

文章编号: 1000-0550(2009) 04-0606-08

息烽—遵义早石炭世大塘期岩相古地理特征^①

殷科华^{1,2} 叶德书² 沈大兴² 王 林^{1,2} 罗本利²

(1 贵州省地质调查院 贵阳 550004 2 贵州省地质矿产勘查开发局 106 地质大队 贵州遵义 563000)

摘 要 在前人取得岩石学、矿物学及古生物—古生态学实际资料的基础上,应用现代沉积学的理论与方法,通过指相微量元素、古盐度及同位素等测试成果分析,对大塘期岩相古地理特征进行了综合研究。认为大塘期沉积的含铝岩系下段粘土岩属海相沉积,上段铝质岩属海陆过渡相沉积,顶部为大陆湖沼相沉积。表明大塘期的沉积环境,是在海侵早期所形成的陆表海基础上,逐步发展成淡化泻湖形成粘土岩沉积,随着泻湖淡化程度的强化,泻湖范围缩小,盐度降低,进而形成铝质岩—铝土矿沉积;最后以富有机质的大陆湖沼相沉积而告终。因此,沿上述脉络追踪整个含铝岩系的沉积序列,当属海退过程中的沉积产物。

关键词 早石炭世 大塘期 含铝岩系 岩相古地理 贵州息烽—遵义

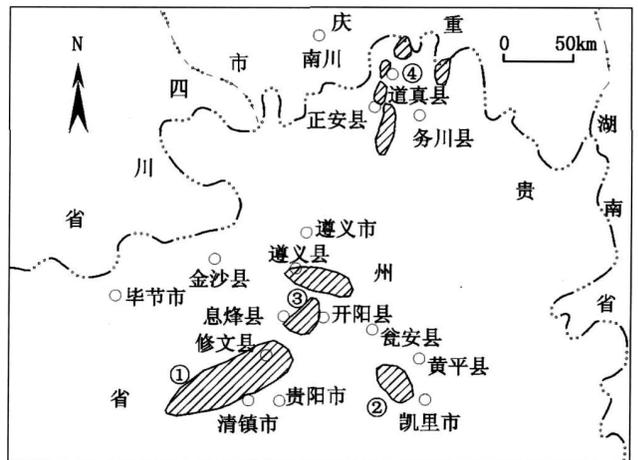
第一作者简介 殷科华 男 1956 年出生 工程师 矿产勘查 E-mail ykh106@163.com

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

0 前言

成矿时代归属为早石炭世大塘期^[1]的息烽—遵义铝土矿带,分布于贵州省的息烽、开阳和遵义三县境内(图 1)。在东西长 60 km、南北宽 50 km,面积为 3 000 km²的范围内,共发现铝土矿床(点) 24 处。其中,中小型铝土矿床 14 处,铝土矿点 10 处。自 1958 年以来,先后经贵州省地质局修文队、娄山关队、106 队和 102 队以及贵州有色地质勘查局三总队等进行了地质普查与勘探。此间,陈有能等于 1986 年编写了《遵义—息烽铝土矿沉积区含铝岩系划分对比及物质组成初步研究》报告。

息烽—遵义早石炭世大塘期含铝岩系,主要是在加里东旋回末期剧烈抬升所造就的古岩溶基础上形成的,其物源主要来自下古生界($\epsilon-S$)沉积所形成的风化残积物。进入大塘期后,加里东末期地壳的大面积隆升已被轻微震荡所替代,下古生界风化残积物的红土化以及原地堆积和短距离搬运再沉积,在不同地段乃至不同剖面有不同表现,但均体现在海水漫入—退出这一较完整的海退过程中。对研究区含铝岩系的沉积古地理环境总体认为具有复杂性、多样性和可变性,甚至出现生态环境的混生矛盾现象。因而对其沉积环境的认识,不同研究者往往从不同角度进行了探讨。不论是大陆相(包括残坡积相、湖沼相、



①清镇—修文铝土矿带;②凯里—黄平铝土矿带;③息烽—遵义铝土矿带(本文研究区);④务—正—道铝土矿带

图 1 息烽—遵义铝土矿带研究区平面位置图

Fig 1 Location of Xifeng-Zunyi bauxite belt

沼泽相、红土相等^[2]),还是海相(淡化泻湖相)、陆相兼具的认识,均具有各自的依据。但相互的论据在统一对应矛盾中相辅相成,为丰富和完善铝土矿的成矿模式提供了有价值的资料。

笔者在前人研究成果的基础上,根据指相元素含量及比值、古盐度、有机炭含量以及硫、氧同位素等多种测试成果分析,同时应用现代沉积学的理论和方法^[3],对息烽—遵义早石炭世大塘期含铝岩系沉积

①国土资源大调查项目(编号:1212010630405)资助。

收稿日期:2008-07-22 收修修改稿日期:2008-12-05

相进行了综合研究和编制了岩相古地理图, 并撰写成文。

1 区域地质背景

贵州息烽—遵义早石炭世大塘期沉积了一套以粘土岩、铝土质粘土岩、铝土矿为主, 时夹黄铁矿透镜体和炭质页岩等的含铝岩系, 厚度 $0 \sim 109.90 \text{ m}^{[4]}$, 变化较大, 受古岩溶坑洼起伏的制约, 其岩石地层名称为下石炭统九架炉组 (C_{1j})^[5]。通过孢粉化石研究和 Rb、Sr 法同位素年龄测定, 肯定了这套陆源铝土铁质建造是早石炭世大塘期的沉积产物^[2]。含铝岩系在本区可细分为上、下两个彼此连续过渡的岩性段, 即下段粘土岩和上段铝质岩 (含铝土矿), 顶部常有富炭沉积。由于基底遭受剥蚀程度不同, 所形成的古岩溶地貌有明显差异, 从而使含铝岩系表现出诸多沉积特征。

