

贵州猫场超大型铝土矿床成因浅析

庄志贤, 陶泳昌, 周安乐

(贵州省地质矿产勘查开发局 115 地质大队, 贵州 清镇 551400)

[摘 要]猫场铝土矿床位于大威岭背斜北东端猫场穹窿背斜。由于寒武系碳酸盐岩古喀斯特侵蚀面, 经长期风化溶蚀淋滤作用, 在古喀斯特正地形上先形成粘土层, 粘土层进一步风化溶蚀经脱硅、脱铁形成三水铝石的矿源层, 而古喀斯特负地形则为铝土矿的沉积提供了充足的场所。本文通过对含矿岩系的特征分析, 结合沉积相与古地理环境等研究, 揭示了猫场铝土矿床的形成严格受大地构造和古喀斯特地形的控制。

[关键词]铝土矿; 古喀斯特; 含矿岩系; 沉积旋回; 风化溶蚀淋滤作用; 贵州

[中图分类号]P618.45 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1000-5943(2016)04-0272-06

1 前言

猫场铝土矿是黔中地区已知的超大型铝土矿床, 位于大威岭背斜北东端猫场穹窿背斜, 东西长 12 km, 可勘面积约 120 km²。

自 1959 年发现以来, 迄今 55 年, 经过三代地质队员的不懈努力, 已完成 0-24 线, 红花寨、白浪坝矿段的勘探, 周刘彭矿段的详查, 目前水落潭矿段正在详查, 平桥矿段(整合)(包括小平桥、李家冲、小猫场、杨家洞矿段)正在详查及勘探, 已累计查明各类别铝土矿资源量 2.37 亿吨, 为贵州第一, 在全国也屈指可数的超大型铝土矿床(张成旺, 1993; 庄志贤等, 2012; 杨能坤等, 2013; 黄征等, 2016; 杨明坤等, 2016), (见猫场铝土矿区矿权划分和矿体形态分布图, 图 1)。

猫场是一个保存完整的隐伏铝土矿床, 无论是成矿条件, 还是控矿因素, 产出特征, 分布规律, 岩(矿)构造组合, 矿石类型均有独特之处。既具特殊性, 也有普遍性。

2 岩相古地理分析

铝土矿产于寒武系碳酸盐岩古喀斯特侵蚀面上, 由于长期风化溶蚀淋滤作用, 在古喀斯特正地形上先形成粘土层, 粘土层进一步风化溶蚀经脱

硅、脱铁形成三水铝石的矿源层。喀斯特负地形为铝土矿的沉积提供了充足的场所, 后经地壳运动, 黔中古陆抬升, 由地表径流把矿源层的矿物迁移至负地形中, 由机械沉积作用和化学沉积作用形成各种自然类型的铝土矿, 因间歇性地壳运动的抬升, 造成截然不同类型的岩(矿)组合。所以, 该铝土矿的形成严格受大地构造和古喀斯特地形的控制(陈履安, 2011)。

3 铝土矿形成控制因素

3.1 气候条件

根据古地磁测量, 遵义地区铝土矿处在北纬 8.2°, 猫场离遵义不远, 因为热带和亚热带季风气候, 潮湿、多雨有利于形成风化矿床。因为雨量充沛, 有足够的水源对母岩进行长期的溶蚀和淋滤作用。

