

桂西二叠系铝土矿地球化学特征与沉积模式

张启连,赵辛金,李玉坤,李昌明,韦访

广西地质调查院,南宁,530023

内容提要:桂西二叠系铝土矿具有“二元”成层构造,下层为厚层状铝土矿层,主要矿石类型为块状铝土矿、豆鲕状和碎屑状,上层为层韵状铝土矿层,主要矿石类型为致密状,次之为碎屑状,上下层之间局部地段可见冲刷面。下部厚层状铝土矿层常量组分 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 TiO_2 明显高于上部层韵状铝土矿层, SiO_2 高出4倍,活泼组分 $\text{CaO}+\text{MgO}+\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ 的含量高出10倍,微量元素中 Ba、Rb、Sr、Li 表现为上层高下层低,不活泼元素 Sc、Cr、Ga、Nb、Hf、Ta、V、Zr、 ΣREE 显示上层低下层高特点。铝土矿层属于峨眉山热地幔柱事件引起的东吴运动过程中两个小的“事件—过程”亚阶段(幕)产物,厚层状铝土矿分层形成于“岩浆—夷平”均衡亚阶段,作为物源的古风化壳成熟度高,层韵状铝土矿分层形成于“岩浆—夷平”失衡亚阶段,而相应的古风化壳成熟度低,从而导致成层构造迥异和地球化学突变。

关键词:桂西;铝土矿;厚层状铝土矿层;层韵状铝土矿层;事件—过程

桂西地区铝土矿目前主要利用堆积型—水硬铝土矿,研究程度亦较高,研究集中于中部的平果矿区,而作为堆积铝土矿的源岩,二叠系合山组沉积型铝土矿(原生矿)研究程度却显得薄弱,体现在对矿层地质特征描述不够细化,矿床地球化学研究除平果矿区外(戴塔根等,2003,2007;王力等,2004;侯莹玲等,2014),极少涉及大范围内矿床间的对比研究。近年来桂西沉积型铝土矿研究取得了一些新进展,通过针对锆石研究,获得了一批年龄数据,认为物质来源与峨眉山热地幔柱密切相关的长英质岩浆岩(张起钻,2011)或与古特提斯二叠纪岛弧酸性岩浆岩有关(侯莹玲等,2014;乔龙,2016),或两者均有贡献,但贡献区域有分区(Yu Wenchao et al., 2016);主流观点认为成矿作用分为三个阶段,即红土阶段,迁移阶段和后期改造作用,迁移以短距离搬运为主;成矿背景均与重大地质事件密切相关(王庆飞等,2012);此外,与铝土矿关系密切的“三稀”和关键矿产(陈毓川等,2019;王登红,2019)研究也取得进展,如利用稀土元素对沉积环境的分析(Ali Abedini et al., 2013, 2019)。笔者在桂西铝土矿调查中,注意到其“下部厚层状+上部层韵状”沉积构造的特点,对比前人对该区铝土矿的研究成果发现,

尽管近年来取得了长足的进展,但诸多沉积型铝土矿研究仍停留在“一层矿”的认知上,样品采集在剖面纵向上未能进行分层,从而对数据间的显著差异无法给出满意的解释,导致对铝土矿成矿作用进行简单化演绎,甚至成矿模式与成矿作用相互矛盾。笔者认为此种研究不足现象主要缘于完整的铝土矿剖面在广阔的桂西地区十分罕见,其次是原生矿石主要通过钻孔岩芯获取,含硫高,易风化,研究者很难获得原始的钻芯样品予以测试分析。笔者在近年的铝土矿调查中,发现了数处较为完整的合山组铝土矿层剖面,取得一定数量的新鲜岩矿样品,其常量元素、微量元素、稀土元素地球化学特征与铝土矿层宏观成层构造特征相呼应,蕴含着不同的成因意义。认识分层之间的异同点及其发育程度将有助于指导今后的勘查和研究,有利于桂西铝土矿研究的深入和阐释铝土矿富集规律。

1 地质背景

桂西地区在广西运动后,于早泥盆世中期在加里东造山带的基础上开始裂陷,期后逐渐演变为裂谷和弧后盆地或被动大陆边缘和前陆盆地(曾允孚等,1995;秦建华等,1996),亦被认为是金沙江—红

注:本文为“广西关键矿产资源深部勘查人才小高地”项目和中国地质调查局计划项目“南岭成矿带地质矿产调查”子项目“桂西地区铝土矿勘查选区研究”(编号:1212011085411)的成果。

收稿日期:2019-10-17;改回日期:2020-02-14;责任编辑:刘志强。Doi: 10.16509/j.georeview.2020.04.018

作者简介:张启连,男,1966年生,教授级高级工程师,主要从事矿产勘查工作;Email: 258839931@qq.com。通讯作者:赵辛金,男,1968年生,高级工程师,主要从事矿产勘查工作;Email: xjzhaogx@163.com。

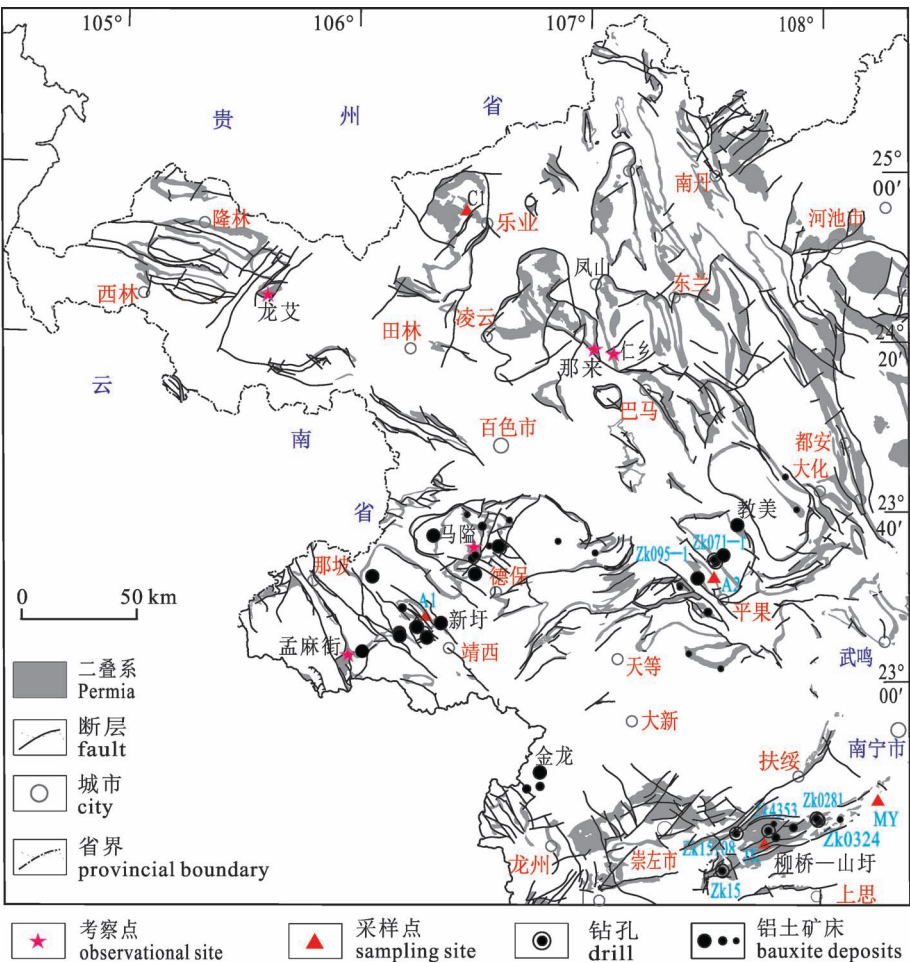


图 1 桂西地区二叠系分布及铝土矿考察点位置

Fig. 1 Distribution of the Permian bauxite and locations of observation in western Guangxi

河—马江缝合带与扬子板块之间的大陆边缘盆地(杜远生等,2013)。晚古生代、中生代及第四纪地层广泛出露,早古生代仅寒武系零星出露,其西部为陆棚相碳酸盐岩夹碎屑岩,厚 800 余 m,往东过渡为巨厚的陆源复理石碎屑岩,缺失奥陶—志留系,早泥盆世早—中期以砂砾岩、砂岩、粉砂岩、泥页岩和泥灰岩为主,下泥盆统角度不整合于寒武系之上,且由东往西超覆。早泥盆世晚期,地壳开始产生张裂,逐步形成许多大小不一的浅水碳酸盐孤立台地和深水台沟,构成棋盘式沉积格局,此现象维持到早三叠世(广西地质矿产局,1985),台地相区以沉积碳酸盐岩、生物礁灰岩、泥晶灰岩、鲕粒灰岩、角砾岩等为特征,沟槽相或盆地相区则形成深水的硅质—泥质—灰质的混合沉积,夹基性—中性火山岩建造。

本文研究的铝土矿(岩)产于台地相区(图 1 灰色分布区域),桂西地区在晚古生代发生过多次的抬升,形成数个沉积间断面,如下石炭统/上泥盆统、

中二叠统栖霞组/马平组(石炭—二叠合层)、上/中二叠统、中下三叠统/上二叠统等等,其中下石炭统/上泥盆统、上/中二叠统不整合面上产出铝土岩,又以后者分布范围广,规模大,是桂西地区堆积型铝土矿的成矿母岩。

2 研究资料与方法

考察剖面来自桂西地区的平果、靖西、乐业、扶绥等四个地区,涉及桂西北部、中部和南部三个区域。其中北部乐业加刷剖面(C1)出露好,可观察到矿层顶底板。靖西新圩剖面(A1)为一新剥开的铝土矿层剖面,埋于原地表 3~4 m,矿层顶底板出露较好,产状较小,受氧化淋滤影响不大,尚属新鲜剖面;平果那豆矿段剖面(A2)直接出露于地表,为地表一旧采坑,产状较陡(>70°),该剖面资料来自侯莹玲(2017);另有二个太平矿段钻孔剖面(ZK071-1、ZK095-1)揭穿了原生铝土矿层,但属于生产性质钻孔,仅

能收集到部分测试结果;南部南宁明阳剖面(MY)仅出露铝土矿层上部,扶绥渠坎剖面(JK)剥露完整,顶部直接出露于地表,部分已遭受剥蚀,但附近可观察到顶部的层韵状铝土矿层,钻孔(ZK15108、ZK4365、ZK0324、ZK0281)的埋深或含硫量均显示未遭受现代地下水扰动,为原生铝土矿层。本次研究获得的数据相对以往的研究尚较齐全,单个剖面采样连续,覆盖范围较广,不再限于以往研究仅于平果、靖西等少数矿区,具有较强的代表性。

样品送至澳实分析检测(广州)有限公司,样品破碎后缩分出 300 g 研磨至 75 μm(200 目),检测方法为 X 射线荧光光谱议熔融法分析主次量元素(代号:P61-XRF26s),检出限为 0.01%,和电感耦合等离子体质谱稀土微量元素分析(代号:M61-MS81),检出限(0.002~1)×10⁻⁶,Cr 的检出限 10×10⁻⁶,V 的检出限 5×10⁻⁶,W 的检出限 1×10⁻⁶,Zr 的检出限 2×

10^{-6} , 微量与稀土元素分析精度为 5%~10%。

3 铝土岩层分层宏观特征

二叠系沉积型铝土矿呈层状, 与下伏茅口组灰岩呈假整合接触, 严格受古地理及古岩溶地形地貌

控制。剖面出露完整时即可辨识出明显的“二元”沉积结构, 即下部厚层状铝土矿层, 上部为层韵状铝土矿层(图 2b、d、f、g); 底部偶见铁质铝土质泥岩(图 2e), 其与厚层状铝土矿矿物成份并无实质上的差别, 仅仅含泥质、铁质较高而已, 由于古今的岩溶

