

文章编号: 1001-1412(1999)04-0024-05

论中国岩溶铝土矿的成因 与生物和有机质的成矿作用

刘长龄, 覃志安

(天津地质研究院, 天津 300061)

摘要: 中国铝土矿以石炭纪岩溶型硬水铝石为主, 占世界同类型矿床的90%以上。其形成条件因长期处于湿热的古热带地区, 铝硅酸盐岩石(包括基底碳酸盐岩石中粘土质与页岩夹层)经强烈的风化, 特别是生物风化作用产生粘土质、铝凝胶等胶体与细碎屑物质, 经水流冲刷并作短程搬运至盆地而成为湖沼沉积、海湾或泻湖沉积。生物和衍生的有机质的成矿作用遍及各个阶段: 如早期风化淋滤作用, 搬运阶段的护胶作用, 沉积水盆中有机物的吸附、分解及净化作用, 同生、成岩阶段在还原环境下形成硬水铝石与黄铁矿, 以及后期表生阶段有机质与黄铁矿的氧化作用使矿石去硅去硫、铁呈粗糙状与多孔状而铝质富集。

关键词: 岩溶铝土矿; 成因; 生物; 有机质。

中图分类号: P618.45; P611.2⁺2

文献标识码: A

1 岩溶铝土矿的成因

世界古生代及其以前的岩溶铝土矿主要分布在中国, 而中国岩溶铝土矿主要为石炭纪中下统的铝土矿, 分布于华北地台的中石炭统底部岩溶面上与贵州下石炭统的岩溶面上; 其次为产于二叠纪茅口灰岩不整合面上的铝土矿及第四纪堆积铝土矿广西平果型铝土矿。此外, 还有地槽型中石炭统岩溶铝土矿(新疆乌什北山), 规模小, 意义不大。

古生代沉积型岩溶铝土矿均以硬水铝石为主要成分。其形成首先受物质来源及岩相古地理沉积环境等影响, 常分布于一些古陆或高地的边缘地带。这与物质来源就近提供短途搬运有关。而长距离搬运因水介质pH值及掺合作用不利于铝土矿的形成。矿床以湖泊相、泻湖相、海湾相的规模大, 质量好; 而沼泽相及河流相的规模小, 质量差。矿体一般呈层状、似层状、漏斗状或囊状产出。矿体的形态严格受下伏碳酸盐岩的岩溶地形控制。含矿层与下伏碳酸盐岩往往

收稿日期: 1999-09-12

第一作者简介: 刘长龄(1926-), 男, 教授级高级工程师, 粘土、铝土矿矿床地质研究。

呈突变的不整合接触, 很难见到与含矿层连续并轻微风化的母岩过渡带, 即很少见到母岩的裂隙层, 更难见到“粒化层”, 显然含矿层是沉积的。但一般很难见到类似细碎屑岩的层理, 而偶尔见及的显微层理、层纹或粒序层理, 常类似泥岩或粘土岩具块状构造。含矿层厚度几米到几十米, 自下而上富集铁、铝、粘土, 也称为铁铝粘土建造。铝土矿常富集于含矿层的中上部, 有时在含矿层上部的粘土岩层中见有炭质页岩或薄煤层。

中国古生代岩溶铝土矿之所以储量丰富, 分布广、规模大、质量好, 是因为成矿条件十分优越^[1]。例如中国石炭纪成矿区长期处于古热带的湿热环境中, 区内古陆或高地铝硅酸盐岩及基底碳酸盐岩石中粘土质与页岩夹层遭受十分强烈的风化(特别是生物风化), 产生粘土质及铝(铁)凝胶等胶体(有机质护胶)与细碎屑物质, 经水流(包括片流与股流)短程搬运并冲刷至附近低凹盆地成为“胶体与碎屑兼有”的湖沼沉积, 海湾或泻湖等沉积。还在同生、成岩、后生、表生及后期风化各阶段遭受连续不断的不同程度的变化和改造, 有的变富成为优质铝土矿; 有的变贫或杂质太多不能为工业所利用。铝土矿及有关矿物成因见表 1。

