

清镇林歹铝土矿地球化学及成矿实验研究

凌坤跃^{1,2}, 朱笑青¹, 王中刚¹, 韩涛¹, 孙晓辉^{1,2}, 李晓霞^{1,2}

(1. 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;

2. 中国科学院大学, 北京 100049)

中国是世界上最大的铝生产和消费国, 铝土矿又是生产铝的主要原料, 且铝制品是我们日常生活中必不可少的。铝土矿按其成因分为红土型、古红土型(沉积型)和堆积型3种。包括贵州在内的中国铝土矿大部分是古红土型的。前人从矿物学、地球化学等方向对铝土矿进行了大量的研究, 但仍有许多关键问题尚未解决, 特别是在成矿实验上比较薄弱。因此, 对铝土矿进行地球化学和风化淋滤实验研究, 既丰富了铝土矿成矿的基本理论, 又可以为实际找矿勘探提供理论依据。

1 地质背景

研究区位于扬子准地台—黔北台隆—贵阳复杂构造变形区。早古生代, 贵州大部处于海相沉积环境, 早古生代晚期的加里东运动使黔中和黔北抬升, 形成“黔中隆起”, 它是一个北东向延伸的大型古复背斜构造, 构造高点在织金珠藏一带, 是上扬子古陆的组成部分。黔中地区经过近一亿年的风化剥蚀作用, 到泥盆纪末已达准溶原地貌, 构成喀斯特型铝土矿形成的有利基础地质条件。早石炭世大塘期华南海海水自南向北入侵, 清镇林歹地区属于岩溶洼地浅水湖泊相, 沉积形成石炭世九架炉组含铝岩系。二叠系海侵范围扩大, 至栖霞中期完全变成碳酸盐沉积。区内出露有上元古界、震旦系、中上寒武统、下石炭统、二叠系和三叠系地层。

矿层赋存于下石炭统九架炉组, 与上下地层均为平行不整合接触, 下伏地层为中寒武统石冷水组白云岩, 上覆地层为下石炭统摆佐组白云岩。清镇地区地质构造复杂, 断层交错分布、地层层序混杂, 断层大致分为NE和NNE两组。赋

矿层九架炉组近南北走向, 地层倒转, 倾向北北东, 倾角 $70^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 。含矿岩系九架炉组(C_{1j})分为三段: 上段(C_{1j}³)煤层, 有时灰绿色、红色黏土层夹黑色炭质页岩, 厚3~4 m; 中段(C_{1j}²)铝土矿层, 厚1~12 m, 一般5~6 m, 由致密状矿石、碎屑状矿石和高铁铝土矿矿石组成; 下段(C_{1j}¹)铁质层, 主要为含铁黏土页岩和铁矿体, 铁矿体由赤红色、钢灰色和暗色的菱铁矿团块和星点状黄铁矿以及赤铁矿透镜体组成, 厚2~10 m。

2 铝土矿伴生稀有元素的富集规律

铝土矿中伴生的高含量的Ga、V、Li、Sc、In、Zr等稀有元素目前正被广大学者和勘探者所注意到。但这些元素的富集程度与铝土矿的关系尚不明确, 可以确定的是这些稀有元素的含量在铝土矿含矿岩系中要比在贫矿岩系中高。作者对贵州地区铝土矿进行研究发现在铝土矿含矿岩系中, 铝的含量并不一定跟这些稀有元素的含量呈正比, 甚至有的呈现出反比的情况。在矿物学上, 铝土矿的主要矿物为一水硬铝石, 除此之外还有一些高岭石、蒙脱石、伊利石等自生矿物和锐钛矿、金红石、锆石等碎屑矿物, 无矿沉积岩系中除了不含一水硬铝石外, 其它的矿物种类都与铝土矿相似, 仅仅是含量上的区别而已, 而一水硬铝石本身并不富集这些稀有元素。可以发现, 这些富集的稀有元素全是稳定元素(不活泼元素), 在风化过程中这些元素残留在风化壳中, 之后沉积形成富稀有元素的含矿岩系。因此, 作者认为铝土矿含矿岩系中这些稀有元素的富集跟含矿岩系的前身—富铝红土或红土型铝土矿的风化程度呈正比关系, 也就是说Ga、V、Li、Sc、In、Zr等含量高的沉积岩的前身所经历的化学风化过程更强烈更彻底。之所以铝土矿中这些稀有元素含量较高是因为古红土型铝土矿形成的其中一个必要条件就是“成矿母岩在湿热的气候条件下经历过强烈的化学风化作用”。