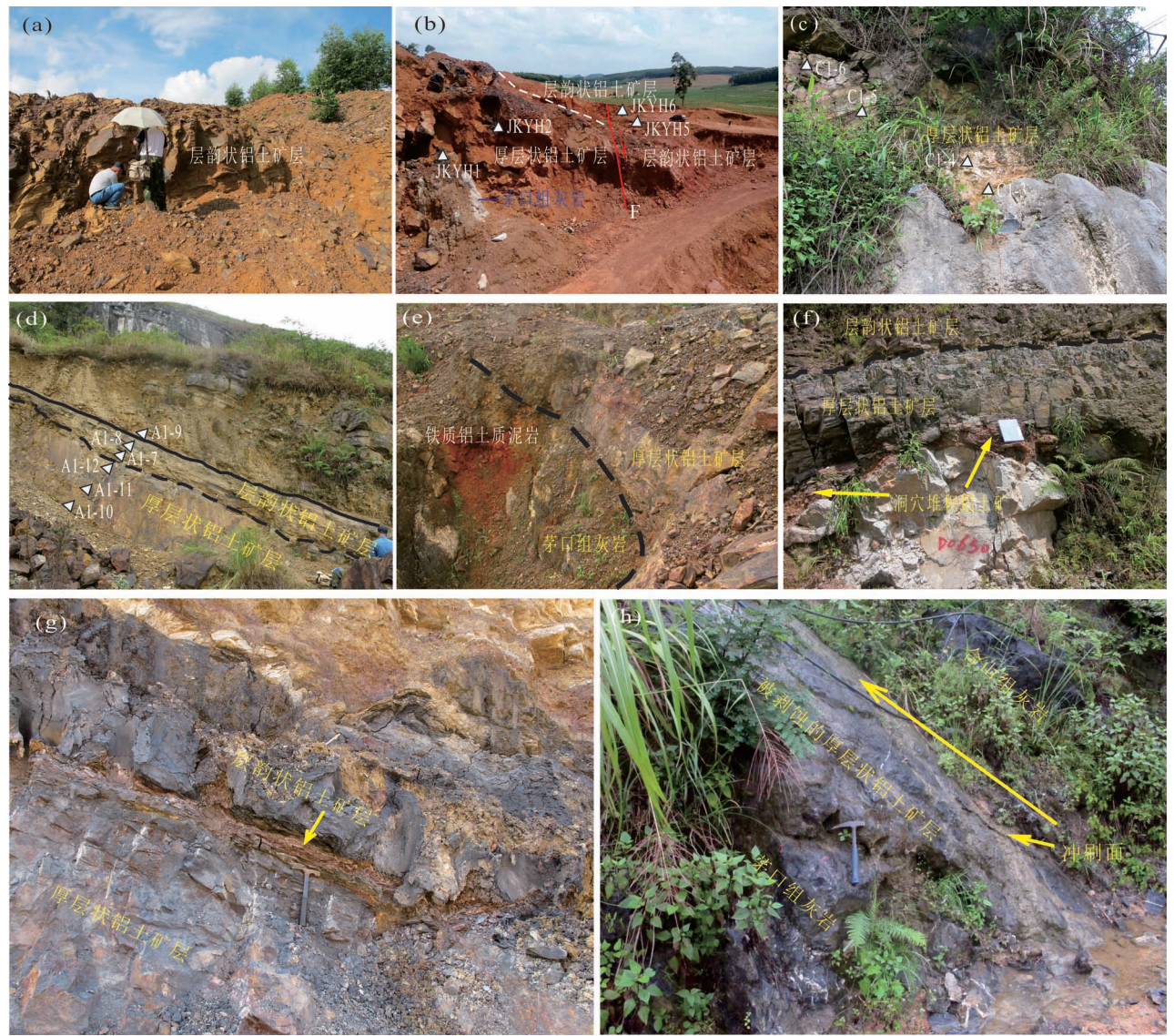


图 2 桂西地区二叠系铝土矿层特征

Fig. 2 Characteristics of bauxite orebeds in western Guangxi

(a) 扶绥县渠坎(JK)剖面附近的上部层韵状铝土矿层;(b)一绥县渠坎(JK)剖面下部厚层状与层韵状铝土矿层;(c)乐业县加刷剖面下部厚层状铝土矿层;(d)靖西县新圩(A1)剖面下部厚层状铝土矿层与层韵状铝土矿层,及其之间的冲刷面(虚线);(e)靖西县新圩矿区铝土矿底板铁质铝土质泥岩;(f)德保县马隘矿区厚层状铝土矿层与上部层韵状铝土矿层,下部溶洞为堆积型铝土矿,为堆积铝土矿雏形;(g)靖西县新圩矿区 A1 剖面附近的薄层层韵状铝土矿层;(h)巴马县那来被剥蚀的厚层状铝土矿层,可见矿层以平滑的冲刷面与灰岩接触

(a) the upper rhymic bauxite layer near the JK profile in Fushui County; (b) the lower thick bauxite layer and upper rhymic bauxite layer in the JK profile; (c) the lower thick bauxite layer in the Jiashua profile, Leye County; (d) the lower thick bauxite layer and upper rhymic bauxite layer in the Xinxu (A1) profile, Jingxi County, and the wash surface(dashed line) between them; (e) the iron-rich and bauxite-rich siltstone under bauxite layer in the Xinxu deposit; (f) the lower thick bauxite layer and upper rhymic bauxite layer in the Maai deposit of Debao County, and rudiment of accumulated bauxite in karst cave; (g) the thin rhymic bauxite layer near the Xinxu (A1) profile of Jingxi County; (h) denudated lower thick bauxite layer and smooth wash surface

作用,已几乎消失殆尽,仅局部地段可见,故本研究将其纳入厚层状矿层当中。少数研究者观察到了铝土矿分层现象,比如将铝土矿层划分为下部紫红色碎屑铝土矿层和上部灰黑色致密状铝土矿层(余文超等,2014),本次笔者还发现了厚层状矿层与层韵状矿层之间的冲刷面(图 2d),或厚层状矿层被剥蚀现象(图 2h),此冲刷面使厚层状铝土矿层顶板和底板一样呈现出“凹凸不平”的特点,有学者将二层间的波状界线成因推断为铝土矿形成后受侵蚀切割有关,是陆相成因的标志之一(苏煜,1985);图 2f 中,下部厚层状矿层与上部层韵状矿层其产状显示出不协调性;靖西县新圩矿区距图 2d 东约 2 km 处,尚发现了厚层状铝土矿顶部发育一层含不规则铝土矿砾石的红色风化泥岩,厚 5~10 cm。华北 G 层铝土矿中亦常见有矿层内部的冲蚀槽或矿层顶部的砾状铝土矿,被认为是铝土矿层形成后发生过剥蚀作用(温同想,1996)。铝土矿层或顶部缺失是常见现象,以致于铝土矿层顶部出现硅质岩、泥岩或灰岩等不同的岩性层(张启连等,2016),除红土阶段地貌高低起伏外,部分原因应与古冲刷作用有关。图 2f 中的现代溶洞可见堆积型铝土矿雏形,表明堆积型

铝土矿应首先从矿层底部开始形成溶洞,旋即沉积铝土矿开始塌落堆积,当发展到顶板灰岩也坍塌溶蚀时,堆积铝土矿即可露出地表。

本区铝土矿矿石类型较多,原生矿石主要有①块状矿石(图 3a),深灰色,主要矿物一水铝石呈隐晶质,少鲕豆,质硬,多分布于厚层状矿层下部;②角砾状铝土矿,角砾大小悬殊,0.5~5 cm,由深灰色铝土矿组成,铁质胶结,多分布于下部及中部;③鲕豆状矿石(图 3b、c),鲕、豆占 50%以上,浑圆状,质硬,多分布于厚层状矿层中下部,原生矿石中,此种矿石质量最好;④碎屑状矿石(图 3d、e),碎屑由铝土矿屑、豆屑、鲕屑及一水硬铝石、高岭石等矿物屑组成,豆鲕屑破裂、压扁,质硬,多分布于厚层状矿层的中上部 and 层韵状矿层中,常见定向排列构造;⑤致密状矿石(图 3f),实质上是铝土岩与黏土岩的过渡类型,属泥质铝土岩或铝土质泥岩,质软,分布于层韵状矿层中,原生矿石中含硫高,常达不到铝土矿的最低工业品位要求,出露地表后遭受氧化淋滤,可达到铝土矿品位要求。次生矿石主要有土状矿石,个别地段如巴马县那来屯可见到松散的渣状矿石(梁国科等^①),土状或渣状矿石是遭受强烈淋滤的产物

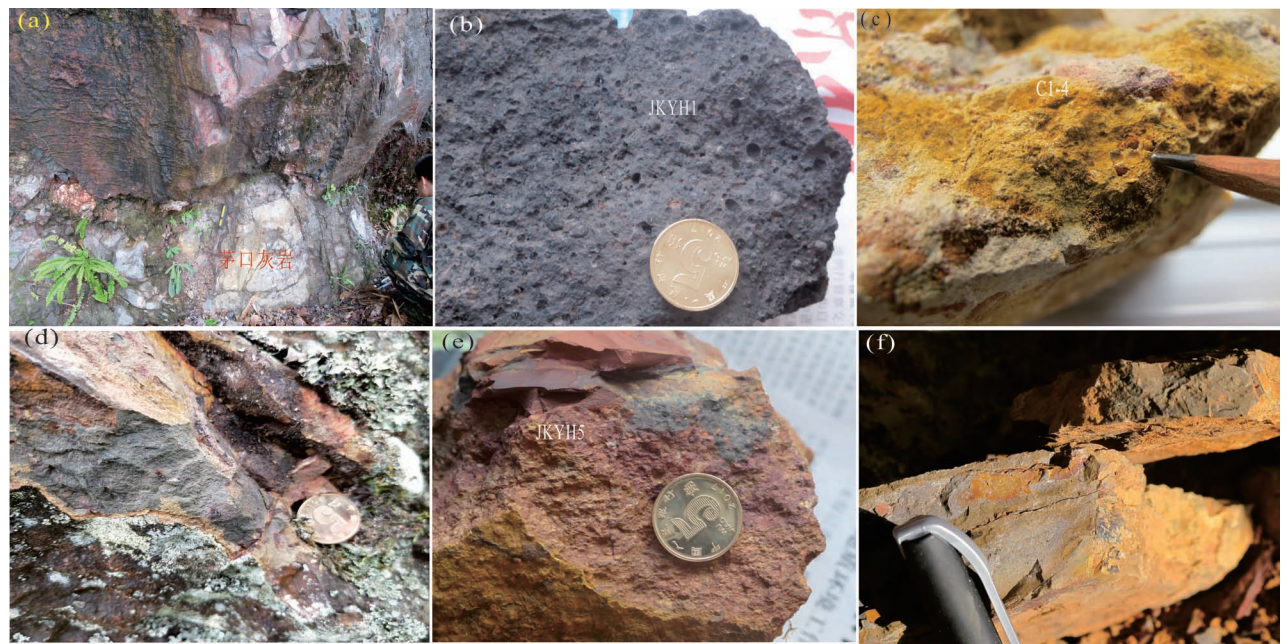


图 3 桂西地区二叠系铝土矿石特征

Fig. 3 Characteristics of bauxite ores in western Guangxi

(a) 块状矿石,那坡县孟麻街矿区;(b) 豆鲕状矿石,扶绥县邕土岭矿区;(c) 豆鲕状矿石,乐业县加刷;(d) 碎屑状矿石,隆林龙艾;
(e) 碎屑(豆鲕屑)状矿石,豆、鲕混杂分布,扶绥县邕土岭;(f) 致密状矿石,泥质的丝绢光泽明显,扶绥县邕土岭
(a) massive bauxite ore in Mengmajie deposit of Napo County; (b) oolitic ore in Batuling deposit of Fuxu County; (c) oolitic ore in the Jiashua profile of Leye County; (d) clastic ore in Long'ai village of Longlin County; (e) clastic (oolitic stype) ore in Batuling deposit in Jiashua County; oolites and beans distributing randomly; (f) dense ore with silk luster represent silt-rich in Batuling deposit of Fuxu County

(余文超等,2013)。

原生矿石中常常看到的是它们之间的过渡类型,矿石类型基本上反映了矿石质量,同时也反映了当时风化壳的成熟程度,从豆鲕状→块状→碎屑状→致密状,矿石质量渐次降低,说明成矿母体—古风化壳成熟度亦应逐渐降低。一般情况下,自下而上泥质增多,厚层状矿层矿石质量较好,但也有例外情况,如桂西北部的隆林—乐业一带,厚层状矿层即已含有较多的泥质,以致矿石质量较差。

矿石由粒屑与基质组成(图 4),两者矿物组成相同,粒屑主要为岩屑、豆鲕、结核等组成,主要矿物为一水铝石、高岭石、褐铁矿或赤铁矿,以微晶—隐晶质为主,紧密交生,一水铝石泥晶在粒屑中多呈密集斑点状分布,在基质中则多呈分散斑点状分布,一水铝石相对富集于粒屑中;另有少量锐钛矿、勃姆铝矿、三水铝石、伊利石、绿泥石、黄铁矿,偶见菱铁矿、白云石、方解石、石英等,人工重砂中还常见有少量的锆石、磁铁矿及极少量的磷灰石;矿石除了主要发育斑点结构外,还发育有胶状结构,次生亮晶粒状结

构。粒屑在厚层状矿层的矿石中占多数,且多呈随机性集中或分散产出,可称之为混杂构造,在厚层状矿层中占有优势,其次为定向构造,而层韵状矿层中粒屑偏少,尤其是豆鲕粒明显减少,矿石以定向构造发育为主。

前人在平果矿区研究中发现了火山物质(罗强,1989;侯莹玲,2017),后者还在铝土矿层上部的海陆交互相碎屑岩中发现火山物质,含量可达 35%,证据之一为凝灰岩碎屑内包含有尖角状或弧面状石英晶屑。桂西地区除平果外绝大多数铝土矿区未开展过火山物质的研究。

铝土矿厚层状和层韵状矿层厚度变化较大,即使在矿区尺度内,亦存在急剧变化,以近东西向西大明山为界,北部自隆林至平果、德保、靖西、那坡一带,厚层状矿层保存厚度较大,而上部层韵状矿层厚度较小,大多小于 1 m,一般变化于 0.2~0.5 m,有时呈小透镜状产出;在南部南宁、扶绥一带,上部层韵状矿层厚度明显增加,变化于 1~2 m,在南宁明阳一带,厚度可达 4 m。