早石炭世大塘期含铝岩系沉积之前, 其基底在漫长的地史发展中曾经历多次构造运动, 特别是在志留纪未发生的加里东运动 (广西运动, 升降运动) 最为强烈, 致使黔中至黔北上升成陆, 并长期遭受风化剥蚀, 历时约 150 百万年之久。由于升降运动的差异, 区域上被剥蚀的程度不一, 基底地层时代从南向北, 由老变新。其变化更新序列为: 黔中清镇一带为下、中、上寒武统 ($\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$) 的泥云岩, 白云岩夹页岩; 息烽—开阳为中上寒武统娄山关群 ($\epsilon_{2-3} l_s$) 白云岩; 遵义南部主要为下奥陶统桐梓组 (O_{1t}) 白云岩或页岩, 少数地区为湄潭组 (O_{1m}) 页岩, 遵义北部为中奥陶统 (O_2) 灰岩、页岩及中、下志留统 (S_x, S_1) 碎屑岩。不言而喻, 基底经长期风化剥蚀作用进而成就了准平原化的展露, 同时镶嵌若干大小不等、形状不同的古岩溶坑洼, 其分布常与古断层的展布方向有关^[6]。在更大的区域内宏观上明显存在两个较大的洼地, 即南部清镇—修文一带和北部遵义苟江—后槽一带, 其间被黔中隆起所分割, 而含铝岩系则一脉相

承而又断续相连。在上述两个洼地和隆起高地上经进一步的演化发育, 大小不等更次一级的坑洼和隆起便应运而生。其中较大的凸起 (如尚稽—马场水下隆起), 在早石炭世海水入侵后的中期起到一定的障壁作用, 限制着南来海水的补给, 导致南北两侧相对半封闭低盐度环境的形成, 为铝土矿沉积其中提供了有利条件。

2 沉积相特征

早石炭世大塘期的含铝岩系沉积受古岩溶坑洼地形的控制, 故厚度变化较大, 下段总的为一套粘土岩, 上段为铝质岩 (铝土矿)。它既具风化壳的残迹, 又具近似重力流、密度流的杂乱堆积特征, 反映了近岸区钙红土风化壳碎屑再沉积^[2]的特点。

2.1 含铝岩系指相微量元素和古盐度及同位素特征

2.1.1 指相微量元素和古盐度

目前国内外研究粘土岩的学者, 认为粘土矿物的碱性吸附离子, 在成岩、后生作用过程中保持稳定, 可以反映原始沉积环境。由于各种粘土矿物的吸附能力不同, 一般多采用水云母 (伊利石), 而在本区含铝岩系粘土岩的主要矿物成分正好是水云母, 而且在粘土质铝土矿中也含有水云母。文章采用指相元素 B、Sr、Ba 等和 B/Ga、Sr/Ba 比值 (表 1), 作为划分区内含铝岩系沉积相的标准。

另外根据沃克等研究^[7], B 含量大于 400×10^{-6} 为超盐度环境, 在 $300 \times 10^{-6} \sim 400 \times 10^{-6}$ 为正常海相, $200 \times 10^{-6} \sim 300 \times 10^{-6}$ 为半咸水沉积, 小于 200×10^{-6} 为低盐度环境。按此标准划分, 含铝岩系的沉积环境是, 清镇林歹和遵义的上段为低盐度环境。

海水中 B 的浓度随盐度的变化而变化, 粘土矿物 (特别是水云母) 所吸附的 B 则与盐度成正比。根据粘土矿物中 B 含量计算古盐度, 其公式为: $y = 0.0977x - 7.043$, 其中 y 为水体盐度 (‰), x 为 B 含量 ($\times 10^{-6}$)^[7]。

表 1 B 含量 ($\times 10^{-6}$) 及 Sr/Ba、B/Ga 比值划分沉积相标准

Table 1 B content ($\times 10^{-6}$) and Sr/Ba、B/Ga ratio partition sedimentary facies criterion

元素含量及比值	地区	海相	过渡相	陆相	资料来源
B	美国石炭系 (C)	70~150	80~140	15~40	同济大学海洋地质系, 1980
B	息烽—遵义	>120	80~120	<80	本文
Sr/Ba	西西伯利亚北部 (J-K)	海水 0.575	半咸水 0.462	淡水 0.48	参考文献 [7]
Sr/Ba	沿里海凹陷区 (J-K)	海水 0.818	半咸水 0.714	淡水 0.35	参考文献 [7]
Sr/Ba	现代泥炭沉积	>1.3~1.6	0.7~1.2	0.1~0.5	煤炭部地质探矿研究, 1979
Sr/Ba	息烽—遵义	>1	1左右	<1	本文
B/Ga	息烽—遵义	4.5~5.0	3.5~4.5	<3.5	本文

表 2 含铝岩系下段粘土岩 B Ba Sr Ga 含量 ($\times 10^{-6}$)、B/Ga Sr/Ba 比值及古盐度
Table 2 B, Ba, Sr, Ga content ($\times 10^{-6}$), B/Ga Sr/Ba ratio and paleosalinity of downside claystone in bauxite-bearing rock series