3.2 地形条件

黔中古陆是奥陶纪末—志留纪初的都匀运动, 从海中抬升成陆的半岛, 属中低山和丘陵地区, 有利于风化残留物的形成和保存。

3.3 基底母岩成分

古陆基底为寒武系巨厚的碳酸盐岩夹粘土岩

[收稿日期]2016-05-30

[作者简介]庄志贤(1967—), 男, 工程师, 长期从事区域地质和矿产地质调查, 铝土矿和金矿的地质勘查工作。

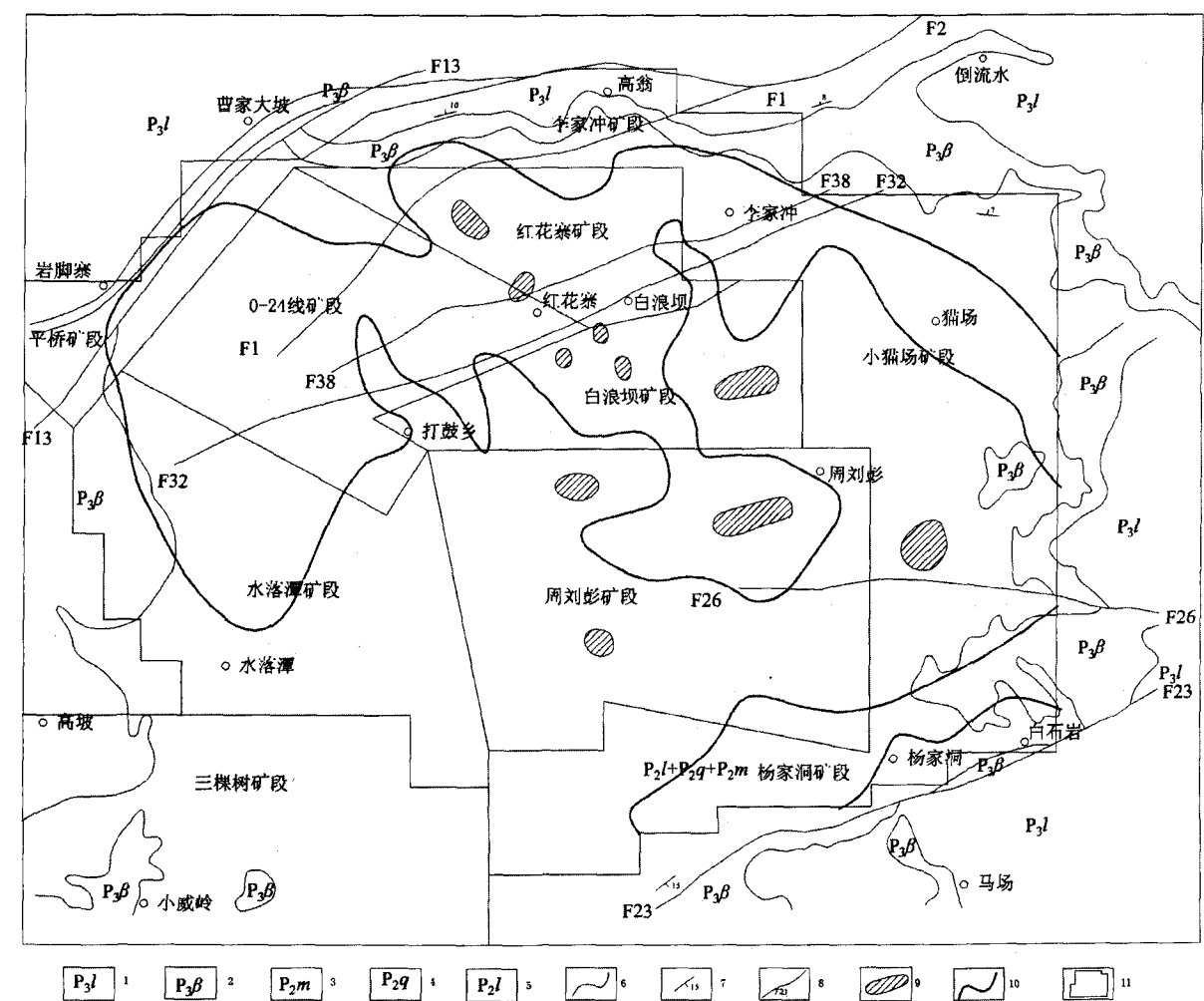


图 1 猫场超大型铝土矿床矿段划分示意图

Fig. 1 Ore block division of Maocheng super large bauxite deposit

1—龙潭组;2—玄武岩;3—茅口组;4—栖霞组;5—梁山组;6—地层界限;7—产状;8—断层;9—无矿天窗;10—矿体界限;11—矿段边界

类。根据采样化验分析:底板白云岩含 Al_2O_3 (1.10%~17.33%), 平均 4.27%, SiO_2 (0.95%~12.79%), 平均 3.69%, Fe_2O_3 (0.70%~23.90%), 平均 5.11%。从分析结果看, 基底白云岩 Al_2O_3 含量最低 1.1%, 也是地壳平均克拉克值 (0.54%) 的 2 倍, 积少成多, 在足够长的地质时期内, 母岩能提供足够多的成矿物质。

3.4 地质构造条件

黔中地区在南北压应力作用下, 从海中隆起成陆, 必然要发生褶皱和断裂。随古陆隆起的同时还会发生南北向的张性断裂和东西向的压性断裂, 以及北东、北西向的两组共轭压扭性断裂。断层和破碎带有利于地下水的流动和溶蚀, 加之基底岩层中的粘土岩厚度不大, 隔水作用不强, 又濒临大海, 古陆边缘的排水是畅通的。潜水面随古