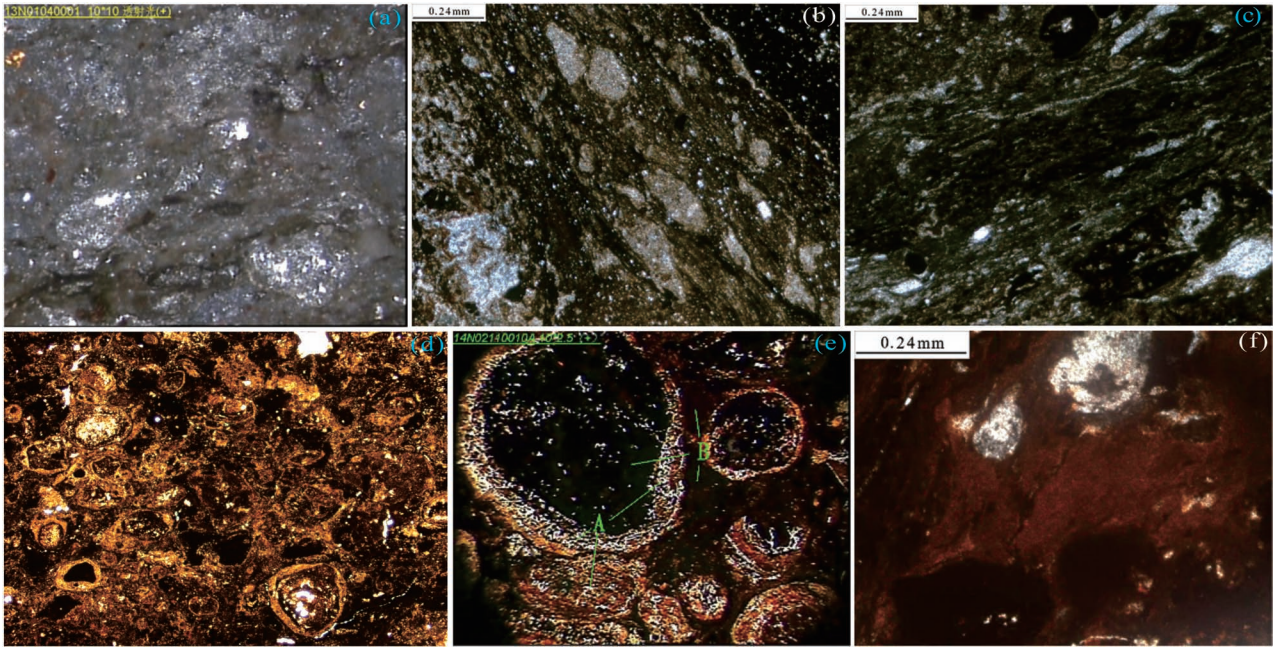


图 4 桂西地区二叠系铝土矿石矿物特征

Fig. 4 Mineral characteristics of bauxite ores in western Guangxi

(a) 致密状矿石中的微晶—隐晶质—一水硬铝石(浅灰、灰白色调,深色调为高岭石,下同),在粒屑(砂屑)中相对集中,(10×10);(b) 致密状矿石中的定向构造,(5×10);(c) 碎屑状矿石中定向构造,(5×10);(d) —碎屑状矿石中的紧邻的鲕粒和结核等粒屑,可见不完整边界的破鲕,(10×2.5);(e) 块状矿石中的豆鲕的混杂堆积(其中 A 为一水铝石,B 为高岭石和褐铁矿),(5×10);(f) 块状矿石中的铝、铁质水化物呈胶状集合体分布,(5×10)

(a) micro-crystal of diaspore(light gray and white) and kaolinite(dark gray) in dense ore, more concentrating in “grain” than in matrix, 10×10; (b) directivity structure in dense ore, 10×10; (c) directivity structure in clastic ore, 5×10; (d) impinging show of oolites and nodules with broken surface in clastic ore, 10×2.5; (e) oolites and beans distributing randomly in massive ore (A—diaspore, B—kaolinite,C—limomite), 5×10; (f) colloidal texture made of aluminum and iron hydras in massive ore, 5×10

4 铝土矿地球化学

前人对桂西铝土矿的地球化学研究累积了较多的资料,但对原生矿研究尚嫌不足,体现在样品偏少,未明确样品位置。本次研究针对不同矿石类型进行了测试,获得的数据对铝土矿宏观分层有明显的响应。

4.1 常量元素变化特点

表 1 为 11 个桂西剖面的铝土矿层常量元素测试结果,后 4 个钻孔剖面由于条件限制未能进行全面的组分测试,但获得的主量元素数据对分析研究仍然有所帮助。扶绥渠坎剖面中 JKYH2 可能受到了地表水或潜水的影响,其灼失量、CaO、MgO、MnO 的含量出现反常,此异常情况在分析中将予以考虑。

与华北、贵州铝土矿相似(刘卫民等,2012;谷静等,2015),桂西沉积铝土矿的 Al_2O_3 与 TiO_2 呈良好的正相关关系,而与 SiO_2 、CaO、MgO、 Na_2O 呈负相关关系(图 5)。

表 1 表明,某些数据变化在分层间有规律的变化,如新圩 A1 剖面,厚层状矿层(10、11、12 号样)的

Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 TiO_2 含量明显高于上部层韵状矿层(7、8 号样),而 SiO_2 含量则相反,相差达 4 倍以上,层韵状矿层中的活泼组分 CaO、MgO、 K_2O 、 Na_2O 总体上比厚层状矿层的含量高,以较为新鲜的靖西新圩 A1 剖面为代表,层韵状矿层的 $\text{CaO}+\text{MgO}+\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ 的含量为 5.29%~6.28%,而厚层状矿层仅 0.11%~0.93%,相差 10 倍以上;平果那豆剖面(ND)中的主要组分(Al_2O_3 、 SiO_2)上下分层间的变化比新圩 A1 剖面更明显, SiO_2 的差值达 3 倍以上,铝硅比从 11~16 陡降至 2.1,相差 4 倍以上,从优质矿石直变为低品位矿石。

钻孔剖面如扶绥山圩的 ZK15108、ZK4353 剖面与地表的新圩的 A1 剖面相比有一定的差异, Al_2O_3 含量较低, SiO_2 含量较高,两者自下而上变化但幅度不大, Fe_2O_3 、 TiO_2 略有变化,而活泼组分 CaO、MgO、 K_2O 、 Na_2O 的上下变化不太明显,佐证了地表条件下铝土矿中的硅和活泼组分比地下更易于淋失的普遍规律。

常量元素含量在上下铝土矿层中的突变特点表明,铝土矿的形成至少存在两个不同的阶段。

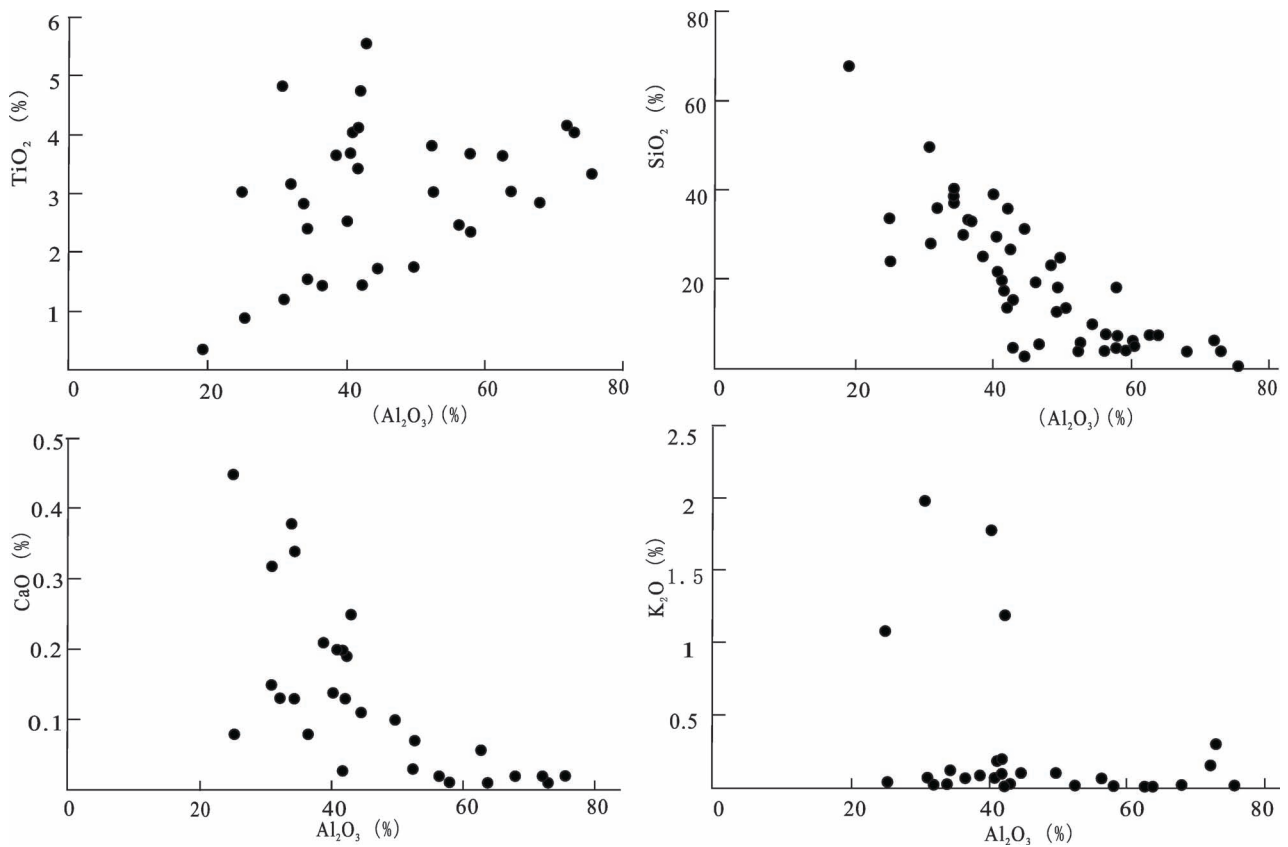


图 5 桂西地区沉积型铝土矿主要氧化物与 Al_2O_3 的相关性图解

Fig. 5 Correlation of major elements vs Al_2O_3 of sedimentary bauxite in western Guangxi