地 区	B		Ba		Sr		Ga	B/Ga	Sr/Ba	古盐度 ‰
	区间值	平均	区间值	平均	区间值	平均				
清镇林歹	50~ 324	218.5	0~ 352	297	97~ 646	545	44	4.97	1.8	14.3
息烽—开阳	13~ 247	137.3	0~ 472	149.2	0~ 197	99.2	45.6	3.01	0.7	6.4
遵 义	50~ 640	228.5	31~ 706	292.8	19~ 596	176.3	44.5	5.13	0.6	15.3

测试单位: B 由湖北省地矿局实验研究中心测试, 1984; Ba, Sr, Ga 由贵州省地矿局实验室测试, 1984

表 3 含铝岩系上段铝质岩、铝土矿 B Ba Sr Ga 含量 ($\times 10^{-6}$)、B/Ga Sr/Ba 比值及古盐度
Table 3 B, Ba, Sr, Ga content ($\times 10^{-6}$), B/Ga Sr/Ba ratio and paleosalinity of upside aluminous rock and bauxite in Xifeng-Zunyi bauxite-bearing rock series

地区	岩(矿)石名称	B		Ba		Sr		Ga	B/Ga	Sr/Ba	古盐度 ‰
		区间值	平均	区间值	平均	区间值	平均				
清 镇	铝质岩	150~ 317	230.7	0~ 300	57.1	37~ 1064	440	71.0	3.25	7.71	15.5
清 镇	低铁铝土矿	150~ 306	211.3	0~ 44	11.0	62~ 870	401.3	103.0	2.05	36.48	13.60
清 镇	高铁铝土矿		150.0		0		1064	62.0	2.42		7.61
息烽—开阳	铝质岩	75~ 372	123.2	0~ 724	88.9	35~ 211	86.4	134.0	0.92	0.97	4.99
息烽—开阳	铝土矿	36~ 320 ^①	115.6	0~ 192	20.8	9~ 211	81.3	135.6	0.85	3.91	4.25
遵 义	铝质岩	4~ 560	148.3	0~ 253	93.0	12~ 465	109.2	126.9	1.17	1.17	7.45
遵 义	低铁铝土矿	50~ 435 ^②	152.3	0~ 232	86.3	22~ 367	110.1	147.8	1.03	1.28	7.84
遵 义	高铁铝土矿	4~ 16	10.5	0~ 68	9.4	16~ 133	30.0	113.5	0.25	1.26	

① B < 80×10^{-6} 占 40%, $80 \sim 120 \times 10^{-6}$ 占 20%, $> 120 \times 10^{-6}$ 占 40%; ② B < 80×10^{-6} 占 34%, $80 \sim 120 \times 10^{-6}$ 占 21.9%, $> 120 \times 10^{-6}$ 占 44.1%。
样品测试单位同表 2。

按此, 本区内含铝岩系下、上段的古盐度值, 以及 B/Ga Sr/Ba 比值的变化分别见表 2 和表 3。

遵义下段粘土岩和清镇林歹的上、下段古盐度值为 14.3‰~ 15.5‰, 与美国宾夕法尼亚的西部中石炭世海相泥质岩中古盐度低值区接近 (12‰~ 35.5‰, 据 Nelson 1967)^[7]。息烽—遵义含铝岩系上段铝质岩(铝土矿)的 B 含量和古盐度等值线平面变化见图 2。下段粘土岩在相同的地理背景下, 其 B 含量和古盐度呈同步增减并相互平行排布, 以东部院子头和西部金鸡坪形成两个圈闭的等值线浓集中心, B 含量最大值分别达 392.5×10^{-6} 和 530×10^{-6} ; 古盐度最高值分别达 31.3‰ 和 44.7‰, 进而沿周边呈比较均匀的态势递减至边缘地带, B 含量与古盐度的最低值分别为 50×10^{-6} ~ 100×10^{-6} 和 0~5‰。上列图文资料, 为息烽—遵义含铝岩系沉积相的划分, 提供了有力的佐证。

根据勒斯勒 H J 等 (1985) 利用 B/Ga Rb 相对丰度三角图解法作图^[8], 按表 3 和后文表 5 资料, 遵义含铝岩系上段铝质岩三元素交点落在淡水区和未定