表 1 中国岩溶铝土矿及有关粘土代表性样品的氧同位素解释

Table 1 O isotope analysis of bauxite ore in china

名称及时代	矿床特征矿物	$\delta^{18}\text{O}\text{‰}$ SMOW	成因解释
山西招贤铝土矿 C ₂	硬水铝石	3.29	后生作用溶液自生矿物
山西招贤铝土矿 C ₂	硬水铝石	4.00	后生作用溶液自生矿物, 少量成岩初期的
山西招贤铝土矿 C ₂	硬水铝石	4.12	后生作用溶液自生矿物
山西兴县铝土矿 C ₂	硬水铝石	8.87	成岩作用凝胶转变
河南张窑院铝土矿 C ₂	硬水铝石	11.67	成岩作用凝胶转变
贵州修文铝土矿 C ₁	硬水铝石	10.85	成岩作用凝胶转变
广西平果堆积铝土矿 Q	硬水铝石(原矿)	12.14	成岩初期凝胶转变(P ₂)后来碎屑堆积(Q)
山西宁武铝土矿 C ₂	软水铝石(多)、高岭石(少)	9.89	成岩阶段凝胶转变
河南大洼次生铝土矿 Q	三水铝石	6.44	表生阶段由高岭石淋积作用形成的
广西平果再生铝土矿 Q	三水铝石	8.92	硫化物风化成因
山西朔县紫矸土 P ₁	有序高岭石(多) 软水铝石(少)	12.11	高岭石后生阶段热变固相有序化; 软水铝石为表生矿物
山西朔县紫矸土 P ₁	有序高岭石	15.23	机械沉积, 后生阶段热变而固相高度有序化
河北开平 C 层砂粘 C ₂	无序高岭石	17.05	古风化壳高岭石机械搬运而沉积的
吕梁西坡软质粘土 C ₂	无序高岭石	16.07	古风化壳高岭石机械搬运而沉积的
福建漳浦高岭土 Q	无序高岭石	16.39	现代风化壳成因
山西河曲脉状粘土 Q	7Å 埃洛石	19.09	现代风化淋积填充于岩石裂缝而成(脉状)

特别要强调的是碎屑与胶体不同程度的兼有, 因在矿石中普遍存在碎屑和胶体的结构构造。既有来自风化壳的碎屑和胶体, 即“外碎屑”和“外胶体”; 也有在盆地里产生的“内碎屑”和

“内胶体”。所谓内碎屑指地台区地壳多次轻微的震荡运动或频繁的地震活动(包括含矿层沉积质的次生岩溶作用),这一主要因素并配合洪水及风暴流的作用,使铝土矿沉积层再次或多次遭受水流波浪的冲刷和微弱的迁移、塌陷或碎裂,产生了内碎屑,进而形成铝土矿的浊流沉积和风暴沉积。浊流沉积铝土矿主要出现深湖区,分选性差,层厚不均(数米至数厘米)。粒序层下粗上细,反映能量递减,风暴沉积铝土矿主要出现于浅湖区,分选性较好,薄层状,层厚较均匀(数厘米至数十厘米)。总之,内碎屑是可以区别的^[1,2]。所谓“内胶体”是指陆源粘土质等超细碎屑进入沉积盆地(如湖沼水体)长期呈悬浮状,而这种水体在自然界中有机酸最富特别是底部水体更如此,其pH值可为4以下,使粘土等铝硅酸盐矿物或氧化铝溶解。由于有机质吸附作用形成Fe、Al-有机复合体或Al-有机复合体,还有因干湿气候的变化影响有机质含量而在胶体沉积的铝土矿物鲕、豆粒内形成同心层状结构。此与红土型的鲕、豆粒具干缩裂隙不同。中国石炭纪岩溶铝土矿中豆鲕粒内常有有机质浸染及自生黄铁矿,证明它形成于同生与成岩的还原环境。豆鲕粒的圆度、大小及柔性与刚性相差很大,证明其非同时形成的^[1,2]。

最简略地将中国岩溶铝土矿的成矿模式概括为“各阶段,多因素不同程度的连续成矿”,其成矿特征为“多源、多态、多相、多变的铝土矿床”^[2]。

2 生物和有机质的重要成矿作用

对于铝土矿的生成来说,生物风化作用是最重要的化学风化,比物理风化更重要(要求准平原化而构造稳定)。铝土矿形成于赤道附近古热带地区,气候很湿热,生物繁盛,微生物的活动及有机质(达20%以上)的分解而产生极多的CO₂, H₂S和有机酸。使水介质的pH值与Eh值受到很大的变动,从而使风化壳岩石遭受强烈的风化。如叶连俊院士所说:“例如铝土矿的成矿,它并不是把成矿元素集中到自己的体内或其周围,而是把被风化岩层中的与成矿元素共生的非成矿元素溶蚀淋滤掉,最后仅仅难溶的Al₂O₃残留下来,造成铝的富集。这也应当属于生物成矿的一种类型。可以叫做生物淋余矿床”^[3]。中国岩溶铝土矿不仅如此,还在以后的搬运、沉积、成岩、后生、表生、后期风化阶段不同程度受到生物和衍生有机质的作用。因此,其生物和有机质的成矿作用是非常明显而重要的。