陆的每次抬升而下降, 深度适中, 基底母岩的分解速度略小于地下水淋滤带走物质的速度, 所以在古喀斯特正地形上, 有利于残余物的形成和聚集。

3.5 风化时间因素

从奥陶纪末的都匀运动隆起成陆, 至志留纪末的广西运动, 中间长达 2 500 万年。再由广西运动到紫云运动又经过 5 600 万年, 再从紫云运动到黔中隆起下沉接受二叠系地层覆盖, 其间又是 5 900 万年。自黔中隆起成陆到沉没海底合计有 1.43 亿年的风化溶蚀成矿作用时间, 足以形成大规模的铝土矿床。古陆每次运动的抬升, 促使基底母岩潜水面的下降, 能确保喀斯特正地形的溶蚀淋滤作用始终畅通无阻, 才有时间和条件形成矿源层。

4 成矿物质来源分析

通过长期系统工程揭露和取样分析结果的综合研究,认为成矿物质来源于寒武系基底白云岩风化溶蚀淋滤后的残余物,其依据是:在猫场铝土矿的勘查过程中,发现一个有 10 个钻孔揭露的无矿区(沉积半岛),面积 0.87 km^2 。8 个钻孔取出有矿系岩芯,另外 2 孔矿系岩芯为 0—即底板($E_{2-3}ls$)和顶板(C_1b)白云岩直接接触。岩芯都是粘土岩,聚集在基底白云岩侵蚀面上,厚度($0.71 \text{ m} \sim 5.21 \text{ m}$)。岩性为灰绿色、浅绿色的粘土岩或铝质粘土岩,有的钻孔剖面还有基底没风化完的肉红色白云岩小团块,偶见黄铁矿小颗粒,不具分带性和碎屑结构,有别于沉积形成的含矿系。说明残积层直接由基底母岩风化淋滤的残余物聚集而成,是矿源层的物质基础。又因为钛(TiO_2)和铝(Al_2O_3)的地球化学习性相似,两者形影相随,并且 TiO_2 含量随着 Al_2O_3 含量的增加而增加。此外还有铝土矿和基底母岩中的重矿物种类高度的一致性,常见有:金红石、锐钛矿、钛铁矿、电气石、锆石等,唯一的差别是白云岩中的重矿物磨圆度没有铝土矿的好,含量没有铝土矿多,说明他们有亲缘关系,来源于同一母体。

5 含矿岩系特征

含矿岩系九架炉组(C_{1jj})系指沉积于寒武系白云岩侵蚀面上和石炭系摆佐组(C_1b)白云岩之下的一套以粘土岩为主,相伴有铝土矿、赤铁矿、黄铁矿、耐火粘土等多种矿产的沉积岩组合,其厚度随古陆岩溶侵蚀面的起伏而变化,一般 $0 \text{ m} \sim 25.12 \text{ m}$ 不等,与上下地层均为平行不整合接触。它和残积层有显著的不同特点:一般残积层全由绿色粘土矿物组成,即不含赤铁矿,也不含铝土矿,往往含有底板没有风化完全的肉红色白云岩团块,没有碎屑结构和沉积特征。

5.1 岩性段划分

根据猫场矿区大量钻探实际资料分析和研究,依据沉积先后顺序,不同的岩(矿)组合,将九架炉组划分为四个岩(矿)性段,两个沉积旋回。

自上而下划分为:

- | | |
|--------------------------------|--------|
| ①上部铝质岩段(C_{1jj}^{b2}) | } 第二旋回 |
| ②中上部铁质粘土岩段(C_{1jj}^{a2}) | |
| ③中下部菱铁矿质铝质岩段(C_{1jj}^{b1}) | } 第一旋回 |
| ④下部铁质粘土岩段(C_{1jj}^{a1}) | |

上部铝质岩段(C_{1jj}^{b2}):主要由铝土矿、铝土岩、粘土岩组成,为铝土矿主要产出层位。包含各种自然类型和低硫低铁及低铁高硫铝土矿。其中土状铝土矿不具层理,致密状和碎屑状铝土矿少数见纹层状构造和粒序结构,顶部粘土岩少数具平行层理。该段厚 $0.27 \text{ m} \sim 25.12 \text{ m}$,一般 $5 \text{ m} \sim 8 \text{ m}$ 。