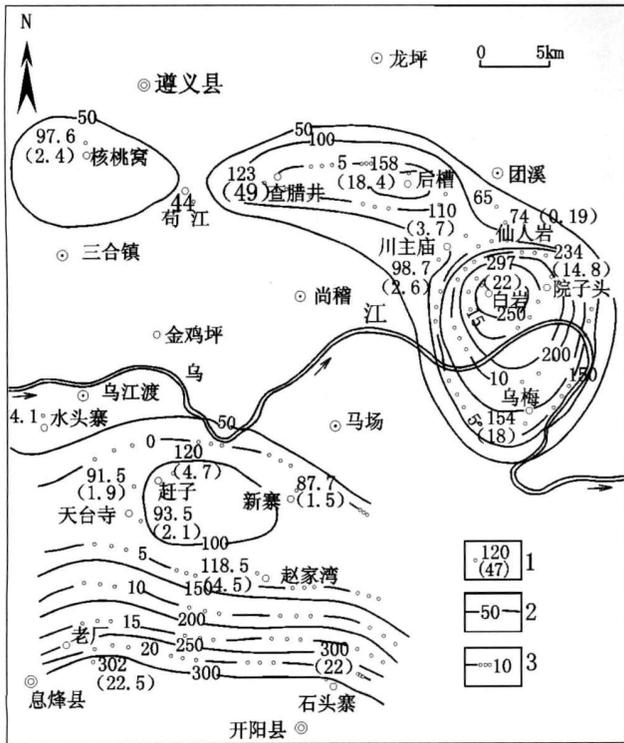
区的交界线上 (图 3)。

2.1.2 同位素特征

1) 硫同位素组成

研究区含铝岩系下段粘土岩中黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 为 +19.5‰~+22.2‰ (2 件试样^①), 与现代海水 $\delta^{34}\text{S}$ 平均值 +20‰ (刘平, 2007) 接近, 表明硫源来自海水硫酸盐。含铝岩系上段铝土矿和铝土质粘土岩中黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 由下向上依次为 +26.0‰、+18.8‰、+18.7‰、+15.7‰、+15.1‰、+14.3‰、+13.9‰、+13.2‰、+3.5‰、+3.4‰、+1.2‰ (11 件试样), 具有一定的分布规律。含铝岩系顶部炭质页岩中黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 为 -22.6‰ (1 件试样)、劣质煤为 -32.8‰ (1 件试样)。经研究表明, 含铝岩系下段粘土岩在沉积时, 海水开始进入沉积古岩溶洼地, 硫源不断增加, 由于海水较浅, 细菌繁殖少, 所以同位素分馏并不强烈, 新生的黄铁矿仍保留了海水中硫酸盐 $\delta^{34}\text{S}$ 组成特征, 故正值较大。之后, 含硫酸盐的海水水体不断加深, 黄铁矿自然富硫。到铝土矿和铝土质粘土岩沉积时, 泻湖洼地开始海退, 随着陆源淡水的

① 硫同位素测试单位: 中国有色金属工业总公司矿产地质研究院, 1984~1985



1. 采样点: B 含量 ($\times 10^{-6}$), 括号内为古盐度 (%); 2. B 含量等值线; 3. 古盐度等值线

图 2 息烽—遵义含铝岩系上段铝质岩 (铝土矿) B 含量及古盐度等值线图 (据贵州省地矿局 106 队资料编制, 1986)
Fig. 2 Contour map of B content and paleosalinity of upside aluminous rock in Xifeng-Zunyi bauxite-bearing rock series

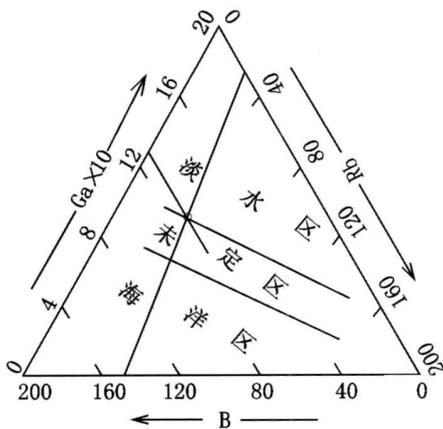


图 3 遵义含铝岩系上段铝质岩 B、Ga、Rb 相对丰度三角图

Fig. 3 B, Ga, Rb relative abundance triangular diagram of upside aluminous rock in Xifeng-Zunyi bauxite-bearing rock series

不断加入, 海水硫酸盐减少, 故 $\delta^{34}\text{S}$ 值逐渐降低。在沉积含铝岩系末期, 由于沉积洼地水体的收缩、沼泽环境的出现, 在炎热潮湿的古气候条件下形成了炭质页岩及劣质煤, 加之细菌的大量繁殖, 致使硫酸盐发生强烈分馏, 黄铁矿必然轻硫, $\delta^{34}\text{S}$ 出现负值, 其硫源是生物硫。

2) 氢、氧同位素

研究区一水硬铝石型铝土矿的 $\delta^{18}\text{O}$ 为 $+7.4\text{‰} \sim +14.24\text{‰}$ (6 件试样^①), 平均值 $+11.76\text{‰}$, 介于我国岩溶型一水硬铝石型铝土矿 $\delta^{18}\text{O}$ 区间值 $+5.0\text{‰} \sim +12.89\text{‰}$ (廖士范, 1984) 之间, 说明二者氧同位素组成特征基本相同。本区铝土矿的 δD 测定值为 $-79\text{‰} \sim -94\text{‰}$ (6 件试样^①), 平均值为 -86.17‰ , 氢同位素组成与大气降水大致相当, 说明铝土矿在成矿初期, 成矿母岩曾经历过红土化风化作用。

2.2 沉积相分区及分区简介

2.2.1 沉积相分区

根据上述资料综合分析, 息烽—遵义含铝岩系的沉积早期, 海水从南向北入侵, 形成陆表海的沉积环境。至含铝岩系沉积中期, 海水受黔中隆起的阻挡, 补给中断或间断补给, 水体盐度降低, 淡化泻湖范围也随之缩小, 导致泻湖—湖沼的沉积特征很明显。已获得的古生物资料表明, 在含铝岩系上、下段沉积中, 时有指示海相成因或滨(浅)海环境的疑源类化石(下段相对较多)和古孢子分子及其组合, 这从古生态层面支持了上述对含铝岩系沉积环境的认识^[2]。根据区内含铝岩系的沉积特征, 分为四个亚相(图 4)。另外在研究区的西侧和西北侧有两个湖沼亚相, 不在图区内。现将息烽—遵义沉积相分区列示如下:

