

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

论黔北铝土矿的古喀斯特-红土型成因

刘 巽 锋*

(贵州省地质矿产局, 贵阳)



黔北铝土矿以特有的古喀斯特形态和矿石风化结构显示了它的古喀斯特风化成因。笔者进一步从矿床剖面结构、矿物成因类型、硬水铝石的氢、氧稳定同位素特征及母岩物质组成等方面的深入研究, 揭示了在其形成过程中经历了早石炭世红土化作用阶段的特点; 以脱硅和排铁作用为主的各种成矿作用, 为铝土矿的最终形成, 造成了良好的时空环境。

黔北铝土矿至今已有若干个超过千万吨级的大型矿床。可望开发的远景区一直向北拓展到川黔边界, 乃至四川省境内。随着地质勘查工作的深入, 对矿床成因的认识, 也再度深化。本文就笔者近几年来对黔北铝土矿的研究工作做一总结。

一、矿床地质特征概述

呈似层状、透镜状、囊状、盆碟状、漏斗状及其它不规则形状的黔北铝土矿矿体, 产于

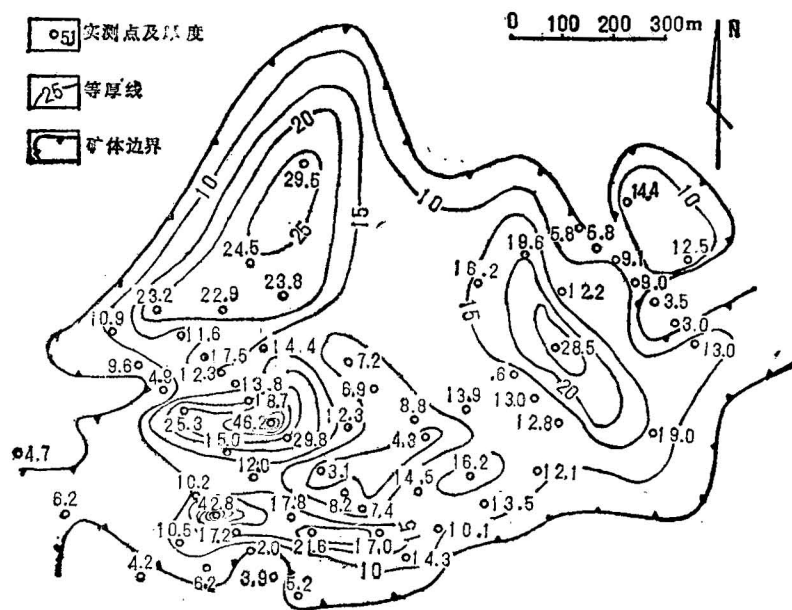


图 1 遵义后槽铝土矿区 1 号矿体等厚线图

Fig. 1 Isopachyte of No. 1 orebody in the Houcao bauxite area, Zunyi

* 参加本文工作的还有王庆生、陈有能、桑典舜等同志。

本文 1989 年 3 月收到, 1990 年 1 月改回, 季国容编辑。

早石炭世铝铁质粘土岩中。其基底岩石是寒武纪、奥陶纪或志留纪灰岩、粘土岩; 上覆为早二叠世沉积碳酸盐岩或粘土质、碳质岩。矿体厚度一般为 0.2—12.0m, 最大厚度可达 48.8m。通常呈单层产出, 少数为多层, 个别达 8—9 层。其间夹厚为 0.1—0.8m 的铝质粘土岩、粘土岩、碳质粘土岩和煤层。矿石的 Al_2O_3 含量大于 60%, $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 值一般为 6—8, 高者 > 10。 Fe_2O_3 含量一般为 3—5%, 部分高铁矿石 > 10%, 特高者 > 20%。矿石矿物以硬水铝石为主, 含量 > 80%, 其次有胶铝矿、勃姆石和少量三水铝石。伴生矿物有伊利石、高岭石、蒙脱石、绿泥石、赤铁矿、磁铁矿、黄铁矿、锆石、锐钛矿、金红石、电气石、白钛矿、刚玉等。矿石结构以豆鲕粒、晶粒、碎屑结构为主, 其次有胶状变胶状、生物、团粒等。块状构造是最常见的构造, 孔隙充填、不连续层理、交织构造、栉壳构造也能见到。

矿体形态与基底岩石的古喀斯特面起伏特征关系密切。矿体, 乃至矿床几乎均分布于基岩凹兜之中。单个矿体无论规模多大、形态如何都有一个或几个与基岩最深凹陷重叠的厚度中心点(图 1)。矿体顶面通常较为平整(图版 I-1)。矿体及其赋存岩层中常夹植物碎片和碳质层, 富产古孢子, 但未见任何海相动物化石。矿体的厚度和形态变化极大, 一个略具规模的矿床几乎均由十几个, 甚至几十个大小悬殊、形态各异的矿体组成。

