 上部粘土层，红色或黄褐色，主要为砂质粘土，混杂少量铝土矿、岩石碎屑，顶部为数 cm 至 50 cm 的腐殖层，在剥蚀作用强烈的地段上部粘土层常缺失，分布零星。堆积铝土矿层与底部粘土层、上部粘土层之间急剧过渡，一般还是清晰可分的。

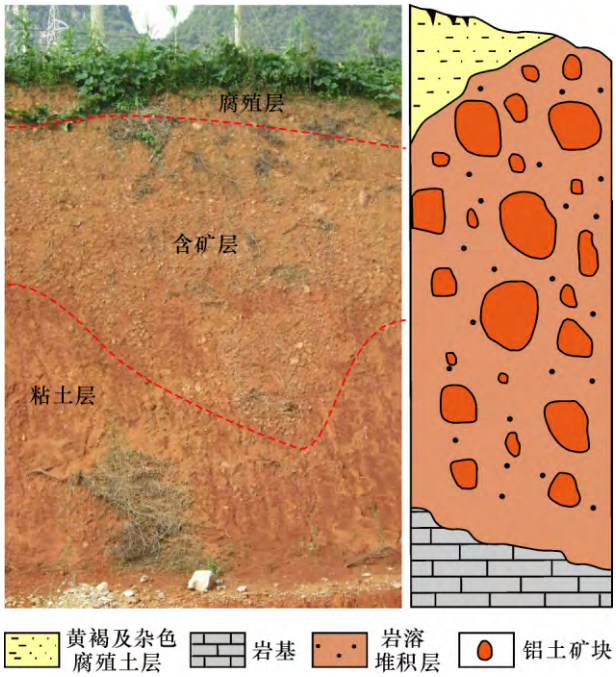

图 1 桂西堆积型铝土矿剖面及含矿岩系柱状示意图

Fig. 1 Profile and schematic diagram of ore-bearing beds with karst accumulation type bauxite in western Guangxi

2 样品的采集与分析方法

本次研究分别对桂西地区沉积型铝土矿和堆积型铝土矿进行了样品采集，采集的特征见表 1。在靖西县新圩矿区念寅上屯原生沉积型铝土矿矿点采集原生沉积型铝土矿样品 5 件，包括褐煤样品 1 件和铁铝岩样品 4 件，其中铁铝岩层在顶、底部风化程度较高，顶部由于黄铁矿含量较高而呈黄褐色，底部靠近灰岩部分呈黄绿色，泥化严重；铁铝岩矿物组成主要为豆鲕状或粒屑状的铝土矿和自形程度较好的黄铁矿，一般为致密块状构造，部分风化程度较高的呈蜂窝状。分别在靖西县禄垌矿区和德保县巴头矿区各选择 2 个剖面采集堆积型铝土矿样品，样品均采集自铝土矿层，自上而下连续采样，均匀混合，然后通过四分法组合成分析样品。堆积型铝土矿样品主要由铝土矿矿石和粘土组成，其中铝土矿矿石以豆鲕状和粒屑状结构为主，部分呈土状结构，构造以致密块状构造为主，部分呈蜂窝状或纹层状；粘土一般呈砖红色，粘性较大，将分散的铝土矿矿石粘合在一起。

采集样品均送往国家地质实验测试中心进行分析测试，分析的元素主要包括 Ga、Ge、Se、Cd、In、Te、Tl、Sc、Li、Be、Zr、Hf、V、Nb、Ta 等。大部分稀有、稀散元素使用 ICP-MS 检测。检测方法依据《电感耦合等离子体质谱(ICP - MS)分析方法通则》(DZ/T 0223—2001)；Se 和 Te 采用原子荧光光谱仪分析，检测依据为《1∶5万区域地质调查及地球化学普查样品分析方法及质量管理指导性规程》(DZG 20.10—1990)；而 Ga 主要使用 X 荧光能谱仪(Xlab2000)测试，检测方法依据《波长色散型 X 射线荧光光谱方法通则》(JY/T 016—1996)。