I-1 息烽—遵义淡化泻湖相

I-1-1 息烽—开阳淡化泻湖浅滩: 铝、铁分布区。

I-1-2 尚稽—马场水下隆起: 粘土岩分布区。

I-1-3 苟江—后槽淡化泻湖: 铝、铁、硫分布区。

I-2 遵义—仁怀湖沼相

包括三个湖沼亚相区(图区内一个、外两个), 主要为粘土岩、炭质页岩(或夹煤线)组合。

I-2-1 遵义群岛—湖沼亚相

I-2-2 金沙湖沼亚相(研究区西侧)

I-2-3 仁怀滨岸湖沼亚相(研究区西北侧)

①氢、氧同位素测试单位: 中国科学院地球化学研究所, 1986。

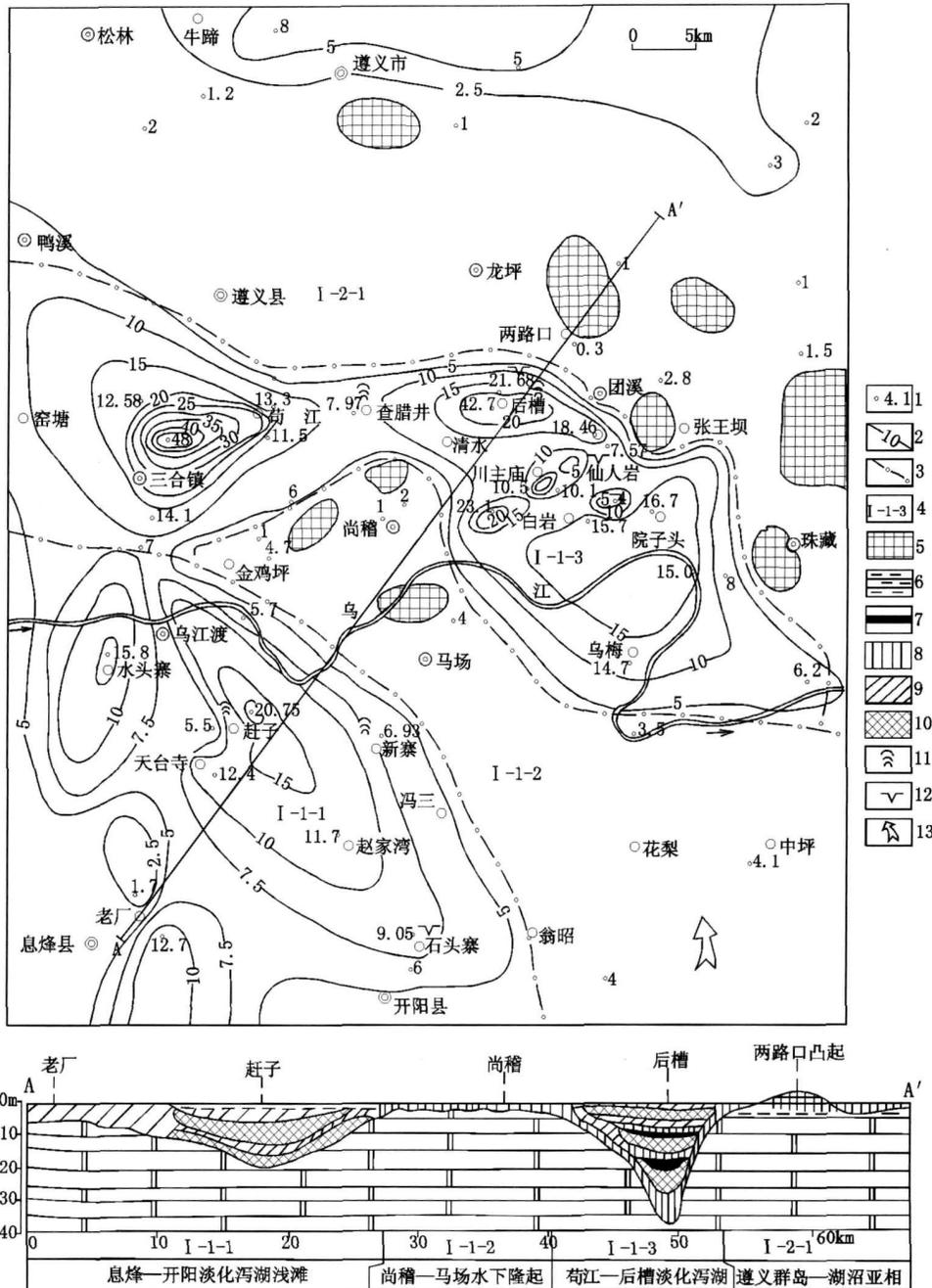
2.2.2 分区简介

1) 息烽—开阳淡化泻湖浅滩 (I-1-1)

范围: 东界翁昭—冯三, 南界息烽—开阳, 西至息烽水头寨西侧, 北抵乌江渡—金鸡坪之间。

相区内粘土岩段不发育, 仅部分地区含铝岩系底部有含铁质粘土岩, 局部夹赤铁矿小透镜体, 厚度较

薄。上段发育, 为含铝土矿屑粘土岩、铝土质粘土岩、粘土质铝土矿、铝土矿, 顶部时有炭质页岩, 产早石炭世古孢子。在少数深的洼地中为含硫铝土矿。铝质岩—铝土矿结构复杂, 常为大小不等的砾、豆粒、碎屑的杂乱堆积。碎屑外围时有薄层褐铁矿壳。部分碎屑内部的球粒、团粒为原生结构。碎屑有未经搬运和有