Table 1 Analyses of major elements(%) of bauxite ores in western Guangxi

剖面地点	样号	采样位置	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	SO ₃	灼失量
南宁明阳	MY4	层韵状矿层	41.64	17.55	24.9	3.44	0.028	0.43	0.017	0.096	0.01	0.12	0.08	12.1
南宁明阳	MY3	层韵状矿层	52.65	6.08	25.88	3.04	0.07	0.017	0.003	0.003	0.006	0.044	0.04	12.58
南宁明阳	MY2	层韵状矿层	62.71	7.87	10.36	3.65	0.056	0.066	0.003	0.001	0.001	0.03	0.06	15.4
扶绥渠坎	JKH5	层韵状矿层	56.32	8.08	20.03	2.48	0.02	0.04	0.12	0.07	0.02	0.09	0.06	12.84
扶绥渠坎	JKH6	层韵状矿层	57.96	7.65	18.43	2.37	0.01	0.04	0.05	0.01	0.01	0.02	0.05	13.66
扶绥渠坎	JKYH1	厚层状矿层	67.94	4.12	8.74	2.87	0.02	0.09	0.04	<0.01	0.01	0.08	0.19	15.92
扶绥渠坎	JKYH2	厚层状矿层	54.78	3.96	18.8	2.18	0.34	0.3	0.03	<0.01	0.33	0.07	0.28	18.3
平果那豆	A2-1	厚层状矿层	72.05	6.49	1.78	4.17	0.02	0.02	0.37	0.16	<0.01	0.024	0.425	14.75
平果那豆	A2-2	厚层状矿层	72.95	4.15	2.85	4.07	0.01	0.03	0.14	0.3	<0.01	0.024	0.425	14.45
平果那豆	A2-3	厚层状矿层	75.49	0.76	3.56	3.35	0.02	<0.01	0.05	<0.01	<0.01	0.028	0.45	15.05
平果那豆*	ND-5	层韵状矿层	56.7	26.34	0.14	2.93	0.06	0.45	0.36	0.09	0	0.03		13.19
平果那豆*	ND-4	厚层状矿层	73.24	6.35	1.16	3.94	0.04	0.5	0.27	0.1	0	0.04		14.31
平果那豆*	ND-3	厚层状矿层	68.16	6.08	7.08	3.82	0.09	0.47	0.35	0.16	0	0.1		14.03
平果那豆*	ND-2	厚层状矿层	72.93	4.53	0.77	3.94	0.08	0.45	1.28	0.1	0	0.03		15.88
平果那豆*	ND-1	厚层状矿层	72.44	6.51	0.38	4.13	0.08	0.46	0.58	0.12	0	0.02		15.25
靖西新圩	A1-9	顶板泥岩	19.12	67.65	2.19	0.37	0.08	1.54	0.75	3.04	<0.01	0.032	0.25	4.52
靖西新圩	A1-8	层韵状矿层	42.24	35.92	4.35	1.45	0.19	0.07	3.84	1.19	0.02	0.034	0.08	9.66
靖西新圩	A1-7	层韵状矿层	40.14	39.22	3.36	2.54	0.14	0.09	4.27	1.78	0.01	0.035	0.03	7.66
靖西新圩	A1-12	厚层状矿层	63.78	7.74	10.78	3.06	<0.01	0.89	0.04	<0.01	0.03	0.035	0.3	13.5
靖西新圩	A1-11	厚层状矿层	57.89	5.15	20.88	3.68	0.01	0.06	0.04	<0.01	0.01	0.025	0.1	11.35
靖西新圩	A1-10	厚层状矿层	52.34	4.48	28.89	3.84	0.03	0.07	0.05	<0.01	0.01	0.02	0.075	9.96
乐业加刷	C1-6	厚层状矿层	42.9	15.64	18.27	5.55	0.25	0.56	0.07	0.03	0.01	0.022	0.1	15.35
乐业加刷	C1-5	厚层状矿层	42.04	14.05	24.68	4.75	0.13	2.29	0.06	0.01	0.02	0.017	0.03	11.15
乐业加刷	C1-4	厚层状矿层	30.81	49.82	3.68	4.84	0.32	0.11	0.33	1.98	<0.01	0.049	0.05	7.61
乐业加刷	C1-3	厚层状矿层	24.92	33.77	21.47	3.04	0.45	0.19	0.54	1.08	0.14	0.052	0.1	13
扶绥山圩	ZK15108-7	层韵状矿层	34.35	40.47	5.2	2.42	0.34	0.37	0.04	0.12	0.32	0.02	0.205	16.38
扶绥山圩	ZK15108-6	层韵状矿层	33.84	38.76	6.58	2.83	0.38	0.38	0.03	0.03	0.37	0.02	0.2375	16.7
扶绥山圩	ZK15108-5	层韵状矿层	31.95	36.19	16.04	3.17	0.13	0.08	0.03	0.02	0.03	0.02	0.21	12.62
扶绥山圩	ZK15108-4	层韵状矿层	40.63	21.9	21.13	3.71	0.2	0.13	0.04	0.07	0.15	0.08	0.02	11.96
扶绥山圩	ZK15108-3	厚层状矿层	38.62	25.24	20.05	3.65	0.21	0.12	0.03	0.09	0.12	0.12	0.025	11.98
扶绥山圩	ZK15108-2	厚层状矿层	41.74	19.33	22.06	4.13	0.2	0.17	0.03	0.2	0.1	0.07	0.0625	11.84
扶绥山圩	ZK15108-1	厚层状矿层	41.01	20.05	21.75	4.06	0.2	0.15	0.02	0.19	0.08	0.07	0.0625	12.26
扶绥山圩	ZK4353-11	层韵状矿层	34.32	37.43	8.44	1.56	0.13	0.1	0.04	0.12	0.01	0.01	14.05	17.42
扶绥山圩	ZK4353-10	层韵状矿层	36.41	33.46	10.7	1.45	0.08	0.1	0.04	0.07	0.02	0.01	12.725	17.42
扶绥山圩	ZK4353-8	层韵状矿层	30.93	28.32	20	1.21	0.15	0.12	0.03	0.07	0.06	0.01	14.125	19.42
扶绥山圩	ZK4353-7	层韵状矿层	25.2	24.31	26.8	0.91	0.08	0.07	0.03	0.04	0.02	0.01	10.15	22.8
扶绥山圩	ZK4353-4	厚层状矿层	49.71	25.03	8.9	1.76	0.1	0.08	0.04	0.1	0	0.01	0.0625	14.18
扶绥山圩	ZK4353-3	厚层状矿层	44.54	31.4	7.54	1.74	0.11	0.08	0.04	0.1	0.01	0.01	0.045	14.3
扶绥山圩	ZK0324-1	层韵状矿层	36.6	28.8	19.55	1.96	0.11	1.09	0.06	0.3	<0.01	<0.01	0.1	11.15
扶绥山圩	ZK0324-2	层韵状矿层	38.1	30.9	16.3	2.05	0.1	0.69	0.07	0.35	<0.01	<0.01	0.08	11.21
扶绥山圩	ZK0324-3	厚层状矿层	60.4	6.08	15.45	2.89	0.19	0.95	0.03	<0.01	<0.01	0.01	0.71	12.99
扶绥山圩	ZK0324-4	厚层状矿层	51.5	14.5	12.4	2.33	0.12	1.48	0.12	0.85	<0.01	0.01	5.87	13.88
扶绥山圩	ZK0281-1	层韵状矿层	39.2	33.2	12.55	1.83	0.11	0.49	0.04	0.2	<0.01	0.01	0.08	12.06
扶绥山圩	ZK0281-2	层韵状矿层	37.5	36.7	8.13	1.76	0.79	0.75	0.03	0.25	<0.01	0.01	0.11	13.85
扶绥山圩	ZK0281-3	厚层状矿层	33.9	37.9	8.59	1.62	2.17	0.73	0.04	0.34	<0.01	0.02	0.71	13.74
扶绥山圩	ZK15-1	层韵状矿层	37.8	25.7	21.6	3.47	0.02	0.07	0.06	0.04	0.02	0.05	0.03	11
扶绥山圩	ZK15-2	层韵状矿层	47.9	29.9	6.57	1.52	0.01	0.11	0.12	0.39	<0.01	0.01	0.03	13.29
扶绥山圩	ZK15-3	厚层状矿层	37.7	31.7	15.85	2.72	<0.01	0.06	0.04	0.06	<0.01	0.01	0.02	11.6
扶绥山圩	ZK15-4	厚层状矿层	39	31.8	13.9	2.62	0.06	0.19	0.31	0.88	0.04	0.05	0.02	10.95
平果太平	ZK071-1-1	层韵状矿层	57.89	18.34	3.74								1.68	13.36
平果太平	ZK071-1-2	层韵状矿层	48.37	23.52	6.39								3.77	16.23
平果太平	ZK071-1-3	厚层状矿层	59.23	4.49	11.04								4.97	13.68
平果太平	ZK071-1-4	厚层状矿层	46.69	5.76	20.38								13.86	17.62

剖面地点	样号	采样位置	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	SO ₃	灼失量
平果太平	ZK095-1-1	层韵状矿层	49.33	13.18	11.8								9.24	20.56
平果太平	ZK095-1-2	厚层状矿层	56.15	4.22	14.57								11.35	19.53
平果太平	ZK095-1-3	厚层状矿层	44.56	3.2	24.7								18.57	22.88
平果太平	ZK095-1-4	厚层状矿层	42.95	4.97	24.24								17.23	22.04

注:① 每个剖面样品自上而下排序;② *—据侯莹玲,2017。

表 2 桂西铝土矿样品微量元素分析结果表(×10⁻⁶)
Table 2 Analyses of trace elements(×10⁻⁶) of bauxite ores in western Guangxi

样号	采样位置	Ba	Rb	Sr	Li	V	Ga	Sc	Cr	Hf	Zr	Th	U	Nb	Ta	W
MY-4	层韵状矿层	10	0.3	404	271	95	37.5	17.5	253	28.1	1120	15.9	8.9	139	9.38	29.7
MY-3	层韵状矿层	20	0.4	39.5	26.4	468	32.2	17.3	266	27.4	1115	22	25.1	137	8.86	53.3
MY-2	层韵状矿层	10	0.2	20.2	36.6	126	40.8	32.1	455	44.3	1765	37.9	15.7	190.5	11.55	33.5
JKH6	层韵状矿层	12.7	6.6	36.1	44.2	171	73.1	39.6	660	35.6	1250	67.1	12.70	117.0	8.1	7
JKH5	层韵状矿层	16.8	2.1	266	26.5	185	69.7	38.0	470	35.0	1300	66.9	14.90	117.5	7.8	6
JKYH1	厚层状矿层	7.6	0.3	136.5	23.5	223	85.7	40.6	820	42.7	1630	87.8	17.90	149.5	10.3	7
JKYH2	厚层状矿层	4.7	0.1	132.0	32.0	175	65.4	41.5	630	32.6	1200	64.4	15.90	108.5	7.5	6
ND-5	层韵状矿层	14.2	2.3	15.3		167	41.5	10.7	347	40.9	1493	32.4	24.52	144.0	7.2	
ND-4	厚层状矿层	20.6	4.4	22.0		372	125.7	51.7	1175	56.8	2187	82.4	21.86	210.7	12.6	
ND-3	厚层状矿层	30.2	6.3	58.2		356	86.8	45.7	1639	55.9	2121	77.7	28.62	215.2	13.6	
ND-2	厚层状矿层	12.85	1.19	16.85		283	80.66	47.34	998	61.82	2327	51.02	31.23	99.16	12.83	
ND-1	厚层状矿层	18.03	2.85	21.63		349	114.1	61.09	1023	62.38	2347	103	28.71	172	12.12	
ZK0324-1	层韵状矿层	19.7	3.9	12		124	58.4		290	25.6	896	53.7	7.53	93.3	6.5	5
ZK0324-2	层韵状矿层	19.6	4.5	13.5		137	41.8		280	26.3	918	51.8	7.87	91.4	6.6	4
ZK0324-3	厚层状矿层	17.3	0.2	16.5		147	73.3		520	38.9	1370	77.8	10.75	138.5	9.8	5
ZK0324-4	厚层状矿层	14.2	9.4	12		95	63.6		420	30.6	1110	64	14.4	112	7.7	3
ZK0281-1	层韵状矿层	15.1	3	15.2		107	42.7		310	24.5	863	51.2	9.53	85.8	6	15
ZK0281-2	层韵状矿层	19.1	4	17.8		123	40.6		290	23.1	806	48.4	10.65	82.7	5.8	8
ZK0281-3	厚层状矿层	27.4	5.4	38		153	33.6		270	20.7	736	45.7	9.28	73.8	5.2	11
ZK15-1	层韵状矿层	25.4	1.2	67.1		168	42.6		340	24.7	922	40.9	6.4	109	7.1	3
ZK15-2	层韵状矿层	41.6	6.4	42.8		100	57.7		60	24.5	882	46.5	9.93	39.8	3.1	2
ZK15-3	厚层状矿层	19	2.4	27.3		153	55		410	33.9	1150	67.9	8.56	130.5	9.5	5
ZK15-4	厚层状矿层	45.6	12.4	85.2		161	43.4		310	26.2	917	51.8	10.25	93.1	6.6	6
ZK15108-7	层韵状矿层	20	0.3	17.9		167	39.2		163	22.2	835	16.1	6.1	113	7.65	3.6
ZK15108-6	层韵状矿层	30	0.2	22.1		147	37.1		174	19.8	765	15	5.2	107.5	7.17	2.5
ZK15108-5	层韵状矿层	40	1	47.6		176	43.4		216	22.4	910	17	4.3	132.5	8.65	5.7
ZK15108-4	层韵状矿层	50	1.2	80.4		163	40.4		219	21.6	818	18.9	4.3	129.5	8.87	4.4
ZK15108-3	厚层状矿层	50	4.1	47.6		183	50.4		314	21.4	843	20.9	5.2	149.5	10.3	8.1
ZK15108-2	厚层状矿层	50	4	51		186	50.9		306	24.4	985	22	5.3	155.5	10.35	10.3
ZK15108-1	厚层状矿层	30	1.2	23		148	48.3		116	18.6	674	18.5	6	90.1	6.34	4.8
ZK4353-11	层韵状矿层	20	1.7	15.7		98	42		195	15.5	494	18.6	7.7	55.4	4.05	7.3
ZK4353-10	层韵状矿层	60	0.6	17.3		93	40.4		214	17.2	631	27.2	14.7	59.1	4.2	6.6
ZK4353-8	层韵状矿层	20	1.1	19.4		95	38.6		178	16.1	559	34.4	15.2	49.8	3.52	5.6
ZK4353-7	层韵状矿层	10	0.9	11.8		63	22.5		154	10.8	375	21	10.8	34.3	2.33	7.5
ZK4353-4	厚层状矿层	160	1.3	17.4		121	47.8		250	18.7	682	20.5	5.9	66.5	4.97	5.1
ZK4353-3	厚层状矿层	10	1.2	14.8		139	45.7		253	19.1	661	22.2	5.4	68.5	4.82	4.1
平均		27.55	2.74	52.82	65.74	172.69	54.24	36.93	416.33	29.73	1102	43.91	12.42	112.81	7.47	9.20
中国陆壳		610	150	690	44	99	20	11	63	5.1	160	17	5.6	34	3.5	2.4
富集系数		0.05	0.02	0.08	1.49	1.74	2.71	3.36	6.61	5.83	6.88	2.58	2.22	3.32	2.21	3.83

注:① ND—据侯莹玲,2017;② 中国陆壳值据黎彤,1994。

4.2 微量元素变化特点

表 2 为桂西铝土矿层中的主要微量元素含量变化情况,采集的样品首次展示了 Li、Sc 元素。铝土

矿层的平均值与中国陆壳相比较,比值 K<0.5 的元素有 Ba、Rb、Sr,属贫化元素,0.5<K<1.5 的元素有 Li,属含量正常元素,1.5<K<5 的元素有 Ga、V、Sc、