3 结果与讨论

3.1 桂西铝土矿中稀有稀散元素含量分布特征

3.1.1 堆积型铝土矿 表 1 列出了桂西堆积型铝土矿中原矿和精矿的稀有稀散元素平均含量。可以看出，在所有稀散元素中，Ga 的含量最高，为(34 ~ 48) $\times 10^{-6}$，平均含量为 42.9×10^{-6}，作为铝土矿的伴生矿，已经达到了工业综合利用指标(铝土矿矿石 Ga 品位为 0.01% ~ 0.02%)；在区域上，巴头矿区 Ga 含量相对较高，但小于平果铝土矿(34 ~ 48) $\times 10^{-6}$；精矿中含量明显高于原矿。Sc 的含量为(8.21 ~ 10.2) $\times 10^{-6}$，平均含量为 8.95×10^{-6}；Sc 含量在不同矿区之间无明显差别，但在精矿中含量明显偏低。其他稀散元素的含量均比较低：Ge 含量为(1.75 ~ 2.41) $\times 10^{-6}$，Se 含量为(0.43 ~ 1.01) $\times 10^{-6}$，Cd 含量为(0.43 ~ 1.78) $\times 10^{-6}$，In 含量为(0.28 ~ 0.70) $\times 10^{-6}$，Te 含量为(0.07 ~ 0.66) $\times 10^{-6}$，Tl 含量为(0.12 ~ 0.81) $\times 10^{-6}$。除

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1 桂西不同类型铝土矿样品特征及微量元素分析结果

Table 1 Characteristics and analysis results of trace elements in different types of bauxite from western Guangxi　　$w_B/10^{-6}$

矿床类型	样品类型	样品编号	样品特征	Ga	Ge	Se	Cd	In	Te	Tl	Sc	Li	Be	Zr	Hf	V	Nb	Ta
沉积型铝土矿	褐煤	XXY001	灰黑色，质软松散，煤层厚约 1 m，与下伏铁铝岩层整合接触	27.9	1.15	3.1	0.36	0.15	0.15	0.64	6.13	123	2.66	417	14.7	63.3	23.5	2.32
	铁铝岩	XXY003	铁铝岩层顶部，样品新鲜面青灰色，豆鲕状结构，块状构造	43.9	1.39	0.42	0.53	0.54	0.88	<0.05	9.81	25.9	4.55	1 425	47	248	15	0.81
		XXY004	铁铝岩层底部，样品新鲜面青灰色，粒屑结构，块状构造，	47.8	1.28	1.42	1.03	0.6	1.38	0.18	7.3	145	3.39	1 421	49.5	237	185	11.5
		XXY005	铁铝岩层中部，样品新鲜面青灰色，豆鲕状和粒屑结构，块状构造	47.9	1.73	0.2	0.78	0.62	0.28	0.05	13.5	24.5	6.11	1 839	58.8	282	21.1	1.19
		XXY006	铁铝岩底部，与下伏灰岩角度不整合接触，样品新鲜面灰绿色，土状结构，块状构造	45	1.5	0.53	0.67	0.60	0.49	<0.05	8.66	5.25	2.91	1 806	59	209	7.18	0.53
堆积型铝土矿	铝土矿	LDZH-01	靖西禄垌矿区堆积型铝土矿剖面组合样品，在含矿层内连续采样并进行组合，矿石和粘土比例约为10∶1	40.4	2.25	1.01	0.43	0.37	0.26	0.25	9.29	1.94	8.64	1 081	34.7	351	25.5	1.01
		LDZH-02		34	2.17	0.62	0.61	0.30	0.07	0.55	8.21	13.3	4.53	701	24.2	406	63.5	3.59
		BTZH-01	德保巴头矿区堆积型铝土矿剖面组合样品，在含矿层内连续采样并进行组合，矿石和粘土比例约为8∶1	45.5	2.41	0.43	1.78	0.51	0.65	0.12	8.92	12.7	12.5	1 692	54.2	350	37.1	1.09
		BTZH-02		43	1.88	0.92	1.4	0.55	0.23	0.22	10.2	8.83	11.6	1 242	42.6	353	39.9	1.38
	精矿	JXJK	分别为靖西（JXJK）和德保（DBJK）堆积型铝土矿精矿样品，经破碎洗泥后，矿石粒度约为 0.5～1.0 cm	46.5	1.75	0.6	1.58	0.70	0.66	0.58	8.77	9.2	7.74	1 589	52.2	263	26.8	1.66
		DBJK		48	2.13	0.77	1.73	0.28	0.17	0.81	8.32	40.3	6.87	1 811	59.6	303	6.94	0.4