1. 剖面位置及含铝岩系厚度(m); 2. 沉积等厚线; 3. 岩相界线; 4. 相区编号; 5. 无沉积区; 6. 炭质页岩; 7. 煤或煤线; 8. 粘土岩; 9. 铝土质粘土岩; 10. 铝土矿; 11. 藻铅叠层石; 12. 干裂纹; 13. 海侵方向

图 4 息烽—遵义早石炭世大塘期沉积岩相图
(据贵州省地矿局 106 队资料编制, 1986)

Fig. 4 Lithofacies map of Early Carboniferous Datangian Age sedimentary rock in Xifeng-Zunyi

表 4 息烽—开阳含铝岩系指相元素及比值和有机炭、 Δ Eh 分析结果Table 4 Xifeng-Kaiyang bauxite-bearing measures facies element and ratio and analytical result of organic carbon Δ Eh

岩(矿)石名称	B	Sr	Ba	Ga	Mn	Rb	有机炭	Δ Eh	B/Ga	Sr/Ba	古盐度
	/10 ⁻⁶						%	/mV			‰
上段 粘土岩	126.2	36.2	159.2	49			0.33		2.58	0.23	5.29
铝土质粘土岩	148.1	93.4	160.9	75.7			0.23	40.5	1.96	0.58	7.43
铝土矿	115.6	81.3	20.8	135.6			0.17		0.85	3.91	4.25
下段 含铁质粘土岩	137.3	99.2	149.2	45.6			0.13	36	3.01	0.66	6.37
含铁质粘土岩 ^①	109.5	104.9	232.5	21.2	13.0	57.0			5.17	0.45	3.66

①提纯样。测试单位: B 由湖北省地矿局实验研究中心测试, 1984; Sr Ba Ga Mn Rb 由贵州省地矿局实验室测试, 1984 有机炭由西南石油地质局第八普查勘探地质大队实验室测试, 1984 Δ Eh 由贵州省地矿局地质科学研究所测试, 1984。

一定搬运两种类型。铝土矿的干裂纹内, 边缘充填有自形晶—水硬铝石, 中心为更晚的高岭石充填, 反映铝土矿形成时气候有短暂的干旱。藻铝叠层石构造生长在大的碎屑之间, 有的则不对称地生长在碎屑边缘。

本区含铝岩系微量元素指相特征见表 4 表中 B 含量既有海陆过渡相特征者, 也有低盐度沉积环境者; 古盐度均低于正常海水而又高于陆相淡水环境, 显示为淡化泻湖浅滩特征, 具弱氧化—弱还原环境。

2) 尚稽—马场水下隆起 (I-1-2)

范围: 北西端位于遵义清水和金鸡坪, 南东端延至开阳花梨和瓮安中坪。呈北西—南东延伸。

本相区除局部地区为岛屿无沉积外, 大部分为粘土岩沉积, 少数凹凼中有炭质页岩或铝土质粘土岩, 偶见含粘土质铝土矿。结构为泥质结构, 部分为碎屑、豆粒状结构。层理为水平微细层理, 页片至薄层状。

粘土岩化学分析, B 含量 $420 \times 10^{-6} \sim 640 \times 10^{-6}$, 平均 530×10^{-6} ; Sr $15 \times 10^{-6} \sim 40 \times 10^{-6}$, 平均 27.5×10^{-6} ; Ba $168 \times 10^{-6} \sim 340 \times 10^{-6}$; 平均 254×10^{-6} ; Ga 平均 46×10^{-6} ; B/Ga 比值 11.59, Sr/Ba 比值 0.11, 古盐度 44.3‰, 多显示海相沉积特征。而 Sr/Ba 比值极低, 说明是隆起上的自身堆积物, 搬运距离短或就地堆积, 故 Ba 含量高, B 含量特高, 为超盐度的沉积环境。反映了它在粘土岩形成时, 一直在水体之下, 受淡水参合作用少, 粘土矿物吸附了海水中的 B。

3) 苟江—后槽淡化泻湖 (I-1-3)

范围: 东界位于遵义张王坝东侧, 南至开阳乌梅和遵义干龙洞一带, 西抵遵义窑塘西侧, 北至遵义—团溪一线。其形态似一个近东西向的不对称的哑铃形, 哑铃把在遵义水源乡的查腊井附近。

本相区沉积基底古地形复杂, 有两个比较大的水

下凸起, 把苟江—后槽淡化泻湖分为三个洼地。其中查腊井水下高地把位于东西两侧的后槽和苟江洼地隔开, 仙人岩水下高地(平台)把后槽和院子头—乌梅洼地隔开。在高地上仍发育有更次一级大小不等的古岩溶洼地及少数古岩溶漏斗。因此含铝岩系厚度变化较大, 一般介于 0.5~60 m 之间, 最厚达 109.90 m。

区内粘土岩段发育, 在溶槽、溶沟、溶坑及岩溶漏斗中, 多为含黄铁矿粘土岩, 黄铁矿品位较富。在高地处为水云母粘土岩和含铁质粘土岩, 局部夹赤铁矿或菱铁矿小透镜体。在部分高地周围, 在粘土岩段的底部有海侵时形成的含粉砂质海绿石粘土岩、含磷质粘土岩和古风化壳褐色粘土。局部地区下部夹粉—中粒石英砂岩薄层或透镜体。粘土岩颜色: 洼地内以灰绿、深灰色为主; 高地为紫红、灰紫、灰绿色。结构以泥质结构为主, 次为碎屑结构(包括碎屑、豆、砾)。构造为页片至薄层、条带状和层纹状构造。