Th、U、Nb、Ta、W,属富集元素, $5 < K < 10$ 的元素有Cr、Hf、Zr,属强烈富集元素。总体而言,整个铝土矿层活泼组分贫化,惰性组分富集。

某些元素在单个剖面分层中变化十分显著,如平果那豆(ND)剖面中,V、Ga、Sc、Cr、Hf、Th、Nb、Ta在厚层状矿层中(ND-1、ND-2、ND-3、ND-4)的含量均明显大于上部单元矿层的样品(ND-5),尤其是Sc高出4倍以上;ZK0324中的Ga、Cr、Zr、Th、Nb、Ta,ZK4353中的V、Ga、Cr、Zr、Th、Nb、Ta,ZK15108中的Ga、Cr、Th、Nb、Ta,均表现为上部层韵状矿层的相对较低。Ba、Rb、Sr在多数剖面中表现无规律,但从以完整样品覆盖的剖面(JK)观察,活泼组分Ba、Rb、Sr、Li表现为上层高下层低。总体上看,不活泼元素Sc、Cr、Ga、Nb、Nb、Hf、Ta、V、Zr上低下高,与主量元素Al呈现强的正相关性。总而言之,下部厚层状矿层比上部层韵状矿层更富集不活泼的组分,同时活泼组分相对贫化。

部分剖面元素变化特征(图5)显示,隋性元素V、Zr、Ta在多数剖面中呈向右突出的弧形,在矿化强度较高的那豆剖面中尤为突出,厚层状矿层的含量远高于上部层韵状矿层的含量,Sc在该剖面中上低下高表现明显,与贵州、重庆部分铝土矿床相似(龙克树等,2019);渠坎剖面显示Li具有上高下低的特点,类似于河南、山西铝土矿的亲粘土岩特性(柴东浩等,2001;Yang Shujuan et al., 2019)或类似黔北铝土矿的与SiO₂正相关(金中国等,2019);近年区调工作在巴马地区铝土矿层所发现的Li富集特征亦恰好为上层高下层低(梁国科等^①);活泼元素Rb变化规律不明显。总体上,地表剖面中Al、V、Zr、Ta和Si曲线变化较钻孔的更为剧烈,Al、V、Zr含量曲线相对右移,Si在地表剖面中自下层到上层变化比钻孔更急剧,表明沉积铝土矿出露地表后,又发生了氧化淋滤作用。

4.3 稀土元素变化特点

前人对平果、靖西原生铝土矿稀土元素研究表明,铝土矿层的稀土总量在上部的土状铝土矿矿石中最高,其次为碎屑状铝土矿石,最低为角砾状矿石,变化趋势是自下而上变高(戴塔根等,2003),而另一种现象则相反,自下而上变低(林宇等,2014),前者由于土状铝土矿石为原生矿石遭受后期强烈淋滤后的产物,其稀土总量已无法反映原生矿石含量,其原生矿石的代表性存疑,后者可能缺失上部层韵状矿层,剖面完整整体性不强。笔者获得的一批稀土含量数据,其配分特征显示(图6),铝土矿石无一例

外地富集稀土,且轻稀土相对于重稀土富集,Eu负异常,大多数样品Ce正异常,基本符合铝土矿稀土元素特征,有些地段个别样品Ce异常波动,可能暗示后期小规模淋滤,在矿层内造成此处高彼处低的现象,比如那豆(ND)剖面和扶绥ZK15108剖面。

值得关注的是,大多数剖面中层韵状矿层稀土总量(Σ REE)普遍低于厚层状矿层,在配分图上厚层状矿层分布曲线(图7中的实线)位置总体上高于层韵状矿层(图7中的虚线),且表现为突变特点(表3),如ZK0324、ZK0281、ZK15108、ZK4353、ND,其中ND剖面中下部矿层的稀土总量大于上部矿层的2倍以上,ZK15108大于1倍以上;尽管上、下矿层间存在较大的差别,但其配分形式仍保持相似,表明其物质来源相近,成矿条件相似,应为一个大的风化壳背景下前后期构造变化导致物质来源有所改变。

5 讨论

5.1 事件与过程

近年来桂西地区铝土矿地质研究取得进展,以锆石为例,采集于平果矿区层韵状矿层的矿石中锆石峰值年龄为262 Ma(侯莹玲等,2014),采集于扶绥县和靖西县厚层状矿层的矿石(Yu Wenchao et al., 2016)中锆石峰值年龄分别为262 Ma和263 Ma,亦有铝土矿256 Ma、261 Ma的锆石年龄(Deng Jun et al., 2010),笔者本次工作在扶绥地区针对整个铝土矿层样品进行锆石测年,获得4个采样点的锆石表面年龄介于266~288 Ma;近年实施的区域地质调查工作证实了中晚二叠纪界限年龄(260 Ma)前后多期岩浆活动,如对侵入于中石炭统一上二叠统台沟相不同层位中的基性岩进行测年,在北部隆林地区获得辉绿岩三个年龄为260 Ma、261 Ma、262 Ma,及三个玄武岩年龄为256 Ma、257 Ma、259 Ma,但玄武岩却分别产出上二叠统领好组(与合山组同期异相)上部和下部四大寨组地层中;巴马地区获得三个辉绿岩年龄为254 Ma、259 Ma、260 Ma,以及一个产于领好组的玄武岩年龄为260 Ma;上二叠统台沟相领好组中的火山碎屑岩及局部地段(阳圩、烟棚)中上二叠系不整合面上的台地相合山组铁铝岩之上覆盖有玄武岩(秦建华等,1996),均喻示着本区在晚二叠世界限年(260 Ma)前后均发生了强烈而频繁的基性岩浆活动,说明峨眉山热地幔柱事件波及到桂西地区,通过岩浆上侵,地壳大规模抬升,热收缩等地质作用进行发散、消弥,完成一个

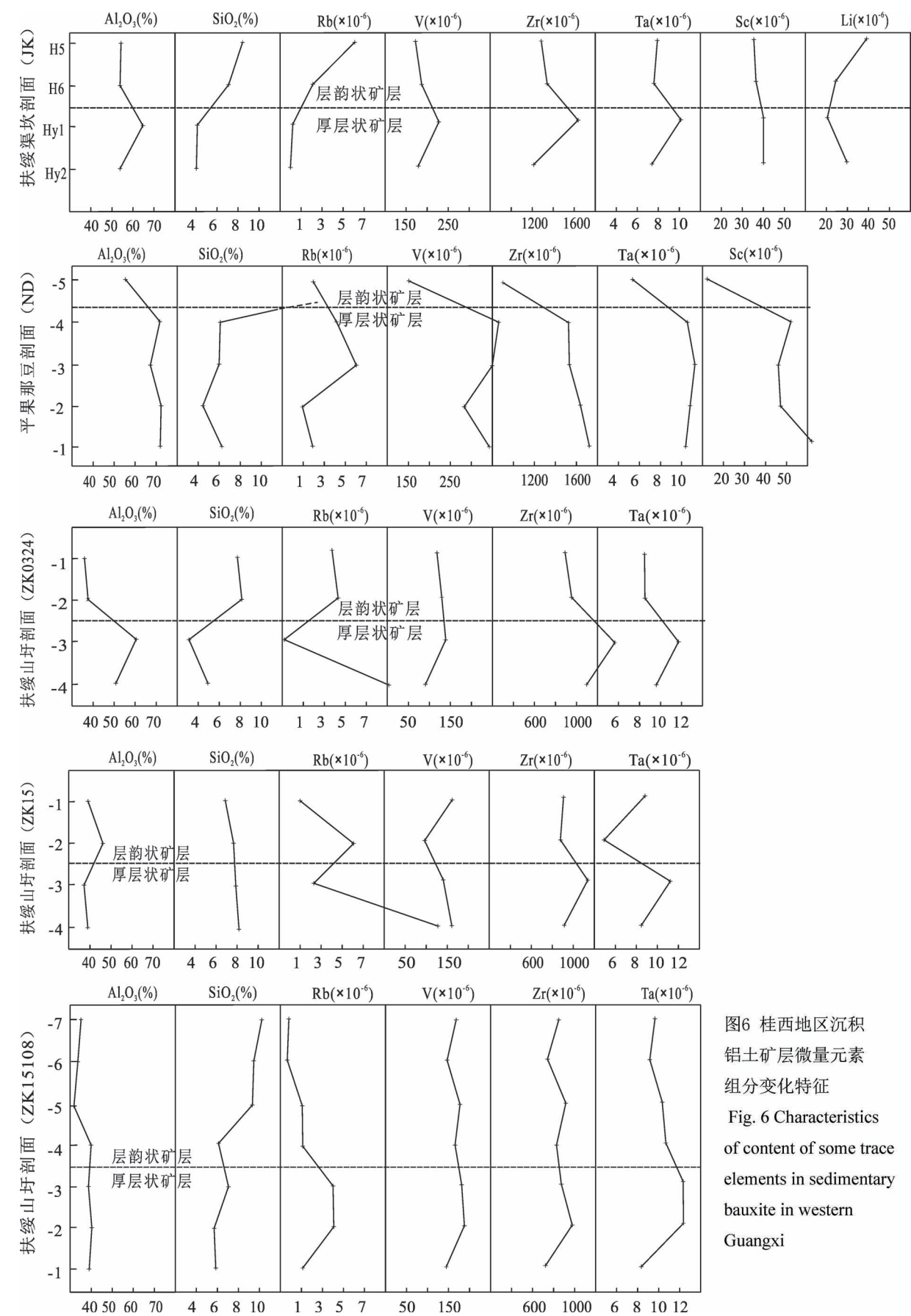


图6 桂西地区沉积铝土矿层微量元素组分变化特征

Fig. 6 Characteristics of content of some trace elements in sedimentary bauxite in western Guangxi

表 3 桂西铝土矿样品稀土元素分析结果表 ($\times 10^{-6}$)
Table 3 Analyses of REE ($\times 10^{-6}$) of bauxite ores in western Guangxi

样号	位置	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y	LREE	HREE	Σ REE	L/H
ZK0324-H1	层韵状	51.4	278	14.1	56	11.5	1.72	8.63	1.26	7.38	1.45	4.47	0.7	4.85	0.74	34.1	421.35	54.95	476.3	7.67
ZK0324-H2	层韵状	30	182	7.1	27.2	6.51	1.06	5.86	0.94	5.89	1.24	3.85	0.62	4.4	0.65	29.1	259.73	46.69	306.42	5.56
ZK0324-H3	厚层状	40.6	444	8.24	30.2	7.59	1.36	7.38	1.33	8.29	1.67	5.32	0.86	6.21	0.93	44.7	539.37	69.31	608.68	7.78
ZK0324-H4	厚层状	87.3	334	21.6	81.1	18.8	3.6	15.4	2.73	15.85	2.8	8.16	1.36	10.2	1.5	50.1	561.8	92.7	654.5	6.06
ZK0281-H1	层韵状	19.3	221	4.05	15.7	3.52	0.59	3.33	0.59	3.68	0.78	2.49	0.4	2.78	0.43	20.8	267.49	31.95	299.44	8.37
ZK0281-H2	层韵状	27.9	333	6.65	25.5	6.27	1.04	5.39	0.98	5.75	1.13	3.39	0.59	4.04	0.61	26.1	405.75	42.59	448.34	9.53
ZK0281-H3	厚层状	52.9	353	12.1	45.2	9.25	1.54	7.75	1.32	7.79	1.45	4.58	0.77	5.86	0.86	30.9	481.74	53.53	535.27	9
MY-4	层韵状	179	360	23.1	76.3	9.81	1.53	7.12	1.19	7.71	1.41	4.21	0.6	4.81	0.6	30.8	656.86	51.33	708.19	12.8
MY-3	层韵状	89.3	224	12.1	40.1	12.2	2.7	14.9	2.71	14.7	2.51	6.5	1.01	7.01	1.01	51.6	395.3	87.05	482.35	4.54
MY-2	层韵状	61.9	126	8.6	34.8	17.5	4.12	24.7	5.13	29.2	5.21	13.7	2.11	14.2	2.02	101	277.62	172.57	450.19	1.61
JKH5	层韵状	55.4	443	13.8	49.5	9.64	1.57	7.67	1.29	8.13	1.58	4.67	0.72	5.59	0.82	37.6	580.58	60.4	640.98	9.61
JKH6	层韵状	39.8	337	6.56	22.8	8.26	1.68	9.57	1.85	12.2	2.38	6.95	1.07	8.09	1.22	55.7	425.67	89.46	515.13	4.76
JKYH1	厚层状	46.5	479	10.35	35.6	7.87	1.07	6.23	1.26	8.65	1.74	5.52	0.93	6.83	1.03	40.9	586.62	66.86	653.48	8.77
JKYH2	厚层状	46.7	402	10.95	39.7	9.13	1.43	7.18	1.43	8.95	1.81	5.47	0.91	6.82	1	39.7	517.09	66.09	583.18	7.82
ZK15108-7	层韵状	144	328	31.3	112	22.2	3.91	22.1	3.51	20.5	4.01	11.3	1.61	10.7	1.51	95.7	663.51	148.84	812.35	4.46
ZK15108-6	层韵状	60	152	13.6	51.2	15.9	3.32	18.5	3.2	20.3	3.98	11.9	1.9	11.7	1.7	100	314.52	154.68	469.2	2.03
ZK15108-5	层韵状	45.2	167	7.8	25	4.83	0.821	5.1	0.91	6.21	1.21	3.81	0.6	4.51	0.6	29.2	255.75	47.05	302.8	5.44
ZK15108-4	层韵状	234	283	48.2	162	30.3	5.21	20.4	3.41	18.3	3.39	10.1	1.6	11.6	1.61	88.1	783.11	138.11	921.22	5.67
ZK15108-3	厚层状	431	437	65.6	180	26.8	4.41	17.6	2.8	15.3	2.91	9.21	1.59	11.6	1.7	78.3	1162.41	123.41	1285.82	9.42
ZK15108-2	厚层状	416	461	93.2	342	66.2	11.1	41.2	5.71	24.9	4.41	12.4	2.01	13.6	2.01	101	1430.7	166.04	1596.74	8.62
ZK15108-1	厚层状	413	362	73.9	243	45.7	7.71	29.6	4.32	20.9	3.8	11.4	1.91	13	1.8	87.4	1174.91	144.53	1319.44	8.13
ZK4353-11	层韵状	34.1	161	7.1	26.3	6.15	1.12	6.52	1.11	7.21	1.41	4.02	0.6	4.21	0.6	37.1	242.29	56.26	298.55	4.31
ZK4353-10	层韵状	12.5	89.2	3	11.5	3.11	0.62	3.81	0.61	4.41	0.912	2.81	0.4	3.1	0.4	25.5	123.74	38.14	161.882	3.24
ZK4353-8	层韵状	15.5	129	3.9	15	3.72	0.61	4.1	0.71	4.9	1.01	3.01	0.50	3.31	0.4	29.4	171.83	43.24	215.071	3.97
ZK4353-7	层韵状	15.2	112	3.4	12.6	2.71	0.42	2.81	0.41	3.12	0.6	1.79	0.3	2.02	0.3	21.1	149.14	29.64	178.78	5.03
ZK4353-4	厚层状	33.9	179	6.5	23.6	5.3	0.91	5.42	1	6.41	1.41	4.3	0.8	5.01	0.7	39.3	254.63	58.93	313.56	4.32
ZK4353-3	厚层状	37.7	180	7.4	26.9	6.2	1.02	6.21	1.1	7.38	1.59	4.88	0.8	5.41	0.8	42.1	265.43	64.06	329.49	4.14
ND-5	层韵状	8.96	38.38	1.31	4.23	1.4	0.28	1.71	0.37	2.65	0.57	1.54	0.24	1.68	0.28	14.83	78.43	22.16	78.43	3.54
ND-4	厚层状	19.55	139.1	3.49	13.69	5.31	1.39	7.66	1.36	8.40	1.78	4.98	0.74	4.97	0.71	53.2	266.36	76.16	266.364	3.5
ND-3	厚层状	114.2	46.62	13.64	33.36	5.19	1.22	12.17	2.69	20.98	4.96	14.67	2.27	14.7	2.22	102.9	391.80	165.39	391.802	2.37
ND-2	厚层状	25.85	113	3.73	12.2	4.29	1.15	8.84	2.2	16.04	3.48	9.92	1.52	10.31	1.45	72.02	286	116.94	286	2.45
ND-1	厚层状	26.1	12.4	4.33	15.5	6	1.29	7.67	1.39	8.88	1.92	5.42	0.86	5.72	0.83	48.29	146.6	73.31	146.6	2