二、硬水铝石的成因类型

被 H. Harrassowitz (1926) 所完善的硬水铝石“脱水论”成因说为多数学者所接受。按这种观点, 硬水铝石必须在较高的温度和压力下(成岩或变质), 由三水铝石脱水而成。但近 20 年来, 国内外的研究表明, 硬水铝石还可以在常温常压下经表生作用直接产生。其条件是在针铁矿的参与下, 于风化系统内有机物质经细菌或微生物降解 (degradation) 后的副产物——氨, 或者碳酸盐岩石喀斯特化副产物—— HCO_3^- 的作用下, 由胶体直接陈化晶出^[1]。

由黔北铝土矿的大量薄片资料证实, 含量 80% 以上, 粒度只有千分毫米级的硬水铝石与含量甚微, 粒度为百分毫米级的三水铝石无任何直接成因联系。而由电镜扫描铝土

表 1 硬水铝石的 δD , $\delta^{18}\text{O}$ (SMOW) 值(‰)

Table 1 δD and $\delta^{18}\text{O}$ Value (‰) of diaspore (SMOW)

样品号	取样地点	矿石类型	δD	$\delta^{18}\text{O}$	样品号	取样地点	矿石类型	δD	$\delta^{18}\text{O}$
A ₂₅	遵义大白岩	隐晶铝土矿	-79	12.23	A ₃₄₁	正安恢杆沟	碎屑铝土矿	-88	9.63
A ₂₁	遵义大白岩	隐晶铝土矿	-88	12.61	A ₃₈₈	正安赤岩	粘土质铝土矿	-85	10.91
A ₉₉	遵义后槽	粉晶铝土矿	-94	14.24	A ₃₉₇	道真羊角塘	砾屑铝土矿	-76	13.97
A ₁₂₁	遵义荷江	粉晶铝土矿	-84	16.29	A ₃₉₇₋₁	道真羊角塘	砾屑铝土矿	-84	12.69
A ₁₁₆	遵义茶腊井	隐晶铝土矿	-86	12.36	A ₄₃₆	道真岳家林	隐晶铝土矿	-100	11.08
A ₁₁₁	遵义茶腊井	隐晶铝土矿	-86	11.74	平 均 值			-86.36	12.52

注: 秦典燮等取样, 中国科学院地球化学研究所测定。

矿样品的铝和铁元素面分布图象(图版 I-2, 3) 和电子探针成分(表 3) 表明, 它与针铁矿无论在空间上或成因上都有密切关系。进而通过对硬水铝石实测氢、氧稳定同位素组成

的 δD 和 $\delta^{18}O$ (表 1) 的分析,证实其属表生风化成因。可见,黔北铝土矿中的硬水铝石是于风化系统中由胶体陈化晶出所成。这种成因类型可称为“古风化型硬水铝石”。它们不仅直接形成于风化层,还可以生成于某些粘土矿物的解理中(图版 1-4)。

根据薄片资料和野外观察,古风化型硬水铝石按其粒度、晶形、产状、结构、伴生矿物和成分等特征,可进一步分为 3 种类型(表 2)。其中古风化自生型硬水铝石是组成黔北铝土矿最主要的成因类型。古表生型硬水铝石形成于黔北铝土矿的一个特殊地质环境,即早石炭世铝土矿体基本形成后,复又经受中晚石炭世表生侵蚀淋溶作用时期。成岩后生型是一些次生长大的硬水铝石,只形成于原始孔隙和裂隙中,也有极少数由三水铝石脱水而成。

表 2 硬水铝石成因类型特征

Table 2 Characteristics of genetic types of diaspore

成因类型	粒度	晶形	产状	伴生矿物	结构构造	成分特点	成因方式	形成时代
古风化 自生型	隐晶	细粒长柱形	紧密镶嵌	胶铝矿 针铁矿 赤铁矿	豆鲕粒 碎屑 基质	过剩铝含 铁多杂质	以针铁矿为基质的胶体陈化晶出或胶体扩散	C_1
古表生型	隐至微晶	长柱状片状	具孔隙的 集合体	高岭石 假象黄铁矿	晶粒 变胶状 棉壳状	正常铝含 铁少杂质	软变化铝胶凝聚,陈化晶出	C_2, C_3
成岩 后生型	微至粉晶	长柱形板状	细粒状晶簇	黄铁矿	棉壳状 裂隙充填	理论铝 无铁无杂质	晶体净化长大	P_1-J