铝质岩段包括含铝土质粘土岩、粘土岩、粘土质铝土矿、铝土矿、中部夹炭质页岩和煤线或劣质煤 1~2 层, 最长达 5 层。低铁铝土矿、含硫铝土矿、炭质铝土矿多沉积在较深的洼陷内, 特别是在岩溶漏斗中铝土矿层数多, 最长达 14 层, 矿体厚度大, 最厚为 96.45 m, 并常夹粘土岩、铝土质粘土岩, 厚度变化较大。岩溶洼地较浅的, 铝土矿多无夹层和炭质页岩。高铁铝土矿分布在基底相对较高的岩溶洼地内。结构: 主要为碎屑结构, 大小不等, 分选极差, 杂乱堆积为主; 豆粒结构, 主要在高铁铝土矿^[9]中。构造: 中厚层—块状, 藻铝叠层石构造产在低铁铝土矿的中、上部; 干裂构造, 多在高铁铝土矿中, 反映铝土矿形成时, 由于气候干燥, 碎屑收缩形成裂纹; 眼球状构造, 仅局部见及。

相区指相元素特征见表 5。其中, 未提纯的粘土岩 Ba>Sr 特别在古高地上沉积的粘土岩, Ba 含量更

表 5 苟江—后槽淡化泻湖相区指相元素特征

Table 5 Facies element character of Goujiang—Houcao desalting lagoon phase area

岩(矿)石名称	B	Sr	Ba	Rb	古盐度	ΔEh	有机碳	B/Ga	Sr/Ba	岩相特征
	I ($\times 10^{-6}$)				I(‰)	I(mV)	I(%)			
上段 粘土质铝土矿	250.7	86.6	169.5	29	17.45		0.11	1.17	1.17	淡化泻湖相 部分地区为陆相
低铁铝土矿	81.7	122.8	47.8	5	0.94	33.05	0.24			
高铁铝土矿	10.5	30.0	9.4			49.75	0.12			
粘土岩夹层	381.7	145.8	230.5	84.8	30.25					
下段 粘土岩	236.0	176.3	239.9	84.8	16.02	34.5	0.19	5.4	0.73	海相
粘土岩 ^①	260.6	193.2	167.3	123.4	18.4			7.59	1.15	

①粘土岩提纯样(13件)。样品测试单位同表 4

高,如磨子岩底部粘土岩 $Ba 526 \times 10^{-6}$, $Sr 15 \times 10^{-6}$;三星乡 $Ba 610 \times 10^{-6}$, $Sr 70 \times 10^{-6}$;后槽荒田湾 Ba 平均值 524×10^{-6} , $Sr 104 \times 10^{-6}$ 。这反映了物质搬运距离较近或显示就地堆积特征。铝土矿中 $Sr > Ba$ 其原因是基底碳酸盐岩含 Sr 较高,经风化淋滤被地下水带入岩溶洼地而集中于铝土矿中被矿物吸附,从而提高了铝土矿中 Sr 含量的丰度,显然,这与沉积环境无关。

含铝岩系下段粘土岩 B 平均大于 200×10^{-6} ,属半咸水沉积环境,其古盐度及 B/Ga 比值等具海相特征;含铝岩系上段铝质岩 B 含量平均小于 200×10^{-6} ,古盐度低,为低盐度沉积环境,属半封闭—封闭还原环境条件下形成的沉积产物。

结合 $B-Ga-Rb$ 三角图解(图 3),同样说明铝质岩段(铝土矿)属海陆过渡相沉积。

综合上述岩相分析,本区属海侵后发展形成的淡化泻湖,铝土矿具有再沉积的特征,主要为弱氧化—弱还原环境。

4) 遵义群岛—湖沼亚相(I-2-1)

范围:东达瓮安珠藏,南界遵义—团溪一线,西至遵义鸭溪以西,北抵遵义市以北。

本区含铝岩系沉积厚度较小,一般 0.3~8m,部分地区无沉积。主要岩性为粘土岩、含粉砂质粘土岩及少量炭质页岩。局部洼地中有碎屑状铝土矿堆积。(如遵义市城区北郊马蹄沟)。粘土岩类结构、构造较单一,泥质结构为主,少数碎屑结构。页片至薄层状层理。属湖沼相的浅水沉积。

5) 金沙湖沼亚相(I-2-2)

范围:东界金沙沙土,南界黔西重新—息烽水头寨西侧,西抵金沙大田,北达金沙平坝至遵义泮水沿线附近(研究区西侧)。

本区含铝岩系厚度较小,一般在 3~6m,部分地

区无沉积。岩性为粘土岩和炭质页岩或含植物碎屑粘土岩。部分洼地沉积有含铝土质粘土岩或碎屑状含绿泥石、含粘土质泥晶铝土矿(金沙沙坝),其化学分析, $B 59 \times 10^{-6}$, $Sr 49 \times 10^{-6}$, $Ba 6 \times 10^{-6}$, $Ga 100 \times 10^{-6}$, $Rb 2 \times 10^{-6}$ 。上述元素含量显示陆相特征。根据岩性和微量元素含量,应属湖沼沉积环境。

6) 仁怀滨岸湖沼亚相(I-2-3)

范围:东界遵义松林,南抵鸭溪、泮水,西至仁怀茅坝,北达仁怀县城一带(研究区西北侧)。

本区沉积基底从南向北由低变高,为一斜坡地形。含铝岩系厚度从南向北由厚变薄乃至无沉积。一般厚度 2~7m。岩性为粘土岩、含炭质粘土岩及炭质页岩夹煤线。结构、构造单一,具泥质、鳞片结构和页片至薄层状构造。属滨岸湖沼沉积环境。