注：ND—来自侯莹玲,2017。

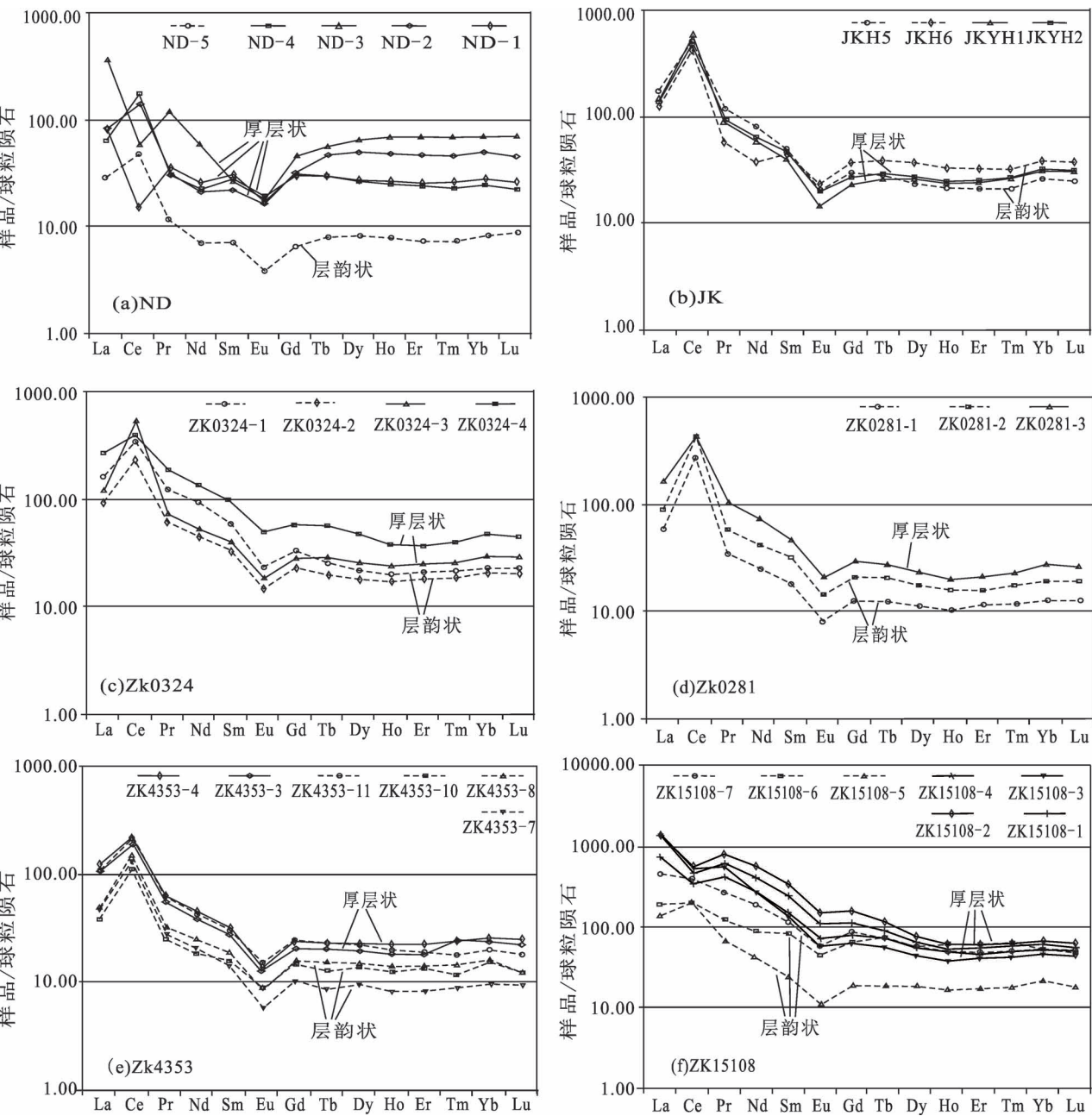


图 7 桂西地区沉积铝土矿层稀土元素配分图

Fig. 7 Distribution patterns of REE in bauxite layers in western Guangxi

地质过程,即东吴运动(梁新权等,2013)。

地质阶段由事件和过程组成,事件是瞬时输入,是因,具有突变属性,过程是长期耗损,是果,具有渐变属性。一个大的“事件—过程”由多个小的“事件—过程”(幕)组成,本区铝土矿形成只不过是其中的一个小的“事件—过程”。

5.2 矿层沉积模式

热地幔柱的形成上升会引起范围达 1000~2000 km 区域的地壳抬升,其现代例子见于北大西洋中的

冰岛热点(秦建华等,1996;He Bin et al. , 2003)。

笔者认为,本区沉积铝土矿层的分层现象当属相邻二次地壳抬升的结果,间隔一个相对平静时期。铝土矿风化壳形成属于长时间的地质作用,根据成层构造迥异特征,不妨将铝土矿风化壳形成划分为二个亚阶段,第一个亚阶段为岩浆—夷平平衡亚阶段,阶段性岩浆上侵和地壳抬升,至夷平期淋滤与剥蚀速率大致相当,均衡而缓慢,这样有利于广阔的地域范围内的台地均发育厚层的古风化壳,风化壳红土

有充裕的时间淋滤而向铝土矿演化,同时有利于高地形的风化壳尽可能地在铝土矿土层内进行剥蚀,而后迁移到低地形的另一处风化壳顶部进行加积,形成厚层状铝土矿土层;第二亚阶段为岩浆—夷平失衡亚阶段,岩浆再次阶段性上侵,导致差异抬升,在已存厚层状矿土层准平原上进行新的夷平,但抬升适当,既使稍低处的原厚层状矿层得以保存,局部形成冲刷面,又可致高处风化土被剥蚀速率大于淋滤速率,连带风化壳中铝土矿土层底板的过渡土层亦被剥蚀迁移,以高岭土为主的富硅贫铝过渡土层与铝土矿土层、富铁表土层混合,迁移到低洼处的厚层状矿层之上形成了层韵状铝土矿分层,由于倾斜导致稳定性降低,稍受扰动比如小地震、大暴雨等即

分别形成不同厚度的分层,从而构成层韵构造;桂西地区发育多期毗邻不整合、沉积岩脉和灰岩角砾岩体(彭阳等,2019),其中晚二叠世台地边缘毗连不整合发育可能与台地中心的失衡亚阶段的差异抬升具有相同的伸展动力学背景。上述风化剥蚀即是铝土矿层沉积的重要机制(图 8)。

失衡亚阶段形成了厚层状与层韵状矿层之间的冲刷面构造,同时也导致了上下分层之间元素含量的差异,譬如 Li,属于活泼元素,现代以灰岩为基岩的红土剖面中,无论成熟与否,其 Li 均富集于最下部粘土层中(杨春华,1986;王世杰等,2003),最高可达 150×10^{-6} ,桂中地区现代红土型三水铝土矿勘查曾对三水铝土矿层底板的杂色粘土层采集极少量

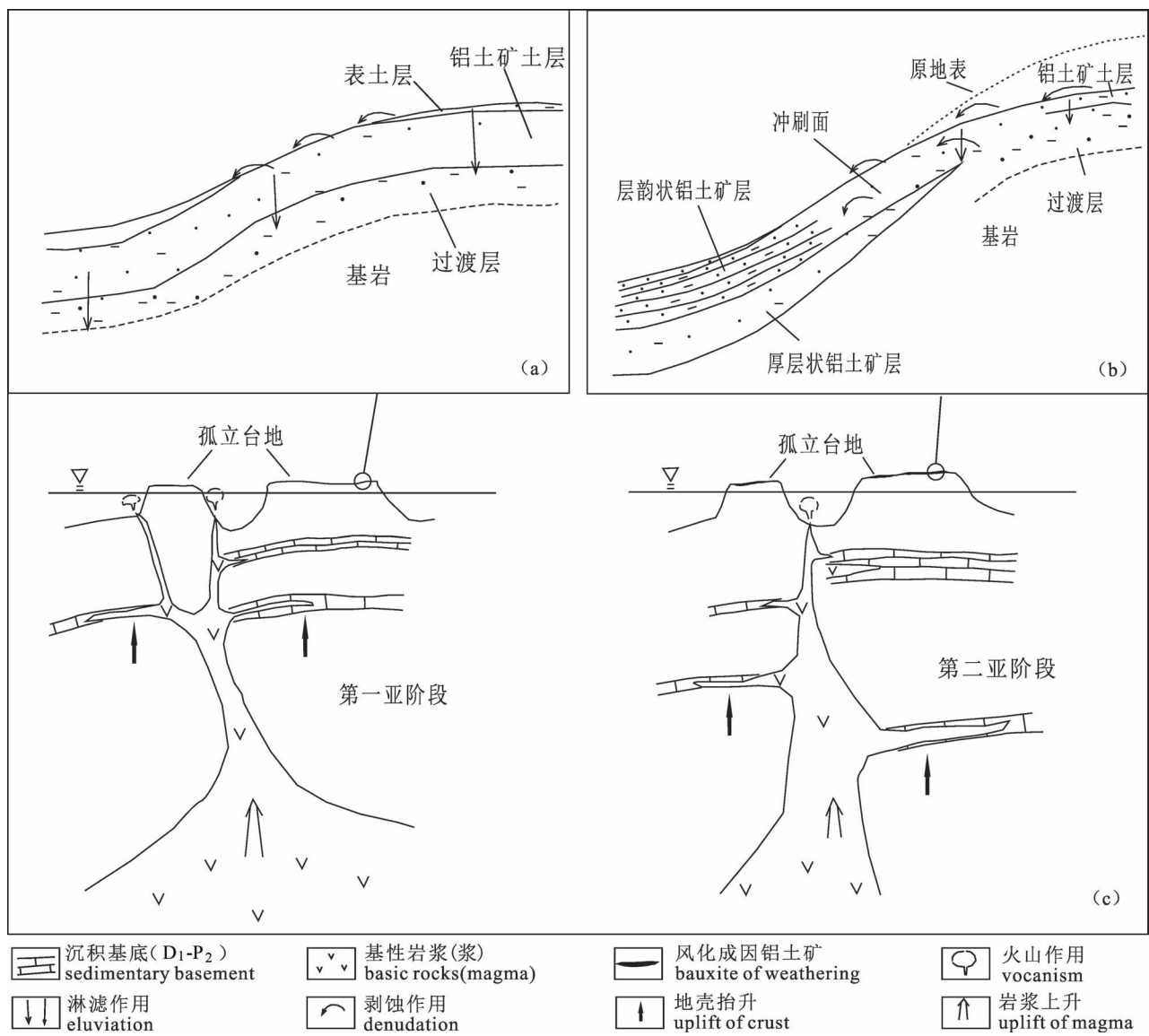


图 8 桂西地区二叠系铝土矿层沉积模式图

Fig. 8 Sedimentary model of Permian bauxite layers in western Guangxi

样品分析,发现其 Li 含量极高;桂中地区现代红土型三水铝土矿在矿层和表土层(含铝高,实质上仍属铝土矿层)中富集 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 TiO_2 、 MnO ,下部过渡层相对富集 SiO_2 、 CaO 、 Na_2O 、 K_2O 、 MgO (周芳等,1994),微量元素 Zr、Ga、V、Ta、Nb、REE 等难溶物质富集于矿层。失衡亚阶段剥蚀波及到了过渡层,故会在层韵状矿层中混入了部分高岭土或蒙脱石等粘土矿物,不仅形成了致密状矿石,同时还提高了 SiO_2 、 CaO 、 Na_2O 、 K_2O 、 MgO 、 Li_2O 含量,导致了前述两个铝土矿分层中地球化学突变特征。