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

了 Tl 明显在精矿中富集外，其他元素在矿区间和原矿与精矿之间并无明显差别。

稀有元素中 Zr 含量最高为(701 ~ 1 811) × 10^{-6}，平均含量为 1 353 × 10^{-6}，巴头矿区 Zr 含量明显高于禄垌矿区，在精矿中有进一步富集的趋势。V 的含量为(263 ~ 406) × 10^{-6}，平均含量为 337.7 × 10^{-6}，不同矿区之间差别不大，在精矿中出现贫化现象。Hf 和 Nb 的含量均大于 10 × 10^{-6}，分别为(24.2 ~ 59.6) × 10^{-6} 和(6.94 ~ 63.5) × 10^{-6}。其他稀有元素的含量均小于 10 × 10^{-6}，并且含量变化较大，如 Ta 含量最低为 0.4 × 10^{-6}，而高者却为 3.59 × 10^{-6}。

3.1.2 沉积型铝土矿 桂西地区沉积型铝土矿层的野外判别标志明显，一般与煤层和硫铁矿相伴产出，褐煤层位于最顶部，硫铁矿层居中，而铝土矿层位于底部，与下伏灰岩呈不整合接触。从表 1 可以看出，靖西新圩沉积型铝土矿中，大部分稀有稀散元素的含量与堆积型铝土矿无明显差别。总体上，Ga、Ge、In、Sc、Be、Zr、Hf 和 V 在铁铝岩中的含量明显高于其在煤中的含量；Li 在煤和铁铝岩中含量高于堆积型铝土矿；Se 和 Tl 明显在煤层中富集，而 Cd、Te、Nb 和 Ta 则在铁铝岩中含量较高，特别是 Nb 和 Ta，在铁铝岩中的含量分别达到了 185 × 10^{-6} 和 11.5 × 10^{-6}，均高出其他类型样品中的含量10倍以上，换算成氧化物后，Nb_2O_5 和 Ta_2O_5 的含量分别为 226 × 10^{-6} 和 14.04 × 10^{-6}。风化壳(褐钇铌矿或铌铁矿)矿床中的铌、钽边界品位为 0.008% ~ 0.010%（$(Ta, Nb)_2O_5$），最低工业品位为 0.016% ~ 0.020%（$(Ta, Nb)_2O_5$），表明铌和钽已可作为独立矿体进行圈定。但由于本次工作采集样品较少，数据不具有广泛代表性，仍需要作进一步工作。

3.2 对比研究

为了进一步研究各元素在铝土矿中的分布规律，在德保县马隘矿区采集了一组堆积型铝土矿剖面样品，同时在崇左市东罗乡采集了一套沉积型铝土矿岩心样品。马隘矿区堆积型铝土矿剖面为人工开采铝土矿残留面，剖面高约 15.5 m，顶部为厚约 15 cm 的腐殖土层，底部为风化基岩；铝土矿矿层主要由碎屑状的铝土矿矿石和粘土组成。本次工作以 0.5 m 为采样间距，在堆积型铝土矿剖面中自下而上共采集 31 件样品，通过室内处理，将铝土矿矿石和粘土进行分离，分别对其中 Ga、Hf、Zr、Sc、Nb、Ta 进行了含量分析，不同元素在不同类型样品中的含量见表 2。