中上部铁质粘土岩岩段(C_{1jj}^{a2}):为褐红色夹灰绿色铁质粘土岩和赤铁矿组成。厚度 0.94 m 。

中下部菱铁矿质铝质岩段(C_{1jj}^{b1}):岩(矿)性单一,为一套肉红色、褐红色致密高铁铝土矿。厚度 $0 \text{ m} \sim 17.13 \text{ m}$,一般 $3 \text{ m} \sim 9 \text{ m}$ 。因颜色特殊和结构致密坚硬,与上下岩性段易于区分,是矿区次要铝土矿产出层位。

下部铁质粘土岩段(C_{1jj}^{a1}):由暗红色赤铁矿、铁质粘土岩、绿泥石赤铁矿、绿泥石粘土岩组成。局部形成具有工业价值的赤铁矿,赤铁矿为单层或多层,厚度不大的透镜体或扁豆体。此段厚 $0 \text{ m} \sim 10.75 \text{ m}$,一般 $1 \text{ m} \sim 3 \text{ m}$ 。

5.2 组合类型

古喀斯特的地理环境,无疑对九架炉组岩性的组合结构起着决定性的控制作用。由于基底古岩溶侵蚀面凹凸不平,凹地规模大小不等,形成时间先后不一,形态各异,所以各岩性段在横向和垂直的分布和叠加是各式各样的。

在垂向上,根据猫场钻孔实际资料总结出 11 种类型。

- | | |
|-----|---|
| 四段式 | (1) $C_{1jj}^{a1} + C_{1jj}^{b1} + C_{1jj}^{a2} + C_{1jj}^{b2}$ |
| 三段式 | (2) $C_{1jj}^{a1} + C_{1jj}^{b1} + C_{1jj}^{b2}$ |
| 二段式 | (3) $C_{1jj}^{a1} + C_{1jj}^{b1}$ |
| | (4) $C_{1jj}^{a1} + C_{1jj}^{b2}$ |
| | (5) $C_{1jj}^{a2} + C_{1jj}^{b2}$ |
| 一段式 | (6) C_{1jj}^{b2} |
| | (7) C_{1jj}^{b1} |
| | (8) C_{1jj}^{a2} |
| | (9) 黄铁矿型 |
| | (10) 硫铁矿型 |
| | (11) 粘土岩型 |

※ C_{1jj}^{a1} 和 C_{1jj}^{a2} 单独存在时不易区分!