基金项目: 矿床地球化学国家重点实验室基金(SKLOG-ZY125-01)

作者简介: 凌坤跃, 男, 1987年生, 博士研究生, 专业方向: 矿床地球化学. E-mail: lingkunyue@163.com

* 通讯作者, E-mail: zhuxqcas@sohu.com

3 风化模拟实验研究

对于古红土型铝土矿,大部分学者认同“红土化-沉积”的成矿过程。对“红土化”的研究可以从红土型铝土矿和红土风化壳的角度深入研究,目前也取得了比较明朗的认识,但对于“沉积”过程,目前还有很多争议。从元素的角度来看,古红土型铝土矿的行成,最核心的就是 Al、Si、Fe 三种元素的迁移关系,在成矿过程中 Si 和 Fe 的迁移可使 Al 相对富集而成矿,若 Si 的迁移不够则形成粘土质铝土矿,若 Fe 的迁移不够彻底则形成高铁铝土矿。

无论是碎屑岩、碳酸盐岩还是玄武岩都可以形成红土型铝土矿,且它们经化学风化作用形成的红土,其 Al_2O_3 含量都可达到 30%左右,甚至有的达到 40%。因此铝土矿的矿源岩可以是多样的,除了石英岩和其它几种难以风化的岩石外,大部分岩石类型都可以作为铝土矿的成矿母岩。古红土型铝土矿由于经历了沉积埋藏阶段,所以经历了比红土型铝土矿更为复杂的成矿过程,特别是地下水的淋滤作用对于铝土矿的形成具有重要的意义。因此通过风化淋滤实验来模拟“沉积”过程中地下水的 pH、Eh 条件可以还原出铝土矿的形成过程。

作者以贵州清镇地区林歹铝土矿为例,运用

风化淋滤实验方法对清镇林歹铝土矿的疑似矿源岩—石冷水组白云岩的风化的红土进行淋滤实验,对比 Al、Si、Fe 的迁移关系。设计不同的 pH 以及各种酸碱性条件,找出最适合去 Si 去 Fe 而富集 Al 的水溶液条件,即而从理论上得出自然条件下铝土矿形成所需要的地下水条件。实验结果表明: Si 最容易随地下水迁移,它在自然条件 (pH=3~9) 的迁移率比 Fe 和 Al 高几个数量级,中偏酸性的无还原条件下最有利于去 Si 富 Al,酸性还原条件下最有利于去 Fe 富 Al。因此,在沉积埋藏过程中, Si 的迁移贯穿整个沉积埋藏阶段,特别是在前期,后期含铝岩系上覆的煤层或其它富含有机质岩层中的有机质氧化腐烂所产生的酸性还原性地下水对 Fe 的迁移起到至关重要的作用。

基于上述实验结果,作者认为沉积过程对铝土矿形成的作用在所有阶段中是最重要的,沉积过程中沉积盆地水和地下水的 pH、Eh 及含有机质情况等条件对成矿元素的迁移富集具有重要的意义。沉积成岩之后抬升至近地表的地下水淋滤作用对铝土矿的富集也起到一定的作用,但对于铝土矿形成的促进作用意义并不大,也就是说仅仅是表生淋滤作用并不能形成铝土矿,而只能提高铝土矿的品位。

参 考 文 献:

- 凌坤跃,朱笑青,王中刚,陈文一. 中国南方红土型铝土矿的找矿远景与战略选择. 轻金属, 2013, 414: 7-12.
- Ling Kunyue, Zhu Xiaoqing, Wang Zhonggang, Han Tao, Tang Haoshu. Metallogenic model of bauxite in central guizhou province: an example of Lindai Deposit. *Acta Geologica Sinica* (English Edition), 2013, in press.
- Zhang Zhengwei, Li Yujiao, Zhou Lingjie, Wu Chengquan, Chaofei Zheng. The “coal-bauxite-iron” structure in the ore-bearing rock series as a prospecting indicator for southeastern Guizhou bauxite mines. *Ore Geology Reviews*, 2013, 53: 145-158.