三、结构构造的成因意义

类型繁多的黔北铝土矿矿石结构构造均反映出同一的成因环境,即古风化作用的红土-胶体系统。现择其重要 4 种分述如下。

1. 豆鲕粒结构 由电子探针成分分析结果(表 3)可知,鲕核与基质的化学和物质成分基本一致,铝低,硅、铁较高的凝胶状铝铁氢氧化物;而富铝鲕环的 Al_2O_3 较鲕核和基质高 1 倍, FeO 低 5 倍,由隐晶质硬水铝石组成。可见,鲕粒并非是形成于水动力机制下的多相体系,而是同一胶体系统中由胶体扩散、凝聚所致。其形成过程是当化学风化进入矿物分解阶段时,铝硅酸盐矿物(这里主要是粘土矿物)格架中的硅被强烈淋溶,铁、铝分别形成 $Fe(OH)_3$ 和 $Al(OH)_3$ 胶体滞留于风化层中。此时,风化层中的植物残骸被降解而产生有机酸胶体。由于电性不同,使能被软胶化的具正电性的铝胶发生双层电位压缩,逐渐形成凝胶团,进一步浓缩后成为细粒“浓胶球”(图 2A 中 R);铁胶因不具软胶化性质即刻被聚合成细分散相针铁矿。风化系统中母岩矿物的继续分解,使铁铝胶体源源不断地充斥于浓胶球周围,形成一个“粒间溶胶”体系(图 2A 中 F)。两者间因浓度差而极易发生胶体扩散。显然, $Fe(OH)_3$ 胶体在两者间的浓度差最大,使其连同部分 Fe^{++} 由粒间溶胶迅速向浓胶球内扩散,从而发生了胶体所特有的间歇反应。反应最初于浓胶球内缘形成

表 3 鲕粒的电子探针成分分析结果

Table 3 Chemical compositions of bauxite oolites by microprobe analysis

样品部位	Al ₂ O ₃	SiO ₂	FeO	TiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	MgO	矿 物
基质	34.26	33.65	8.57	2.75	0.1	0.05	0.073	2.97	凝胶状铝铁氢氧化物
富铝鲕环	65.90	11.64	1.70	0.08	0.37		1.50	2.90	隐晶硬水铝石
鲕核	30.60— 36.80	31.90— 40.70	2.80— 11.25	0.00— 0.048	0.05	0.01	0.03— 0.05	1.40— 4.30	凝胶状铝铁氢氧化物

注: 张月恒等选样, 中国地质科学院矿床地质研究所测试。

一圈混合溶胶圈(图2B中 T₁)。也因电性不同以及 Fe⁺⁺的存在, 促使 Fe(OH)₃胶粒凝结于浓胶球内缘而形成了第一圈富铁圈(图 2C 中 P₁), 此圈具较多空隙, 粒间溶胶可继续向浓胶球扩散, 于富铁圈内侧形成了一圈与粒间溶胶性质和浓度相同的新溶胶圈(图 2C 中 F₁), 继而进一步向浓胶球内发生重复反应。当第 2 圈富铁圈(图 2E 中 P₂)形成后, 此圈残留

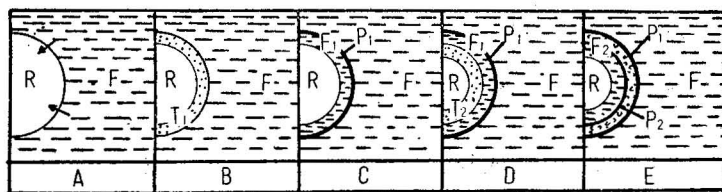


图 2 铝土矿鲕粒同心圈结构形成机理

Fig. 2 Genetic mechanism of bauxite oolites

R 铝胶浓胶球; F 粒间溶胶; P₁ 第一圈富铁圈; P₂ 第二圈富铁圈;
F₁, F₂ 渗入浓胶球的粒间溶胶

的是较稀薄的 Al(OH)₃ 胶体, 以后逐渐陈化晶出硬水铝石, 形成了富铁圈之间的富铝圈。致使最终形成了富铁、富铝相间的同心圈结构, 即鲕粒。由此可知, 黔北铝土矿的鲕粒结构是风化作用的产物。这在现今热带红土剖面中是累见不鲜的^[1]。