3.2.1 堆积型铝土矿剖面中元素含量特征 总体上看，无论堆积型矿床还是沉积型矿床，Ga、Hf、Zr、Sc、Nb、Ta 的含量均较高。其中 Ga 在堆积型铝土矿矿石中的含量为(47.4 ~ 89.0) × 10^{-6}，平均含量为66.86 × 10^{-6}，均超过了铝土矿中伴生矿产

表 2 桂西不同类型样品稀散元素含量特征

Table 2 Analysis results of the rare-scattered elements in different types of bauxite from western Guangxi $w_B/10^{-6}$

矿床类型	剖面/钻孔特征	样品类型	Ga		Hf		Zr		Sc		Nb_2O_5		Ta_2O_5	
			范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值	范围	平均值
德保马隘矿区堆积型铝土矿	剖面高度为 15.5 m，顶部为厚约 15 cm 的腐殖土层，底部为风化基岩；铝土矿矿层主要有碎屑状的铝土矿矿石和粘土组成。自下而上以 0.5 m 间距采集样品，共采集 31 件样品	矿石(31)	47.4 ~ 89.0	66.86	6.95 ~ 18.1	11.17	581 ~ 1 303	926	40.4 ~ 70.8	50.2	68.5 ~ 200.3	114.3	0.11 ~ 1.03	0.43
		粘土(31)	43.2 ~ 56.4	49.24	6.25 ~ 14.3	9.51	561 ~ 844	681.8	35.5 ~ 44.1	39.92	35.5 ~ 88.4	53.8	0.21 ~ 3.59	0.96
崇左市东罗乡沉积型铝土矿	钻孔编号为 ZK9325-1，位于崇左市东罗乡。该钻孔总深度为 56.2 m，其中煤层为 32.4 ~ 34.5 m，厚约 2.1 m；铁铝岩层为 34.5 ~ 38.2 m，厚约 3.7 m；铁铝岩层下为灰岩，未见底	粘土岩(1)	27.90		6.12		203		12.1		18.88		1.66	
		煤层(3)	22.0 ~ 37.9	30.6	2.07 ~ 6.93	4.82	85.2 ~ 356	239.1	10.4 ~ 18	15.3	12.90 ~ 32.04	23.37	0.09 ~ 0.76	0.32
		铁铝岩层(4)	62.9 ~ 71.2	66.33	8.85 ~ 9.86	9.29	571 ~ 1 081	774.5	28.2 ~ 43.2	35.4	77.10 ~ 98.42	86.44	0.28 ~ 0.77	0.45
		灰岩	18.70 ~ 56.60	37.65	4.35 ~ 8.11	6.23	185 ~ 330	258	5.51 ~ 16.2	10.86	31.04 ~ 36.05	33.55	0.07 ~ 0.53	0.30

注：括号内为样品数。

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

的综合利用品位；Ga 在堆积型铝土矿的粘土中含量为(43.2～56.4)×10^{-6}，平均含量为 49.24×10^{-6}，低于堆积型铝土矿，表明 Ga 主要赋存于铝土矿矿石中。

Hf 在堆积型铝土矿矿石中含量为(6.95～18.1)×10^{-6}，平均含量为 11.17×10^{-6}；Hf 在粘土中含量为(6.25～14.3)×10^{-6}，平均含量为 9.51×10^{-6}。矿石与粘土之间无明显差别。

Zr 在堆积型铝土矿矿石中含量为(581～1 303)×10^{-6}，平均含量为 926×10^{-6}，其中含量低于 1 000×10^{-6}有 14 件，占样品总数的 44%；Zr 在粘土中含量为(561～844)×10^{-6}，平均含量为 681.8×10^{-6}。Zr 总体上在矿石中富集。