3 结语

息烽—遵义早石炭世大塘期的沉积,是在早古生代碳酸盐岩古喀斯特侵蚀面上形成的一套具有经济价值的铝土矿含铝岩系,其沉积时代、沉积环境及岩(矿)石组合类别均处于地史上转化更替的有利时空部位。由于沉积基底遭受长期风化剥蚀在其程度上的差异,造就了比较复杂的古岩溶地貌类型,不均匀分布且规模不等的坑、洼、隆、凸此起彼伏,从而形成区内含铝岩系诸多沉积特征。经应用现代沉积学的理论与方法进行^[10]研究,表明大塘期含铝岩系是以垂向上的沉积环境有序过渡为其特点,并展示出一幅海退过程的画卷,即以海相沉积(下段粘土岩)→海陆过渡相沉积(上段铝质岩)→大陆湖沼相富含有机质沉积(顶部)构建并完成这一时期的沉积层序。

致谢 文章在撰写过程中,承蒙朱成林和陈有能二位高级工程师的悉心指导并提出宝贵意见,在此并深表感谢!

参考文献 (References)

- 1 刘平. 黔北务-正道地区铝土矿地质概要 [J]. 地质与勘探, 2007, 43(5): 29-33 [Liu Ping. Bauxite geology in the Wuchuan-Zhengandaozhen area, Northern Guizhou [J]. *Geology and Prospecting*, 2007, 43(5): 29-33]
- 2 刘巽峰, 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 [Liu Xunfeng, Wang Qingsheng, Chen Younen, et al. Geological Character and Mineralization [M]. Guiyang: Guizhou People Press, 1990]
- 3 沈建伟. 贵州及邻区宝塔期岩相古地理研究 [J]. 贵州地质, 1990, 7(2): 125-140 [Shen Jianwei. Research on the Baota age lithofacies and paleogeography in Guizhou and adjacent areas [J]. *Guizhou Geology*, 1990, 7(2): 125-140]
- 4 朱永红, 朱成林. 遵义铝土矿(带)找矿模式及远景预测 [J]. 地质与勘探, 2007, 43(5): 23-28 [Zhu Yonghong, Zhu Chenglin. Prospecting mode and prospective forecast in the Zunyi Aluminum Ore Belt [J]. *Geology and Prospecting*, 2007, 43(5): 23-28]
- 5 中国地质科学院成矿远景区划室. 成矿预测论文集 [M]. 北京: 地质出版社, 1991 [Chinese Academy of Geological Sciences Deposit Formation Prospecting Divisions Study Prediction of Deposit Formation Papers [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1991]
- 6 廖士范, 梁同荣. 中国铝土矿地质学 [M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 1991 [Liao Shifan, Liang Tongrong. Bauxite Geology of China [M]. Guiyang: Guizhou Science Press, 1991]
- 7 刘宝珺, 曾允孚. 岩相古地理基础和工作方法 [M]. 北京: 地质出版社, 1985 [Liu Baojun, Zeng Yunfu. Lithofacies Paleogeography Base and Ways of Working [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1985]
- 8 勒斯勒 H J 朗格 H 著, 卢焕章, 徐仲伦译. 地球化学表 [M]. 北京: 科学出版社, 1985 [Rosler H J, Lange H eds, translated by Lu Huanzhang, Xu Zhonglun. Geochemistry Table [M]. Beijing: Science Press, 1985]
- 9 殷科华. 遵义仙人岩高铁型铝土矿的地质特征及工业利用评述 [J]. 贵州地质, 1990, 7(2): 155-163 [Yin Kehua. Geological features and industrial utilization of high-Fe type bauxite in Xianrenyan in Zunyi [J]. *Guizhou Geology*, 1990, 7(2): 155-163]
- 10 李儒峰, 刘本培, 赵澄林. 扬子板块石炭纪沉积层序及其全球性对比研究 [J]. 沉积学报, 1997, 15(3): 23-28 [Li Rufeng, Liu Benpei, Zhao Chenglin. Correlation of Carboniferous depositional sequences on the Yangtze Plateau with others on a global scale [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1997, 15(3): 23-28]

Characteristics of Lithofacies Paleogeography During Datangian Age (Early Carboniferous) in Xifeng and Zunyi, Guizhou

YIN Ke-hua^{1,2} YE De-shu² SHEN Da-xing² WANG Lin^{1,2} LUO Ben-li²

(1. Guizhou Institute of Geology Survey, Guiyang 550004;

2. No. 106 Geological Team, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Zunyi Guizhou 563000)

Abstract Based on the data of petrology, mineralogy and paleontology, this paper uses the theory and ways of modern sedimentology, analyzes the test result of microelement, paleosalinity and isotope to research lithofacies paleogeography of Datangian age. The result shows that the clay stone is marine facies deposit in the lower part of aluminum bearing formation; in the upper part, aluminum rock is transitional facies deposit, and the top is continent lakes and marshes facies deposit. It suggests that sedimentary environment of Datangian Age be the base of epicontinental sea which occur during early transgression period and work up to the lagoon and form clay stone deposit with the aggrandizement of desalination, the lagoon become small, the salinity is reduced to form aluminum rock, at last, it is end with lakes and marshes deposit. Therefore, tracing deposit sequence of aluminum-bearing formation, the author believes that aluminum ore is the sediment of marine regression.

Key words Early Carboniferous, Datangian age, aluminum-bearing formation, lithofacies paleogeography, Xifeng and Zunyi, Guizhou