2. 变胶状结构 是一种呈管状、穹状弧形的凝胶体(图版 I-5)。有人定其为蠕虫状构造, 也有人论其为“铝藻叠层石”^[2]。其实, 它与鲕粒结构一样, 也是胶体扩散而引起间歇反应的产物。不同的是间歇反应不是发生在铝浓胶球和粒间溶胶之间, 而是发生于原始孔隙中的两种溶胶界面之间(图3)。其最终形态取决于原始孔隙的形态。在间歇反应过程中, 向前扩散的溶胶因受孔壁的阻尼和吸附使环带成为凸向扩散方向的穹状弧形线, 仅仅外表极似叠层石。无疑, 它也是一种风化结构。

3. 碎屑结构 与正常水体沉积作用形成的碎屑结构有显著的差别: (1) 碎屑成分与整个矿层成分完全一致; (2) 同一粒级碎屑的球度差别极大, 又混杂嵌接; (3) 碎屑常破裂, 但裂块不分离; (4) 碎屑与基质的界面时暗时明; (5) 碎屑物质组成一致, 分选差, 属杂基结构。显然, 碎屑未经较长距离的搬运和簸选, 并与基质是同源物。其成因是风化层同源物以半固化的胶体状态经原地或准原地再堆积而成。

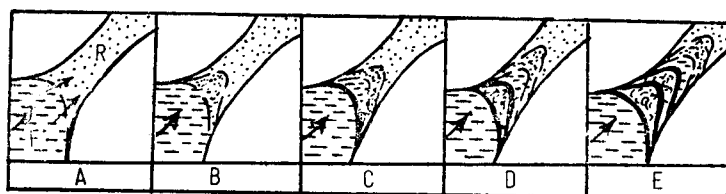


图 3 铝土矿变胶状结构形成机理

Fig. 3 Genetic mechanism of bauxite metacolloid texture

4. 晶粒结构 粒度为千分毫米级的硬水铝石却有完好的晶形(图版 1-6, 7)。晶体纯净, 无环带、包体、次变边构造。显然只能是胶体经较长时间的稳定后, 陈化晶出所致。

四、红土化作用

红土成因的铝土矿并非只限于结晶铝硅酸盐岩石的风化所致。许多学者认为, 在气候、植被、水文条件合适的环境中, 粘土岩、泥灰岩以及钙红土层同样可以被红土化, 进而形成铝土矿床^[1,3]。事实上, 在黔北铝土矿中普遍能见到的鲕粒结构、胶状变胶状结构、原生红色铁质粘土层等, 均预示了红土化的存在。其中原生红色铁质粘土层本身便是保存下来的古红土剖面。如图 4 所示, 剖面的结构、矿物组分, 乃至颜色的垂向递变, 均展示了红土剖面特征。

由图 4 可知, 自下而上矿物成分由伊利石渐变为高岭石-针铁矿-硬水铝石组合; Al_2O_3 和 Fe_2O_3 渐增; SiO_2 和 K_2O 渐减; 颜色由灰绿色渐变为紫红色。若进一步按矿物成分的主次, 依次可划分为 5 个矿物组合带: I. 伊利石带; II. 伊利石-高岭石带; III. 高岭石带; IV. 高岭石-硬水铝石带; V. 硬水铝石、针铁矿带。这与现代红土剖面的矿物

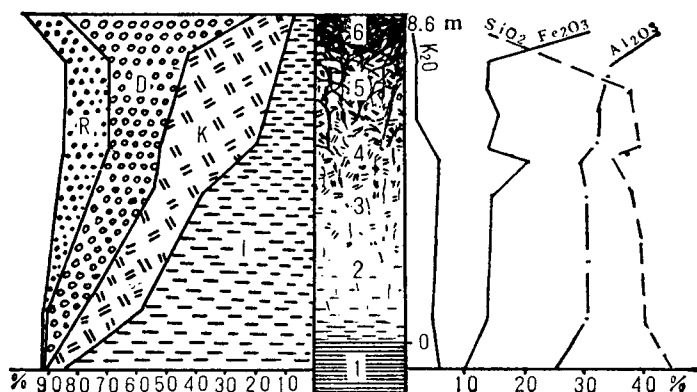


图 4 遵义苟江 TC121 古红土剖面及其矿物、化学组分变化

Fig. 4 Evolution of chemical and mineral compositions of the palaeolateritic section by (trench 121 in Goujiang, Zunyi)