Sc 在堆积型铝土矿矿石中含量为(40.4～70.8)×10^{-6}，平均含量为 50.2×10^{-6}；Sc 在粘土中含量为(35.5～44.1)×10^{-6}，平均含量为 39.92×10^{-6}。可以看出，堆积型铝土矿中，Sc 主要富集在矿石中。我国目前对 Sc 暂无工业品位要求，Sc 的国外工业回收品位一般为(20～50)×10^{-6}[15]。与国外工业回收品位相比，马隘矿区堆积型铝土矿中的 Sc 已达工业回收的要求，可以进行综合利用。

Nb(换算为氧化物 Nb_2O_5)在堆积型铝土矿矿石中含量为(68.5～200.3)×10^{-6}，平均含量为 114.3×10^{-6}，超过了工业利用的边界品位(参照铌钽的风化壳矿床，0.008%～0.010%)，并且在 32 件样品中有 30 件均超过了边界品位，占总样品数的 93.8%，其中有 2 件样品甚至超过了最低工业品位(0.016%～0.020%)。Nb(换算为氧化物 Nb_2O_5)在堆积型铝土矿的粘土中含量相对较低，为(35.5～88.4)×10^{-6}，平均含量为 53.8×10^{-6}，有 3 件样品达到了边界品位要求。可以看出，马隘矿区堆积型铝土矿中 Nb 主要赋存在铝土矿矿石中，而且已经达到了圈定独立矿体的要求。

Ta(换算为氧化物 Ta_2O_5)在堆积型铝土矿矿石中含量为(0.11～1.03)×10^{-6}，平均含量为 0.43×10^{-6}。在矿体粘土中 Ta_2O_5 的含量为(0.21～3.59)×10^{-6}，平均含量为 0.96×10^{-6}。可以看出，Ta 主要赋存在粘土之中。另外，在矿体底部的风化基岩中 Ta_2O_5 为 2.77，明显高于其上矿体中的矿石和粘土，可能与风化淋滤作用有关。

总之，德保马隘矿区堆积型铝土矿中，Ga、Zr、Sc、Nb 主要赋存在矿石中，Ta 主要赋存在粘土中，Hf 在矿石和粘土中的含量无明显区别。矿石中 Ga、Zr、Sc、Nb 均可进行综合回收利用，特别是 Nb，达到了圈定独立矿体的边界品位。

3.2.2　沉积型铝土矿剖面中元素含量特征　从表 2 和图 2 可以看出，在崇左市东罗乡沉积型铝土矿钻孔岩心中，Ga、Hf、Zr、Sc 和 Nb(Nb_2O_5)主要赋存在铝土矿中，平均含量分别为 66.33×10^{-6}、9.29×10^{-6}、774.5×10^{-6}，35.4×10^{-6}和 86.44×10^{-6}；Ta 主要赋存在粘土岩中，Ta_2O_5 平均含量为 1.66×10^{-6}。相对于堆积型矿体，沉积型铝土矿中的上述元素均较低，仅 Ga 可进行综合回收利用。

综上所述，在原生沉积型铝土矿中，除了 Ga 之外，其他稀有、稀散元素均未见明显的富集现象；而在堆积型铝土矿中，大部分稀有、稀散元素均有不同程度的次生富集特征，部分元素甚至达到了工业利用品位或独立圈定矿体的要求，是今后综合利用的主要对象。

3.3　资源潜力分析

马隘矿区堆积型铝土矿矿石样品中，Nb(换算为氧化物 Nb_2O_5)的平均含量为 114.3×10^{-6}，与铌钽的风化壳型矿床的边界品位相比，有 93.8%的样品超过了边界品位，达到了圈定独立矿体的要求。因此，德保马隘矿区除了丰富的铝土矿资源之外，进一步寻找铌资源也是一个值得关注的方向。该区其他类似的矿区还很多，都值得开展铌资源的综合评价。

靖西新圩沉积型铝土矿伴生的铁铝岩中，铌(换算成 Nb_2O_5)的含量为 226×10^{-6}，超过了风化壳(褐钇铌矿或铌铁矿)矿床中的铌、钽最低工业品位，在矿产勘查中也达到了圈定独立矿体的要求。但因为其中有害组分(如硅和硫)过高至今无法开采利用。如果在开采铝土矿的同时开发铁铝岩中的 Nb、Ta 资源，无疑会降低成本，从而达到工业利用的要求。