本类型剖面是矿区最完整的组合类型,它全面反映了矿区地质构造环境的变化和岩(矿)生成次序的真实记录,见 ZKXXX 孔主要化学成分变化曲线图(图 2)。

5.3 剖面实例

例 四段式组合类型剖面

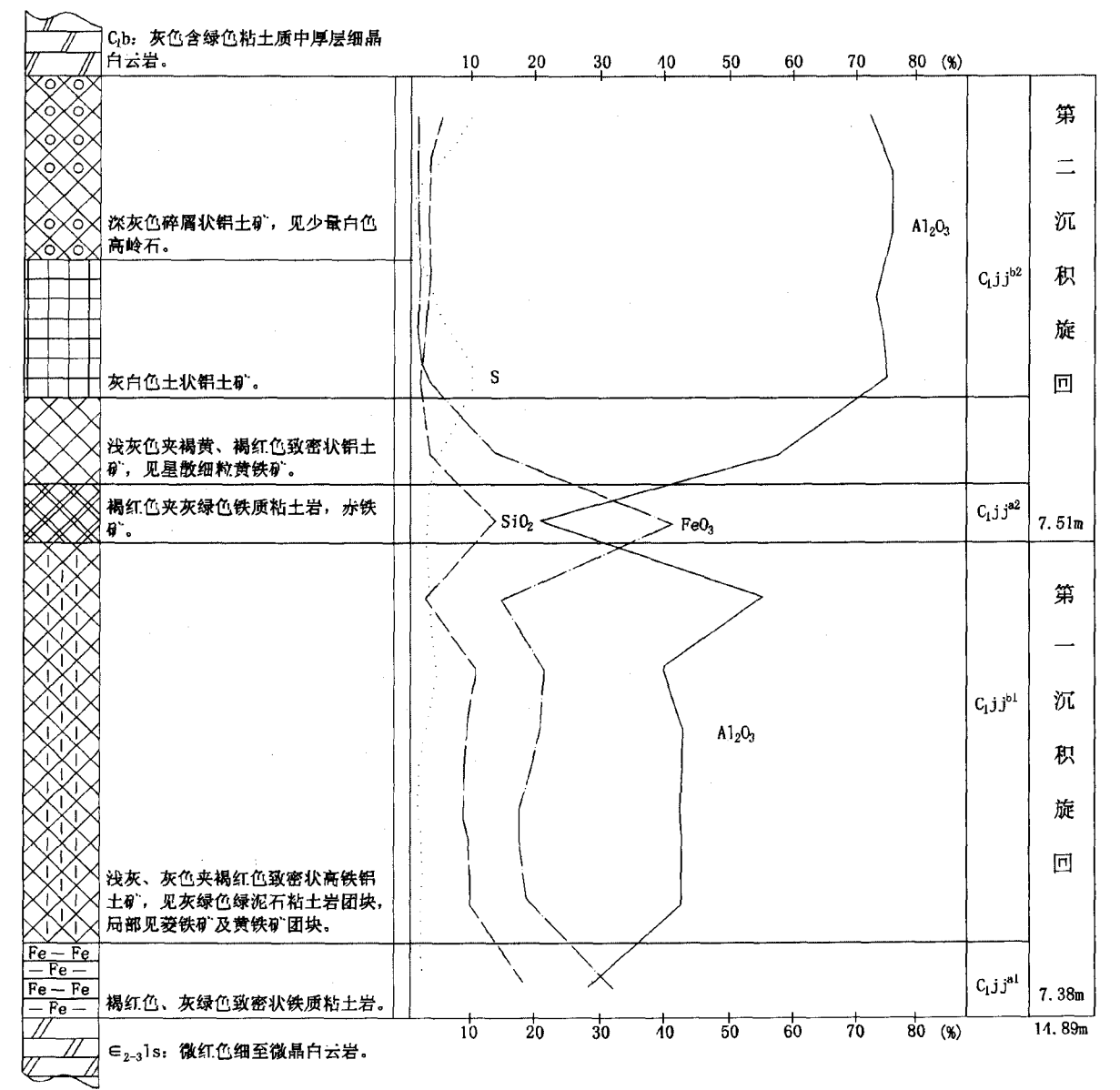


图 2 ZKXXX 孔主要化学成分变化曲线图
Fig. 2 Changing curve of main chemical elements in core ZKxxxx

6 铝土矿形成过程

首先奥陶纪末的都匀运动,黔中从海中隆起成陆,在当时气候和地理环境下,基底白云岩必然以化学风化为主,物理风化为辅。风化溶蚀作用往往是以母岩的节理、裂隙和断层破碎带等薄弱部位开始,不但溶蚀速度快,而且方向性很强,和

古陆隆起时发生的南北向张性断裂、东西向的压性断裂及北东、北西向两组共轭扭性断裂是基本一致的。不难从猫场铝土矿区一铝土矿的分布和形态上看得出来。如猫场的铝土矿体,它是由 4 个溶洼控制的南北向串珠状铝土矿体组成;周刘彭铝土矿体是由北东和北西两组共轭断裂溶蚀形成的溶坑控制的铝土矿体,首尾相连而成环状;杨家洞铝土矿体是由东西向和北东向的溶蚀槽谷控

制的铝土矿体。在猫场外,呈南北向线状分布的:岩上一燕陇—母猪冲—魏家寨—李家冲铝土矿体,又如呈东西向的马场—凹河—老黑山的铝土矿体,都是以溶盆和溶洼组合成的串珠状形态出现,这说明铝土矿床的形成和分布与构造断裂密切相关(高德等,1992)。

古陆基底白云岩在炎热、多雨、潮湿气候的环境下,富含 O_2 和 CO_2 水首先从母岩中分解出碱金属 K^+ 、 Na^+ 离子,其次是碱土金属 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 离子。当 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和阴离子 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 以不同方式几乎全部迁出母岩后,不能被溶解带走的主要是 Fe、Si、Al 的氧化物和氢氧化物,残留原地,成为厚度不等残积层,聚集在喀斯特正地形上。

基底白云岩在长期风化溶蚀作用下,形成喀斯特地貌,正地形有溶原,溶垅,溶脊、峰林、峰丛、孤丘、石芽……;负地形有溶蚀漏斗、溶沟、溶洼、溶槽、溶盆、溶蚀湖等。正地形顶着粘土的残积层;负地形接受风化残余物的充填、沉积,首先形成含矿系下部的铁质粘土岩段(C_{1jj}^{a1})。