1. O_2 灰绿色粘土岩; 2. 黄绿色粘土岩; 3. 杂色粘土岩; 4. 紫色粘土岩; 5. 铁铝质粘土岩; 6. 高铁铝土矿; I 伊利石; K 高岭石; D 硬水铝石; R 绿泥石

分带极为一致。惟因母岩不同,在母岩分解带,即相当于 I 和 II 矿物带中以伊利石为主,而不是以高岭石为主。足以证明,红土化是黔北铝土矿的一个重要成因因素。

五、母岩物质及成矿作用

由黔北铝土矿的形态、结构和物质组成特征,说明其母岩物质基本上是“就地取材”的原地或准原地物质。这从近百件人工重砂样品的分析结果可进一步证实。表 4 列示了铝土矿及其基底岩石中 5 种主要重矿物的粒度和相对含量特征。由表 4 可知,无论是铝土矿体或基岩,重矿物的相对含量基本类似,即以锆石为主。每一种矿物的粒度往往是产于基岩中者大于铝土矿中的。说明铝土矿中的重矿物基本来自基岩,进而也表明了铝土矿母岩物质的来源。

表 4 铝土矿及其基底岩石的重矿物组成

Table 4 Constitution of heavy minerals in bauxite and its bedrocks

含量和粒度 重矿物	岩(矿) 石	铝土矿		O _{1m} 灰色粘土岩		O _{1r'} 灰绿色粘土岩		O _{1r'} 泥灰岩	
		含量(%)	粒度 mm	含量(%)	粒度 mm	含量(%)	粒度 mm	含量(%)	粒度 mm
锆石		23.19	0.001— 0.15	1	0.02— 0.03	0.7	0.04— 0.18	0.4	0.03— 0.08
金红石		5.27	0.06— 0.08	1	0.02— 0.14	0.4	0.03— 0.14	0.3	0.03— 0.12
锐钛矿		17.04	0.006— 0.008	0.5	0.03— 0.07	0.3	0.02— 0.14	0.2	0.06— 0.09
白钛矿		0.37	0.02— 0.05	0.2	0.05— 0.07	0.1	0.03— 0.12	0.3	0.04— 0.09
电气石		0.37	0.06— 0.08	0.1	0.03— 0.10	0.4	0.04— 0.16	0.1	0.03— 0.12

注：据贵州省地质矿产局 102 地质队、106 地质队资料综合。

母岩经喀斯特化、红土化作用以及原地或准原地堆积作用到最终形成铝土矿床还需经过一系列复杂的成矿作用。归纳起来有以下几种。

1. 早期脱硅作用 伴随着区域喀斯特化,碳酸盐矿物的大量溶蚀,从而形成碱性环境,硅质矿物也随之被部分淋溶。这个脱硅作用强度弱,发生于成矿前,相当于钙红土阶段。

2. 水解脱硅作用 由实测古地磁样品资料所知¹⁾,贵州北部早石炭世的古纬度是 8°12'N。再从地层特征和岩相分析资料证实,其古气候带相当于热带季雨林气候带。因此,当时植被茂盛,气候湿热,化学风化作用剧烈,风化层的粘土矿物易被水解。其风化前锋带可形成强烈的酸性淋溶,使伊利石等逐渐被水解成埃洛石、高岭石,随之发生硅的流失,实现了水解脱硅作用。

1) 委托中国科学院地球化学研究所测定。

3. 胶凝脱硅作用 随着化学风化和酸性淋溶的加剧,红土化作用发生。当有机物质被细菌、微生物彻底降解后,其产物——有机酸、氨等参与系统作用,使风化层中的矿物被彻底分解成胶体。据 И. В. Ганеев (1975) 的意见,此时硅以 $\text{Si}(\text{OH})_3\text{-XH}_2\text{O}$ 形式的硅酸盐络合物^[3]状态被带出,完成了胶凝脱硅作用。

4. 初期分离排铁作用 在胶凝脱硅作用的同时,滞留于风化系统的铁、铝胶,由于它们性质的不同,各自形成独立的矿物相,从而实现了铁和铝的初期分离。此时,也正是鲕粒结构的主要形成阶段。

5. 淋溶分离排铁作用 初期分离排铁作用实质上使铁和铝分而不离,其产物是铁铝土,即高铁原始铝土矿。由黔北的特殊地质环境所决定,这种原始铝土矿形成之后,至中晚石炭世复处于古表生期的酸性淋溶风化环境,铁质就此而被氧化淋滤,带出系统,使原始铝土矿褪色,实现了铁和铝的淋溶分离。

6. 晚期分离排铁作用 在成岩脱水过程中,因硬水铝石的净化重结晶使部分铁质再度被排除,即晚期分离排铁作用。但这一作用的实际意义小。

7. 表生分离排铁作用 现代对暴露地表的铝土矿体的风化,促使矿体内黄铁矿的氧化淋滤,完成了铁和铝的最后一次分离。然而,这个作用的实际意义不是排铁,而是脱硫。

8. 铁铝化作用 母岩物质经 3 次脱硅作用后,使其 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 值提高到与铝土矿的 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 值相当,即大于 1.8,原始铝土矿也就基本形成。这个作用实质上是一个初期成矿作用。