4　结　论

(1) 稀散元素 Ga、Sc 和稀有元素 Zr、Hf、Nb、Ta在桂西沉积型和堆积型铝土矿中均有明显

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

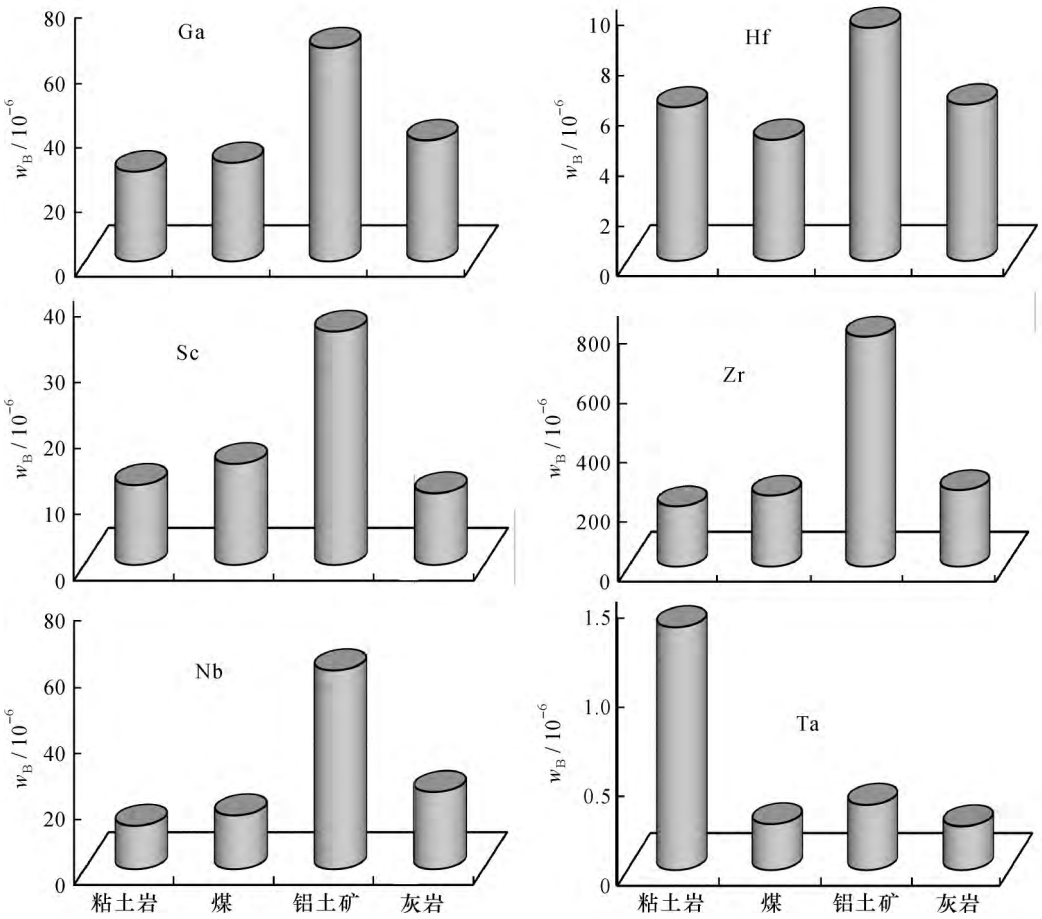

图 2 沉积型铝土矿剖面中不同类型样品中稀散元素平均含量特征

Fig. 2 Characteristics of rare-scettered elements in different types of sedimentary bauxite deposits

的富集趋势，其中 Ga、Sc、Zr、Hf 已经或基本达到伴生矿综合利用的标准，具有综合回收利用的价值，而 Nb 和 Ta 的含量已经达到圈定独立矿体的要求，可进一步进行勘查工作。

(2) 总体上看，靖西、德保矿区稀有、稀散矿产资源具有巨大的综合利用价值。

参考文献:

[1] 李沛刚，王登红，赵芝，等. 贵州大竹园铝土矿矿床地质、地球化学与成矿规律 [M]. 北京: 科学出版社，2014: 77 – 146.