6 结论

(1)宏观特征表明了桂西地区铝土矿具有“二元”结构,上部单元为层韵状铝土矿层,主要矿石类型为致密状铝土矿,其次为碎屑状铝土矿,下部单元为厚层状铝土矿层,主要矿石类型为豆鲕状、块状铝土矿,其次为碎屑状铝土矿。

(2)厚层状矿层 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 TiO_2 含量明显高于层韵状矿层,而 SiO_2 含量则相反,上部层韵状矿层中的活泼组分 CaO 、 MgO 、 K_2O 、 Na_2O 总体上比下部厚层状矿层的含量高;活泼组分 Ba、Rb、Sr、Li 表现为上高下低,不活泼元素 Sc、Cr、Ga、Nb、Hf、Ta、V、Zr 上低下高,与主量元素 Al 呈现强的正相关性;层韵状矿层稀土总量普遍低于厚层状矿层,且表现为突变特点,其配分形式仍保持相似,表明其物质来源相同。

(3)桂西地区铝土矿是在峨眉山热地幔柱—东吴运动的“事件—过程”阶段中两个亚阶段的产物,厚层状矿层形成于岩浆—夷平平衡亚阶段,该阶段淋滤和剥蚀作用处于均衡状态,层韵状矿层形成于紧随其后的岩浆—夷平失衡亚阶段,该亚阶段淋滤和剥蚀处于失衡状态,造成上下分层间成层构造和地球化学差异的直接原因是剥蚀产物来源不同,厚层状矿层来自成熟度高的古风化壳的铝土矿土层,而层韵状矿层来自成熟度较逊的古风化壳铝土矿层与过渡土层的混合物。

注 释 / Note

①梁国科,吴祥珂,李玉坤,等. 2018. 广西 1:5 万甲篆、凤凰、巴马、民安区域地质调查. 南宁:广西地质调查院.

参 考 文 献 / References

(The literature whose publishing year followed by a “&” is in Chinese with English abstract; The literature whose publishing year followed by a “#” is in Chinese without English abstract)
柴东浩,屈值民,陈汉成,柴峰. 2001. 山西铝土矿中稀有稀土元素

的新发现及工业意义. 轻金属, (6): 7~11.
陈毓川,王瑞江. 2019. 从三稀资源调查扩大到关键矿产调查是战略性新兴产业发展的必然需要—推荐阅读《地质学报》“关键矿产”专辑. 地质论评, 65(4): 915~916.
戴塔根,龙永珍,张起钻,胡斌. 2003. 桂西某些铝土矿床稀土元素地球化学研究. 地质与勘探, 39(4): 1~5.
戴塔根,龙永珍,张起钻,胡斌. 2007. 桂西铝多金属矿床地质地球化学特征与成矿机理. 地球科学与环境学报, 4(29): 345~350.
杜远生,黄虎,杨江海,黄宏伟,陶平,黄志强,胡丽沙,谢春霞. 2013. 晚古生代—中三叠世右江盆地的格局和转换. 地质论评, 59(1): 1~11.
谷静,黄智龙,金中国,丁萍. 2015. 贵州务川瓦厂坪铝土矿床稀土元素地球化学特征及其对成矿过程的指示. 矿物学报, 35(2): 229~238.
广西壮族自治区地质矿产局. 1985. 广西壮族自治区区域地质志. 北京:地质出版社: 189~190.
侯莹铃,何斌,钟玉婷. 2014. 桂西二叠系喀斯特型铝土矿成矿物质来源的新认识:来自合山组碎屑岩地球化学证据. 大地构造与成矿学, 38(1): 181~196.
侯莹铃. 2017. 用合山组碎屑岩的地球化学特征示踪桂西晚二叠世喀斯特型铝土矿的物质来源. 导师:何斌. 广州:中国科学院大学博士学位论文: 1~171.
金中国,刘玲,黄智龙,刘辰生,郑明泓,谷静,邹林,王林. 2019. 贵州务—正一道地区铝土矿含矿岩系中三稀元素赋存状态、富集机理及资源潜力. 地质学报, 93(11): 2847~2861.
黎彤. 1994. 中国陆壳及其沉积层和上陆壳的化学元素丰度. 地球化学, 23(2): 140~145.
刘卫民,刘继顺,尹利君,欧阳玉飞,张彩华. 2012. 山西孝义铝土矿矿床地球化学特征. 轻金属, (1): 7~19.
林宇,吕勇,山克强. 2014. 桂西念寅铝土矿稀土元素地球化学特征及物质来源分析. 地质与勘探, 50(1): 58~66.
梁新权,周云,蒋英,温淑女,付建刚,王策. 2013. 二叠纪东吴运动的沉积响应差异:来自杨子和华夏板块吴家坪组或龙潭组碎屑锆石 LA-ICPMS U-Pb 年龄研究. 岩石学报, 29(10): 3592~3606.
罗强. 1989. 论广西平果铝土矿成因与沉积相的关系. 岩相古地理, 40(2): 11~17.
乔龙. 2016. 右江盆地及其周缘地区构造演化及铝土矿成矿作用. 导师:王庆飞. 北京:中国地质大学(北京)博士论文: 1~173.
龙克树,付勇,龙珍,田精林,郑军. 2019. 全球铝土矿中稀土和钽的资源潜力分析. 地质学报, 93(6): 1279~1295.
彭阳,陆刚. 2019. 桂西北晚古生代地层中的毗连不整合研究. 地质论评, 65(4): 794~809.
秦建华,吴应林,颜仰基,朱忠发. 1996. 南盘江盆地海西—印支期沉积构造演化. 地质学报, 70(2): 99~107.
苏煜. 1985. 广西平果铝土矿沉积环境和成因初探. 桂林冶金地质学院学报, 5(4): 315~322.
王登红. 2019. 关键矿产的研究意义、矿种厘定、资源属性、找矿进展、存在问题及主攻方向. 地质学报, 93(6): 1189~1209.
王力,龙永珍,彭省临. 2004. 桂西铝土矿成矿物质来源的地球化学分析. 桂林工学院学报, 24(1): 1~6.
王庆飞,邓军,刘学飞,张起钻,李中明,康微,蔡书慧,李宁. 2012. 铝土矿地质与成因研究进展. 地质与勘探, 48(3): 430~448.
王世杰,孙承兴,冯志刚,刘秀明. 2003. 发育完整的灰岩风化壳及其矿物学与地球化学特征. 矿物学, 22(1): 20~29.
温同想. 1996. 河南石炭纪铝土矿地质特征. 华北矿产地质杂志,

- 11(4): 491~511.
- 杨春华. 1986. 残坡积土壤层中铁锰氧化物的吸附特征及其地球化学找矿意义. 地球科学—武汉地质学院学报, 11(4): 423~430.
- 余文超, 杜远生, 顾松竹, 崔滔, 黄兴, 喻建新, 覃永军, 雷志远, 翁申富, 曹建州. 2013. 黔北务正道地区早二叠世多期淋滤作用及其控矿意义. 地质科技情报, 32(1): 27~32.
- 余文超, 张启连, 杜远生, 陈粤, 梁裕平. 2014. 广西扶绥第四系萨伦托型铝土矿淋滤成矿过程. 大地构造与成矿学, 38(3): 621~632.
- 张启连, 梁裕平, 余文超, 杜远生. 2016. 桂西地区二叠系合山组铝土岩的沉积环境. 古地理学报, 18(4): 597~598.
- 张起钻. 2011. 桂西铝土矿成矿模式与勘查技术. 导师: 邓军. 北京: 中国地质大学(北京)博士学位论文: 1~151.
- 曾允孚, 刘文均, 陈洪德, 郑荣才, 张锦全. 1995. 华南右江复合盆地的沉积构造演化. 地质学报, 69(2): 114~123.
- 周芳, 陈世益. 1994. 广西贵港红土型风化壳的地球化学特征. 中南矿冶学院学报, 25(2): 151~155.
- Ali Abedini, Ali Asghar Calagari. 2013. Rare earth elements geochemistry of Sheikh—Marut Laterite deposit, NW Mahabad, West-Azarbaidjan province, Iran. Acta Geologica Sinica (English Edition), 87(1): 176~185.
- Ali Abedini, Mansour Rezaei Azizi, Ali Asghar Calagari. 2019. REE tetrad effect as a powerful indicator of formation conditions of karst bauxites; a case study of the Shahindezh deposit, NW Iran. Acta Geologica Sinica (English Edition), 94(3): 912~927.
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Guangxi Zhuang Autonomous Region (BGMRGZAR). 1985&. Regional Geology of Guangxi Zhuang Autonomous Region. Beijing: Geological Publishing House: 189~190.
- Chen Yuchuan, Wang Ruijiang. 2019&. A certain need for development of strategic emerging industry: broadening mineral resources survey from rare metals, rear earth metals and rare bulk metals (RRR) to key mineral resources—recommendation of the special issue of Acta Geologica Sinica. Geological Review, 65(4): 915~916.
- Chai Donghao, Qu Zhimim, Chen Hancheng, Chai Fen. 2001&. New discovery and industrial signification of rare and rare-earth elements in Shanxi bauxite. Light Metal, (6): 7~11.
- Deng Jun, Wang Qingfei, Shujuan Yang, Liu Xuefei, Zhang Qizuan, Yang Liqiang, Yang Yueheng. 2010. Genetic relationship between the Emeishan plume and the bauxite deposits in Western Guangxi, China: constraints from U - Pb and Lu - Hf isotopes of the detrital zircons in bauxite ores. Journal of Asian Earth Sciences, 37(5~6): 412~424.
- Dai Tagen, Long Yongzhen, Zhang Qizuang, Hu Bin. 2003&. REE geochemistry of some bauxite deposits in the Western Guangxi District. Geology and Exploration, 39(4): 1~5.
- Dai Tagen, Long Yongzhen, Zhang Qizuang, Hu Bin. 2007&. Geologic and geochemical characteristics and metallogenic mechanism of aluminium multi-metal bauxite deposits in the Western Guangxi. Journal of Earth Sciences and Environment, 4(29): 345~350.
- Du Yuansheng, Huang Hu, Yang Jianghai, Huang Hongwei, Tao Ping, Huang Zhiqiang, Hu Lisha, Xie Chengxia. 2013&. The basin translation from Late Paleozoic to Triassic of the Youjiang Basin and its tectonic signification. Geological Review, 59(1): 1~11.
- Gu Jing, Huang Zhilong, Jin Zhongguo, Ding Ping. 2015&. Rare research element (REE) geochemistry and ore-forming process of the Wachaping bauxite deposit, Wucheng—Zheng'an—Daozhen area, north Guizhou province, China. Acta Mineralogica Sinica, 35(2): 229~238.
- He Bin, Xu Yigang, Chung Sunling, Xiao Long, Wang Yamei. 2003. Sedimentary evidence for a rapid, kilometer-scale crustal doming prior to the eruption of the Emeishan flood basalts. Earth and Planetary Science Letters, 213(3~4): 391~405.
- Hou Yinling, He Bin, Zhong Yuting. 2014&. New perspective on provenance of the Permian karstic bauxite in the Western Guangxi: geochemical evidence of clastic rocks of the Heshan Formation. Geotectonica et Metallogenia, 38(1): 181~196.
- Hou Yinling. 2017&. Tracing source rocks of the Late Permian karstic bauxite in the western Gaungxi by geochemistry of the sedimentary rocks from the Heshan Formation. Tutor: He Bin, Guangzhou, Doctorate Dissertation of University of Chinese Academy of Sciences: 1~171.
- Jin Zhongguo, Liu Ling, Huang Zhilong, Liu Chensheng, Zheng Minghong, Gu Jin, Zou Lin, Wang Lin. 2019&. Occurrence state, enrichment mechanism and resource potential of rare earth, rare metal and rare- scattered elements in ore- bearing rocks in the Wuchuan— Zheng'an— Daozhen bauxite deposit, Guizhou Province. Acta Geologica Sinica, 93(11): 2847~2861.
- Li Tong. 1994&. Element abundances of China's continental crust and its sedimentary layer and upper continental crust. Geochimica, 23(2): 140~145.
- Liang Guoke, Wu Xiangke, Li Yukun. 2018#. The regional geology survey of 1: 50000 scale in Jiazhuan, Fenghuang, Bama, Minan area, Guangxi. Nanning: Guangxi Institute of Geological Survey.
- Liu Weiming, Liu Jishen, Yin Lijun, Ouyang Yufei, Zhang Caiha. 2012&. Geochemistry of Xiaoyi bauxite deposit in Shangxi province. Light Metal, (1): 7~19.
- Lin Yu, Lu Yong, Shang KeJiang. 2014&. REE Geochemical characteristics and material source of the Nianyin bauxite deposit in Jinxi county, Gaungxi province. Geology and Exploration, 50(1): 58~66.
- Liang Xinqun, Chou Yun, Jiang Ying, Weng Shunti, Fu Jianggang, Wang Ce. 2013&. Difference of sedimentary response to Dongwu Movement: study on LA-ICPMS U-Pb ages of detrital zircons from upper Permian Wujiaping or Longtan formation from the Yangtze and Cathaysia blocks. Acta Petrologica Sinica, 29(10): 3592~3606.
- Long Keshu, Fu Yong, Long Zhen, Tian Jinglin, Zheng Jun. 2019&. Resource potential analysis of REE and Sc in global bauxite. Acta Geologica Sinica, 93(6): 1279~1295.
- Luo Jiang. 1989&. Relationship between sedimentary facies and genesis of the bauxite deposits in Pingguo, Guangxi. Sedimentary Facies and Palaeogeography, 40(2): 11~17.
- Qiao Long. 2016&. Tectonic evolution and Metallogenesis in the Youjiang Basin and adjacent area. Tutor: Wang Qingfei, Beijing: Doctorate dissertation of China University of Geosciences(Beijing): 1~173.
- Qin Jianhua, Wu Yinglin, Yan Yangji, Zu Zhongfa. 1996&. Hercynian—Indosinian sedimentary— tectonic evolution of the Nanpanjiang basin. Acta Geologica Sinica, 70(2): 99~107.
- Peng Yang, Lu Gang. 2019&. Study on buttress unconformity in Late Palaeozoic carbonates of northwestern Guangxi. Geological Review, 65(4): 794~809.
- Su Yi. 1985&. A preliminary study on the sedimentary environment and genesls of Pingguo bauxite deposit, Guangxi. Journal of Guilin College of Geology, 5(4): 315~322.
- Wang Denghong. 2019&. Study on critical mineral resources: significance of research, determination of types, attributes of resources, progress of prospecting, problems of utilization, and