其次,志留纪末的广西运动,依古陆第二次抬升,侵蚀基准面下降,新的风化溶蚀作用又活跃起来,残积层中的粘土矿物,继续在富 O_2 和 CO_2 水长期淋滤下,脱 Si 转变为高岭石和三水铝石。 SiO_2 被水大量带走, Al_2O_3 相对富集,形成矿源层。我们知道,具有多种活性基团的腐殖酸广泛存于自然界中,它有溶解 Si^{4+} 、 Fe^{3+} 、 Al^{3+} 离子和保护 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 呈胶体迁移的能力。

在相同条件下, SiO_2 的溶解度远大于 Fe_2O_3 和 Al_2O_3 。加之残积层处在正地形上,水流畅通无阻的开放氧化带环境中,在富含 O_2 和 CO_2 的弱酸性或酸性的长期淋滤下,地下水带走溶解物质的速度快于水对岩(矿)分解的速度,使粘土层处于不断被分解脱 Si 富 Al 的过程。同时,在脱 Si 过程中,有部分 Si、Fe、Al 被分解成胶溶体,在富含腐殖酸的保护下,被水搬运到喀斯特负地形中。由于水体中 PH 和 Eh 值的变化, Si、Fe、Al 胶溶体离子经正负电荷的中和作用,凝聚成胶体沉淀,构成中下部菱铁矿质—铝质岩段(C_{1jj}^{b1}),即高铁铝土矿段,覆盖下部铁质—粘土岩段(C_{1jj}^{a1})或寒武系白云岩侵蚀面上。

再次,泥盆纪末的紫云运动,古陆再次抬升,在喀斯特正地形上的矿源层和沉积在负地形中的铁质—粘土岩段(C_{1jj}^{a1})和菱铁矿质—铝质岩段

(C_{1jj}^{b1})同时被抬高,古陆基底母岩中的潜水面下降,古陆又处于风化溶蚀淋滤的长河中。负地形向纵深发展,不断加深,向周边扩散,加宽变大,溶洼变成溶盆,溶盆变湖盆,终究为铝土矿的形成准备了沉积场所。

由于负地形的不断扩张,正地形不断缩小,矿源层不断被侵蚀。同时矿源层的溶原、溶垅、溶脊的基底白云岩在溶蚀作用下形成空洞,促使矿源层的垮塌、崩解,破碎成碎块,天干物燥时,甚至变为尘土。下雨后,尘土和地表水混合成浑浊液,裹挟矿源层的砾块、碎石,经过一段远近不同距离的搬运,砾块、碎石相互碰撞、摩擦,变成次棱角状、椭圆状、圆状,搬运到喀斯特负地形中。因水动力条件减弱,在重力作用下,逐渐依次沉积下砾石、碎屑、泥质物,并远离岸边向盆地中心移动,形成略具带状分布的沉积相构造。

紫云运动后,起初一段时间,基底母岩风化溶蚀淋滤形成的残余物被地表水迁移至负地形中,沉积在第一旋回沉积岩段($C_{1jj}^{a1}+C_{1jj}^{b1}$)之上,构成第二旋回的铁质—粘土岩段(C_{1jj}^{a2}),随后把矿源层的破碎矿物搬运到负地形中,形成第二旋回的铝质岩段(C_{1jj}^{b2}),覆盖在上部铁质—粘土岩段(C_{1jj}^{a2})和基底寒武系娄山关群(E_{2-3ls})白云岩侵蚀面上直到矿源层的矿物被搬运殆尽,完成整个铝土矿的形成,结束第二旋回的沉积,完成铝土矿形成的全过程,见猫场铝土矿形成过程示意图(图3)。

最后,当九架炉组含矿岩系沉积后(C_{1jj}),古陆南部下沉被海水淹没,接受石炭系下统摆佐组(C_1b)白云岩和灰岩的覆盖,厚达 100 多米。但缺失上统达拉组(C_2d)、滑石板组(C_2hs)、马坪组(C_2m),有一短暂上升剥蚀时期。二叠纪早期,梁山、栖霞时,整个古陆下沉,接受陆源碎屑物的沉积,后连续为碳酸盐类沉积覆盖。含矿岩系在地应力作用下,经成岩脱水,由三水铝石转化为一水硬铝石。直到侏罗纪末,早白垩纪初的燕山运动,它控制和破坏了铝土矿体的完整性,被分割在不同的构造单元内,有的被抬出地表,有的还深埋地下(袁见齐等,1979;乐光禹等,1994)。