[2] 鹿爱莉，贾雅慧. 我国铝土矿的综合利用研究 [J]. 矿产保护与利用，2010 (1): 49 – 51.

[3] 李军敏，丁俊，尹福光，等. 渝南申基坪铝土矿矿区钪的分布规律及地球化学特征研究 [J]. 沉积学报，2012，30 (5): 909 – 918.

[4] 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.

[5] 叶霖，潘自平，程增涛. 贵州修文小山坝铝土矿中镓等伴生元素分布规律研究 [J]. 矿物学报，2008，28 (2): 105 – 111.

[6] 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.

[7] 叶霖，程曾涛，潘自平. 贵州修文小山坝铝土矿中稀土元素地球化学特征 [J]. 矿物岩石地球化学通报，2007，26 (3): 228 – 233.

[8] 龙永珍. 桂西铝多金属矿矿床地质地球化学特征及综合利用研究 [D]. 长沙: 中南大学，2003.

[9] 柴东浩，屈值明，陈汉成，等. 山西铝土矿中稀有稀土元素的新发现及工业意义 [J]. 轻金属，2001 (6): 6 – 11.

[10] 王登红，王瑞江，李建康，等. 中国三稀矿产资源战略调查研究进展综述 [J]. 中国地质，2013，40 (2): 361 – 370.

[11] 王瑞江，王登红，李建康，等. 稀有稀土稀散矿产资源及其开发利用 [M]. 北京: 地质出版社，2015.

[12] 真允庆，王振玉. 华北式 (G 层) 铝土矿稀土元素地球化学特征及其地质意义 [J]. 桂林冶金地质学院学报，

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1991，11 (1): 49 – 56.
[13] 郭福祥. 广西内生有色 – 贵金属大地构造成矿单元 [J]. 桂林工学院学报，1995，15 (4): 328 – 337.
[14] 周方. 试论广西靖西县新圩铝土矿区堆积型铝土矿体的分布特征 [J]. 矿产与地质，2010，24 (3): 241 – 244.
[15] 赵运发，亓小卫，王志勇，等. 山西铝土矿稀有稀土元素综合利用评价 [J]. 世界有色金属，2004 (6): 35 – 37.

Geochemical characteristics of the rare metal and rare-scattered elements of bauxite in western Guangxi

ZHANG Jia-li[1], ZHANG Qing-wei[1], YANG Chun-long[2], GAO Pan[1], MIAO Bing-kui[1], PI Qiao-hui[1], LI She-hong[1]

(1. a. Guangxi Key Laboratory of Hidden Metallic Ore Deposit Exploration; b. College of Earth Sciences, Guilin University of Technology, Guilin 541004, China; 2. Guangxi Geological Exploration Institute, China Metallurgical Geology Burecu, Nanning 530022, China)

Abstract: The investigation of resources condition and the distribution characteristics of the rare metal and rare-scattered elements in different types of bauxite and red mud in western Guangxi indicate that in the bauxite of karst accumulation, Ga, Zr, Sc and Nb exist mainly in the ore. Ta exists mainly in clay, and Hf has no obvious difference in minerals and clay. The rare-scattered elements (Ga, Sc) and rare elements (Zr, Hf, Nb and Ta) have obvious enrichment trend in the bauxite of karst accumulation and primary sedimentary. Ga, Sc, Zr and Hf have already or almost reached the standard of comprehensive utilization of associated minerals, and have the value of comprehensive recycling. The contents of Nb and Ta in the ferrallite layers of sedimentary type bauxite meet the requirement of independence for delineating ore body.

Key words: rare metal elements; rare-scattered elements; bauxite; geochemistry; western Guangxi

?1994-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net