9. 成熟铝土矿化作用 原始铝土矿在经过初期和淋溶排铁作用后,铝土矿的各种结构基本形成, Al_2O_3 含量提高到 40% 以上, $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 值超过 2,并初步固态化。从而完成了铝土矿的成熟化阶段,这是成矿的主阶段。

10. 铝土矿优质化作用 经过 4 次排铁作用,或者较充分的淋溶排铁作用,使铝土矿中 Fe_2O_3 含量小于 10%,全硫含量低于 8‰,实现了铝土矿的优质化。这个作用可以发生在成熟铝土矿化作用的同时,也可以发生在表生分离排铁作用时期。从这个意义上讲,黔北铝土矿的成矿作用一直延续到现代。

11. 原始再沉积作用 在铁铝化作用之前或进行之中,母岩物质因表流、崩塌或坡积作用而发生原地或准原地的迁移、再沉积,可称为原始再沉积作用。它与铝土矿化是相伴发生的。

12. 次生再沉积作用 于铁铝化作用或成熟铝土矿化作用之后,在古表生期的迁移再沉积作用称为次生再沉积作用。此时,形成较多的铝土矿砾石和碎屑。

母岩物质经历了上述一系列复杂的成矿作用后,最终形成了现今的矿床。每一个成矿作用都有一个复杂的物理化学、胶体化学过程,彼此间又是相互抑制或促进。最终使粘土矿物逐步演化成硬水铝石。整矿物演化过程见图 5。

六、结 论

黔北铝土矿各大小矿体的发育皆取决于古喀斯特形态;主要矿物——硬水铝石属古风化自生型;矿石结构构造表现为古风化成因;矿床剖面中直接保存了古红土剖面;母岩物质就地取材,并经历了一系列复杂的成矿作用,形成了黔北铝土矿所特有的矿物成因演