- direction of exploitation. *Acta Geologica Sinica*, 93(6): 1189~1209.
- Wang Li, Long Yongzhen, Peng Shenglin. 2004&. Geologic and geochemical study on material derivation of bauxite deposits in Western, Guangxi. *Journal of Guilin institute of Technology*, 24(1): 1~6.
- Wang Qingfei, Deng Jun, Liu Xuefei, Zhang Qizuan, Li Zhongming, Cai Shuhui, Li Ning. 2012&. Review on research of bauxite geology and genesis in China. *Geology and Exploration*, 48(3): 430~448.
- Wang Shijie, Sun Chengxing, Feng Zhiguang, Liu Xiuming. 2003&. Mineralogical and geochemical characteristics of the limestone weathering profile in Jishou, western Hunan province, China. *Acta Mineralogica Sinica*, 22(1): 20~29.
- Wen Tongxiang. 1996#. Geological characteristics of bauxite of Carboniferous in North China. *Jour. Geo. & Min. Res. North China*, 11(4): 491~511.
- Yang Chenghua. 1986&. Absorption characteristics of Fe—Mn oxides in residual soils and its significance in geochemical prospecting. *Earth science—Journal of Wuhan College of Geology*, 11(4): 423~430.
- Yang Shujuan, Wang Qingfei, Deng Jun, Wang Yizhe, Kan Wei, Liu Xuefei, Li Zhongming. 2019. Genesis of karst bauxite-bearing sequences in Baofeng, Henan (China), and the distribution of the critical metals. *Ore Geology Reviews*, 115: 103161.
- Yu Wenchao, Algeo Thomas J, Du Yuansheng, Zhang Qilian, Liang Yuping. 2016. Mixed volcanogenic—lithogenic sources for Permian bauxite deposits in southwestern Youjiang basin, South China, and their metallogenic significance. *Sedimentary Geology*, 341: 276~288.
- Yu Wenchao, Du Yuanshen, Gu Songzhu, Cui Tao, Huang Xin, Yu Jiaoxin, Jin Yongjun, Lei Zhiyuan, Weng Shenfu, Cao Jianzhou. 2013&. Multiperiod Leaching process of early Permian bauxite in Wuchuan—Zheng'an—Daozhen area, northern Guizhou province and its significance of ore-control. *Geological Science and Technology Information*, 32(1): 27~32.
- Yu Wengchao, Zhang Qilian, Du Yuansheng, Chen Yue, Liang Yuping. 2014&. Leaching-metallogenic process of quaternary Salento-type bauxite in Fusui area, Guangxi. *Geotectonica et Metallogenia*, 38(3): 621~632.
- Zeng Yinfu, Liu Wenjun, Chen Hongde, Zheng Rongchai, Zhang Jinquan. 1995&. Evolution of sedimentation and tectonics of the Youjiang composite basin, South China. *Acta Geologica Sinica*, 69(2): 114~123.
- Zhang Qilian, Liang Yuping, Yu Wengchao Du Yuansheng. 2016&. Sedimentary environment of allites in the Permian Heshan Formation in western Guangxi. *Journal of Palaeogeophy*, 18(4): 315~322.
- Zhang Qizuan. 2011&. Metallogenic model and exploration techniques of the bauxite, Western Guangxi, China Tutor: Deng Jun. Beijing: Doctorate dissertation of. China University of Geosciences (Beijing): 1~151.
- Zhou Fang, Chen Shiyi. 1994&. Geochemical characteristics of lateritic weathering crust in Guigang, Guangxi. *Journal of Central South University(Science and Technology)*, 25(2): 151~155.

Geochemical characteristics and sedimentary model of Permian bauxite deposit in western Guangxi

ZHANG Qilian, ZHAO Xinjin, LI Yukun, LI Changming, WEI Fang

Guangxi Institute of Geological Survey, Nanning, Guangxi, 530023

Objectives: There is a display and geochemical difference between lower thick layer and upper rhymic layer which respectively relatives to different genesis, understanding to the difference between characteristics will be beneficial for the future exploration and study on the Permian bauxite.

Methods: Based on the field observation and study of ore structure, and combined with comparative analysis of elemental geochemistry, this paper discusses the stratification rule of the sedimentary bauxite in west Guangxi.

Results: The Permian bauxite deposit In western Guangxi has a binary structure which consists of lower thick layer and upper rhymic layer. The major ores in lower layer are massive bauxite, oolitic, and clastic one, The major ores in upper layer are dense bauxite and then clastic one, and a wash surface is observable covering on the lower thick layer. The content of Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 in lower thick layer obviously are more than upper rhymic layer, SiO_2 is 4 times more, and the content of $\text{CaO}+\text{MgO}+\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ in upper rhymic layer is 10 times more. of trace elements, Ba, Rb. Sr, Li are more in upper rhymic layer, inert components of enrichment of Sc, Cr, Ga, Nb, Hf, Ta, V, Zr, $\sum\text{REE}$ are more in lower thick layer than upper.

Conclusions: The whole bauxite was product of “accidence—process” substage of “Emeishan mantle plume—Dongwu movement” stage. the first substage was balance stage named “magma—deplanation” in which the lower thick layer had been formed from highly mature crust of weathering, latterly came the second unbalance stage of “magma—deplanation” in which the upper rhymic layer had made up by less mature crust of weathering, the maturity of crust of weathering decided the difference in stratiform and geochemical mutation between lower and upper layer.

Acknowledgements: Financially supported by the project *Small talent highland of deep exploration for critical mineral resources in Guangxi* and the subproject of China Geological Survey (CGS) *Geological and mineral resources survey of Nanling Metallogenic Belt – Research on target – screening for exploration in the area of West Guangxi* (No. 1212011085411)

Keywords: west Guangxi; bauxite; thick bauxite layer; rhymic bauxite layer; accidence-process
First author: ZHANG Qilian, male, born in 1966, senior engineer, working on mineral exploration; Email: 258839931@qq. com

Corresponding author: ZHAO Xinjin, male, born in 1968, senior engineer, working on mineral exploration; Email: xjzhaogx@163. com

Manuscript received on: 2019-10-17; Accepted on: 2020-02-14; Edited by: LIU Zhiqiang

Doi: 10. 16509/j. georeview. 2020. 04. 018

(上接第 1004 页) Email 投稿的被接收与否以编辑部网上回信为准(请注意,我们收到您的 email 赐稿时一定会给您一个明确的收妥并进入审稿程序的答覆,若您未收到明确答覆或只收到自动回覆,请继续联系。对于较大附件的投稿,最好在投稿 email 之外同时发送一个不带附件的 email,因为较大附件的邮件常会在途中丢失)。

(6) 编辑部承诺一般在 90 日内给出刊用与否的通知。作者在 90 日内未收到退稿通知时不应将稿件另投他刊,否则视为一稿多投。对一稿多投的稿件,本刊无条件弃用;对其作者及其所在团队,编辑部保留有关权利。

(7) 对决定录用的稿件,作者应根据编辑部提供的修改意见修改后,向编辑部提交论文全文和图件的全部电子文件。《地质论评》和《地质学报》(中文版)录用的稿件将用方正系统排版印刷,作者提供 Microsoft Word 文件即可,若提供其他系统的文件也可以,请在原系统文件之外再拷贝一份纯文本文件。《地质学报》(英文版)则以 Microsoft Word 排版为好。所有图件必须提供单独的 600 dpi 的 TIF 格式文件,彩色图件请用 CMYK 模式(压缩后发送)。若为 CorealDraw 编辑的图件,请同时提供,编辑部可代为修改;若为其他制图系统编辑的文件,则不要提供。

(8) 稿件文责自负,若作实质性修改,须征得作者同意。
(9) 请注意,本刊只在稿件印刷成书后(即正式出版后),收取作者的一笔印刷赞助费(灰度页与彩色页不同,俗称“版面费”,但“版面费”的叫法既不正确也不妥当),不收取审稿费等任何其他费用,切勿受骗上当。

2 对投稿内容的要求[以下只适用于《地质论评》,《地质学报》(中、英文版)均与此有许多差别]

(1) 前言节应当交代清楚本文所研究对象的历史、现状、存在问题及本文的创新之处,点出本文的重要意义。

(2) 结论节,指出通过本文研究获得的新材料或新认识。

(3) 参考文献刊用著者一年制,文中提到的文献要一一列于文献表中,列于文献表中的文献一定要是正文(含图

或表)中提到的。为方便专家审查和编辑,我刊要求送审稿必须用著者一年制。

(4) 可以,也可以不,参照我刊其他一般要求(见“推荐文献”栏下)。如:终稿修改及提供材料要求,图件修改要求,英文摘要格式要求。还可以参见《地质论评》最新文章样式. PDF。

(5) 最后,但很重要,若是 word 格式的文稿,为了审稿专家和编辑阅读、批注方便,请将图、表依次插入文中出现处,但请不要分栏、分区(不要用图文框)(出现大片空白没有关系);可以插入行号(在“页面布局”菜单下)。还请注意插入图件的分辨率不要太高,不要超过 600 dpi,太大的文件,可能给审稿专家带来下载作者原稿或上传批注稿困难,耽误审稿。

3 其他

自 2019 年起,《地质论评》新增两个栏目,即“专题细解”(Theme Paper)和“窥斑速报”(Express Letter)。“专题细解”(Theme Paper)专栏为一组对同一专题进行研究的文章,一般由 4~7 篇组成,一般应当包括一篇评述,其余为专题研究或讨论。“窥斑速报”(Express Letter)专栏快速发表对重要地质问题有关证据或重要地质体的新发现,该栏文章的格式与正式文章完全相同,但前言节、讨论节可以压缩,结论可以不太确定。这一专栏的文章可能仅是一孔之见,但我们希望这样的文章能起到“窥一斑而知全豹”的功效。一般全文总长度(含图表、参考文献、英文摘要等)不超过 6 个印刷页面。新增两专栏的稿件将优先刊出,一般可在投稿后的 100 日内见刊。希各位专家组织、赐稿。

更多详细内容,请见我刊网页之“公告”栏和“推荐文献”栏。

《地质论评》、《地质学报》编辑部, 2020 年 7 月