7 结 论

铝土矿产于寒武系碳酸盐岩古喀斯特侵蚀面上的一水硬铝石沉积矿床,由于长期风化溶蚀淋滤作用,在古喀斯特正地形上先形成粘土

层,粘土层进一步风化溶蚀经脱硅、形成三水铝石的矿源层,喀斯特负地形为三水铝石的进一步形成提供了有利条件和铝土矿的聚积提供了充足的场所,后经地壳运动,黔中古陆抬升,由地表径流把矿源层的矿物迁移至负地形中,由机械沉积作用和化学沉积作用形成各种自然类型和工业类型的铝土矿,因间歇性地壳运动的抬升,造成截然不同类型的岩(矿)组合。所以,铝土矿的形成严格受大地构造和喀斯特地形的控制(高道德,等 1992)。

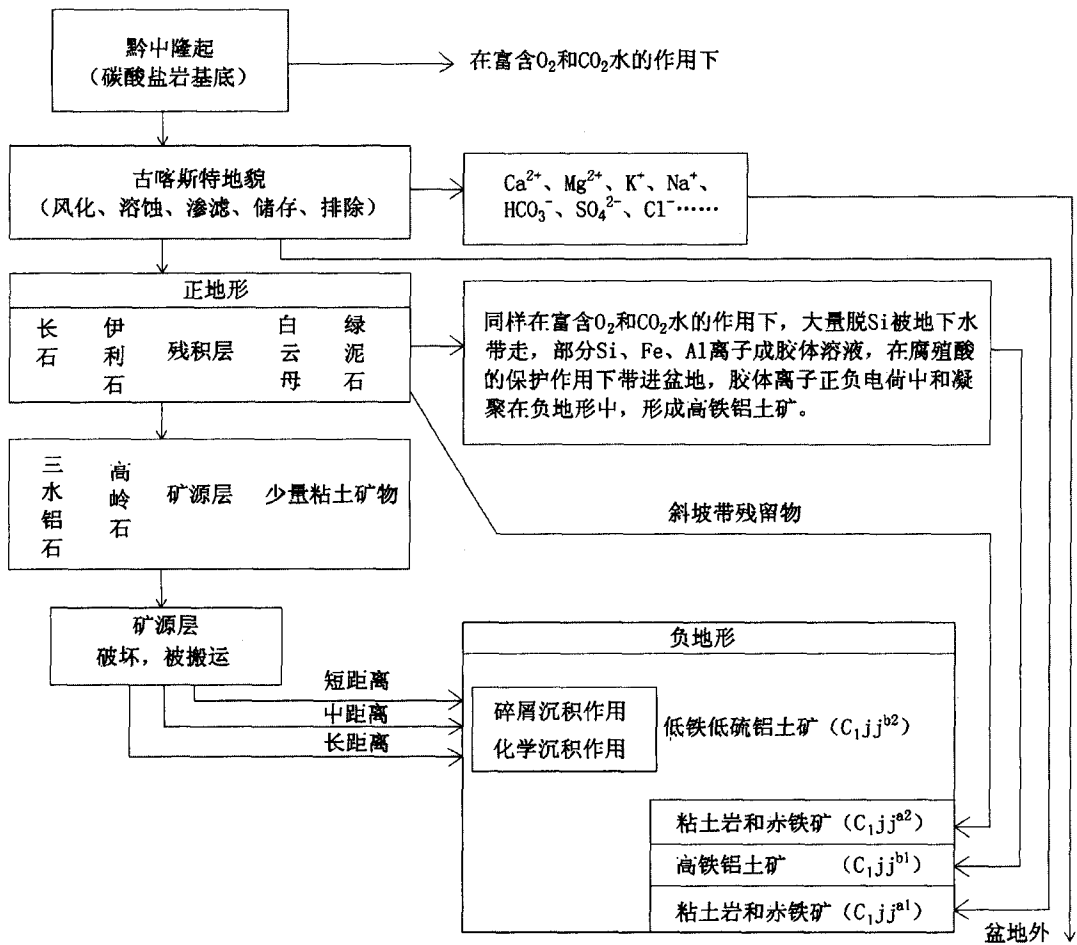


图 3 猫场铝土矿形成过程示意图

Fig. 3 Formation process of Maochang bauxite deposit

【参考文献】

陈履安. 2011. 溶解运移与沉淀成矿—成矿作用的化学与地学交叉研究[M]. 贵阳: 贵州科技出版社.

高道生, 盛章琪, 等. 1992. 贵州中部铝土矿地质研究[R]. 贵阳: 贵州科技出版社.