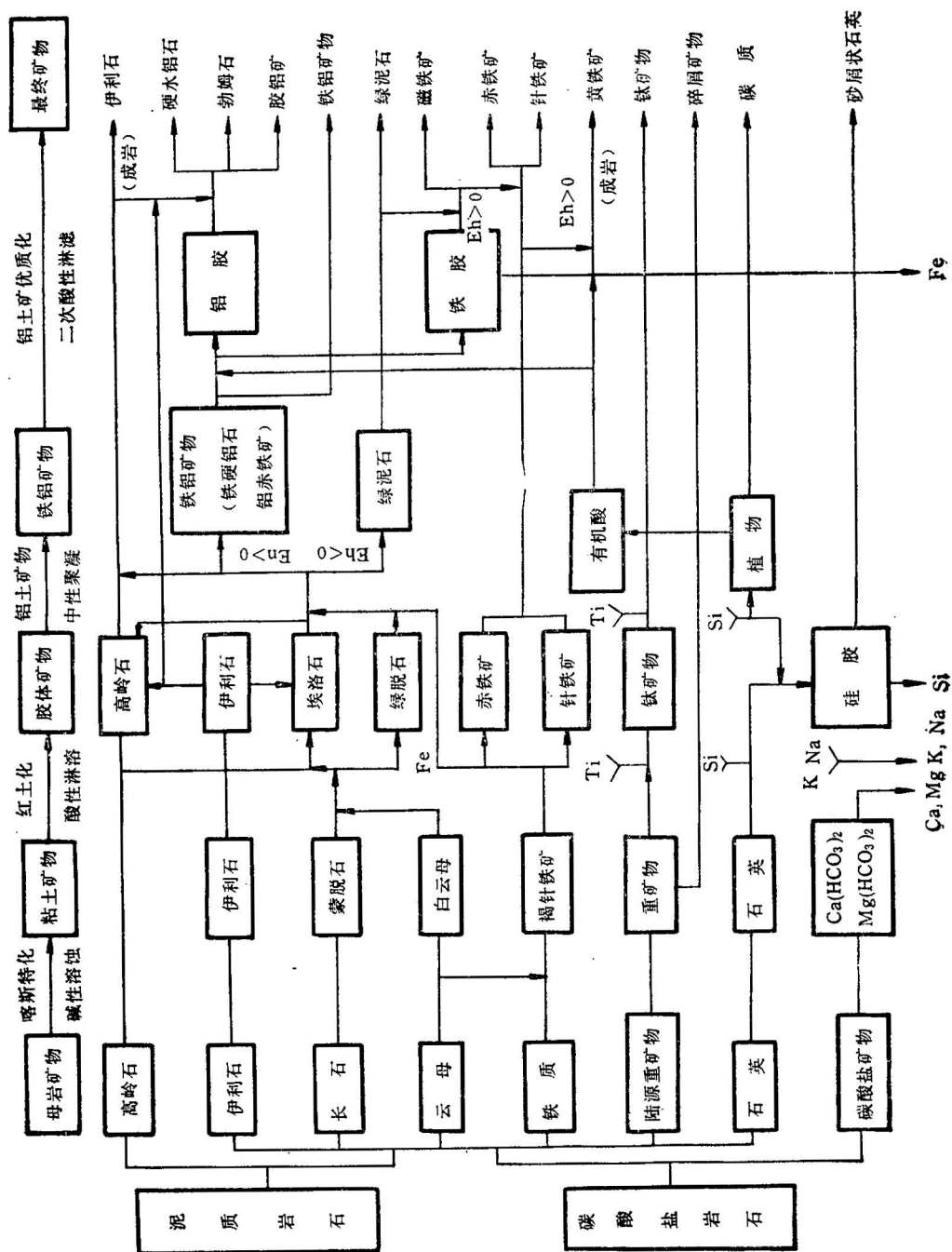


图5 黔北铝土矿的铝、铁、钛、硅矿物成因演化系统

Fig. 5 Genetic system of constituting minerals in the bauxite deposits of north Guizhou

化系列。所有这一切均说明它是古喀斯特-红土型成因。其成矿前提是基岩及其残积物的古喀斯特化和红土化;成矿方式是原地或准原地再沉积-铝土矿化。这就是古喀斯-红土型铝土矿床的一个完整的“母岩-风化-再沉积-成矿-改造-成熟-保存”成因链。

参 考 文 献

- [1] Bardossy, G., 1986, Karst Bauxite. Elsev. Scie. Pub. Co., New York. pp.301—318, pp. 349—382
- [2] 孟祥化、葛铭、肖增起,1987,华北石炭纪含铝建造沉积学研究。地质学报,第61卷,第2期,第182—193页。
- [3] 王恩孚译,(布申斯基, Г. И.) 1984,铝土矿地质学。第90,99—120页,地质出版社。

PALAEOKARST-LATERITIC ORIGIN OF BAUXITE IN NORTHERN GUIZHOU

Liu Xunfeng

(Guizhou Bureau of Geology and Mineral Resources, Guiyang, Guizhou)

Abstract

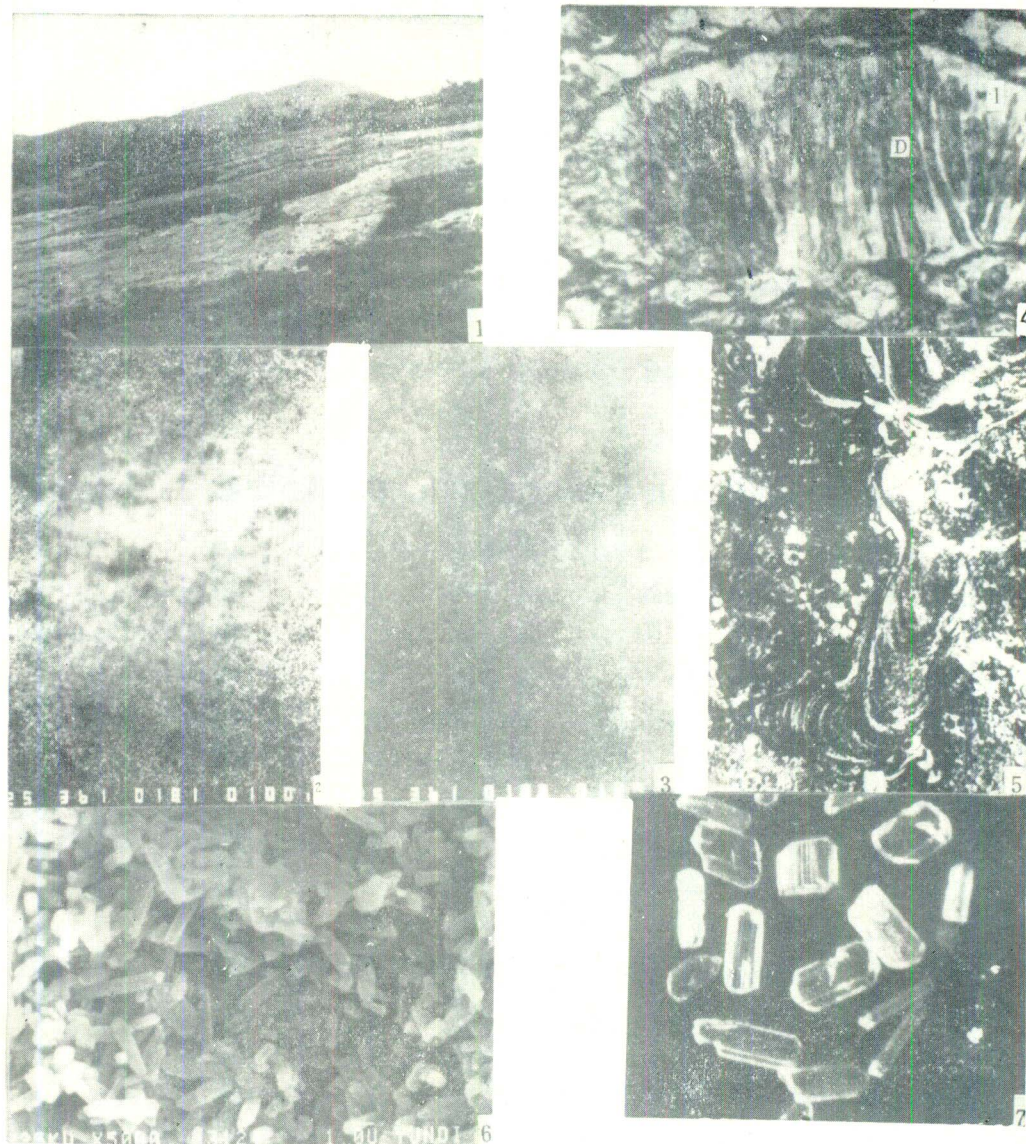
Bauxite deposits are widely distributed in northern Guizhou and southeastern Sichuan. The bauxite occurs in stratoid, lenticular, dishlike, and pocket or sinkhole-funnel like and other irregular forms in the Early Carboniferous alumino-ferric clay layers. The thickness or width of the "orebodies" is mostly in the range of 0.2 to 12.0 m, with a maximum of 48.8 m. The Al_2O_3 and Fe_2O_3 contents of the bauxite are usually over 60% and 3—5% respectively and that of latter may be as high as >20%. The principal Al-mineral is diaspor, whose content may be up to 80%; others are alumogel and boehmite and also gibbsite. Main textures pisolitic, granular and clastic textures.