黄征, 黄汝超, 等. 2016. 贵州省清镇市猫场铝土矿区水落潭矿段铝土矿详查报告[R]. 贵州省地质矿产勘查开发局——五地质大队.

乐光禹, 等. 1994. 贵州省中西部的构造格局与构造应力场[J]. 地质科学, 第 1 期.

袁见齐, 朱上庆编. 1979. 矿床学[M]. 北京: 地质出版社.

杨明坤, 朱焕然, 等. 2016. 贵州省清镇市猫场矿区 0-24 线外围红花寨、白狼坝矿段铝土矿勘探报告[R]. 贵州省地质矿产勘查开发局——五地质大队.

杨能坤, 杨林, 等. 2013. 周刘彭矿段铝土矿详查报告[R]. 贵州省有色金属和核工业地质勘查局五总队.

张成旺, 皇甫强, 冯学岚, 等. 1993. 贵州清镇铝土矿猫场矿区 0—24 线勘探报告[R]. 贵州省地矿局——五地质大队.

庄治贤, 蒋建文, 等. 2012. 贵州省清镇市猫场铝土矿区平桥矿段(整合)铝土矿普查报告[R]. 贵州省地矿局——五地质大队.

中国科学院地质研究所岩溶研究组. 1979. 中国岩溶研究[M]. 北京: 科学出版社.

(下转第 283 页)

[J]. 煤炭科学技术, 2016, 44(2): 1-7.

徐宏杰, 桑树勋, 易同生, 等. 黔西地区煤层埋深与地应力对其渗透性控制机制[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 2014, 39(11): 1507-1516.

徐会军, 王万兴. 盘江矿区煤层气资源及开发前景[J]. 中国煤

层气, 1997, (1): 17-19.

叶建平, 秦勇, 林大扬. 中国煤层气资源[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1999: 37-58.

易同生, 李新民. 贵州省六盘水煤田盘关向斜煤层气开发地质评价[J]. 中国煤田地质, 2006, 18(2): 30-32.

Geological Characteristics of Coal Reservoir in PingQiao Syncline of Zhijin, Guizhou Province and Favorable Horizons Evaluation

CAI Lu¹, YAO Yan-bin², QUAN Gui-long¹, CHEN Hua¹, CHEN Qing-gang¹,
LI Yong¹, DU Sheng-jiang³

(1. No. 115 Geological Party, Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Guizhou Province, Guiyang 550000, Guizhou, China; 2. Coal Reservoir Laboratory of National CBM Engineering Center, China University of Geosciences, Beijing 100083 China; 3. Guizhou Geological Survey, Guiyang 550000, Guizhou, China)

[Abstract] Based on the geological survey in Pingqiao syncline, this paper analyzes the drilling, logging date and Coring test data of the Well PQT-1 to summarize the geological characteristics of coal reservoir in the area. Furthermore, the relationship between favorable formation for development and key parameters were deeply discussed, including coal thickness, coal pitch, micro components, ash yield and gas content. The results show that eighth sets of main seam featured "small thickness, multi layers, close interval" in vertical of Well PQT-1, which make it suitable for the development process of separate fracturing and co-production. Among the eighth sets, the C14 and C16 strata characterized with great thickness coal, moderate gas content, low ash yields and small desorption pressure were evaluated the most favorable layers. Limited to the coal thickness, the C30, C32 two strata and the C17, C20 two strata take the second and the third place respectively.

[Key words] Zhijin Guizhou Province; Pingqiao syncline; PQT-1; CBM; Favorable horizons evaluation

(上接第 277 页)

Genesis Discussion of Maochang Super-large Bauxite Deposit

ZHUANG Zhi-xian, TAO Yong-chang, ZHOU An-le

(No. 115 Geological Party, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration & Development, Qingzhen 551400, Guizhou, China)

[Abstract] Maochang bauxite deposit situated in Maochang dome anticline of northeast Daweiling anticline. Because the carbonate rock ancient karst erosion surface of Cambrian suffered long time weathering corrosion and leaching progress, claypan formed on the ancient karst positive landform, then the claypan formed ore source bed of gibbsite by further weathering corrosion desilication and deferrization, the negative landform supported enough space for bauxite sediment. By analysis the characteristics of ore-bearing rock series, with the study of sedimentary facies and paleographic environment, improved that the formation of Maochang bauxite deposit was controlled strictly by geotectonics and ancient karst topography.

[Key words] Bauxite deposit; Ancient karst; Ore-bearing rock series; Sedimentary cycle; Weathering corrosion and leaching progress