Parent materials of the bauxite are mainly of lateritic nature formed by weathering and leaching of the Cambrian or/and Ordovician limestones, argillaceous limestones and shales. On the basis of a large number of analytic data, diaspor may be classified into three genetic types i.e. palaeoweathering authigenic type, palaeosupergene type and epigenetic type, of which the first one accounts for the largest proportion. The parent materials producing bauxite minerals underwent a series of bauxite forming processes which include early-desilication, hydrolytic desilication, gelified desilication, initial iron-separation, eluvial iron-separation, late iron-separation, supergene iron-separation, ferrallitization, mature bauxitisation, high-grade bauxitisation, primary redeposition and secondary redeposition. In the course of these complex mineral evolutionary processes, kaolinite and illite were transformed into diaspor through a series of intermediate stages such as those of the formation of montmorillonite, halloysite and alumino-ferric colloids. they constitute a karst-related bauxite mineral evolutionary sequence peculiar to the bauxites of northern Guizhou.

The formation of the bauxite deposits of various sizes depend on the morphology of palaeokarst and all the relevant textures show their palaeoweathering origin. Diaspor, belongs to the palaeoweathering authigenic type; and its H and O isotopic compositions suggest a lateritic origin. the prerequisite of the bauxite-formation is palaeokarstification and lateritization of bedrock and its eluvials, and the mineralization mode is autochthonous or para-autochthonous redeposition-bauxitisation.

作者简介

刘巽锋,生于1942年3月,浙江宁波人,1964年毕业于长春地质学院勘探系,现任贵州省地质矿产局高级工程师,多年来从事锰矿及铝土矿等地质和研究工作。通讯处:贵阳市北京路贵州省地质矿产局,邮政编码:550001。



1. 铝土矿矿体的平整顶面。息烽乌江天台寺。
2. 铝土矿电镜扫描 Al 面分布图象, $\times 366$, 遵义仙人岩 TXR-130。
3. 铝土矿电镜扫描 Fe 面分布图象, 同上。
4. 产于伊利石 (I) 解理中的硬水铝石 (D)。单偏光, $\times 410$, 遵义困溪。
5. 铝土矿的变胶状结构。单偏光, $\times 19$, 习水关岩。
6. 硬水铝石的晶粒结构。电镜, 遵义后槽。
7. 硬水铝石的板状晶体, 洁净透明。人工重砂, $\times 14$ 。