中国岩溶铝土矿普遍含有机质,常由百分之零点几到百分之一以上,例如山西铝土矿化验有机碳 $w(\text{OC})$ 为:0.31%, 0.38%, 0.19%, 0.24%;平果铝土矿的有机碳 $w(\text{OC})$ 为:0.12% ~ 0.17%。在薄片观察硬水铝石因有机质的浸染呈浅棕色,而手标本常为黑灰—浅灰色,一般不呈红土化的红色,或只局部偶见(也有硫化铁因后期风化而迭加的)。常呈层状及似层状产出,并多次在含矿层找到植物化石,主要有:大脉羊齿、网脉羊齿、微缺楔叶、鳞木、鳞脆叶、李希霍芬贝叶及芦木等;也多次在含矿层找到动物化石,主要有:扭月贝、戟贝、珊瑚幼体、网格长身贝、有孔虫及昆虫翅膀等。这些可以证明中国岩溶铝土矿主要不是钙红土化的结果,而生物和衍生有机质与铝土矿的关系十分密切,对整个铝土矿成矿各阶段的变化起到非常重要的作用。其中最重要的是改变水介质的pH与Eh值,从而促进母岩的风化并形成岩溶铝土矿物质,以及铝土矿物质在沉积、成岩、后生、表生、后期风化阶段的各种变化。还有在搬运中因吸附而护

胶。

铝土矿可以说都是湿热气候下生物风化的胶体作用的产物,豆、鲕粒是标准的胶体构造。在还原环境中形成的鲕豆粒内可见硬水铝石与黄铁矿共生;而红土型铝土矿则明显不同,豆粒较大,胶体干缩,裂隙多,且由氧化环境的三水铝石组成。

腐殖质是粒度极细的胶态物质,能与Fe、Al凝胶或粘土胶体吸附,且可成为具有环状结构的螯合物存在,而这种螯合物要比一般络合物更加稳定,因而可以在水中作短程搬运,并进入较平静的湖沼水中悬浮,在较下部强酸性水中使 Al_2O_3 及粘土溶解,继而当水中pH值再次升高,使Al、Fe、Si等形成胶体溶液或Fe、Al腐殖复合体(络合物)而凝聚并沉淀(淀积为“内胶体”——一种“黑泥”)。如在未封闭鲕内见到受有机质浸染的硬水铝石胶体或隐晶质集合体与自生黄铁矿共生可以说明是明显的生物成矿的结果。

有机质的分解与微生物的活动有关,在地表条件下到处都有微生物活动,特别是湿热带土壤和淤泥中更多,有时每克中可达几十亿个。这些微生物可以分解腐殖质、蛋白质、脂肪、纤维素、几丁质等所有的有机质。有机质被分解后各种化学元素的表现不同,例如,在土壤中C、H、O、N形成 CO_2 、 H_2O 、 NH_3 等一些简单的无机化合物,以及腐殖质等复杂的高分子化合物。又在植物残体内还含有少量的 SiO_2 、 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 等无机化合物相互作用形成次生粘土矿物,它们在土壤风化壳、沼泽淤泥或黑泥中还会进一步脱硅,又能形成铝土矿物(非风化壳的盆地内自生的)。

在铝土矿层的裂隙中,见有无钛无铁无有机质浸染的无色亮晶自形硬水铝石呈后生脉充填。例如山东、山西等地铝土矿层中常见此种次生硬水铝石脉^[1,2]。因表生阶段有机质与黄铁矿等氧化形成有机酸、碳酸及硫酸质强酸性(pH值<4.1)水岩作用的氧化铝成为真溶液,当pH值受围岩的影响缓慢变高,达到>4.1时,就有氢氧化物沉淀,在还原环境下形成硬水铝石;当pH值再升到6~5时,可见脉上方有地开石等粘土矿物形成^[2]。

在铝土矿剖面中部,由于铁具低价易于迁移(较多向底部迁移),所剩 $w(\text{Fe})$ 可低到1%以下。而低价氧化亚铁的形成,主要是靠有机物通过微生物分解消耗了氧而造成的还原环境使然。

TiO_2 是铝土矿中所有组份中溶解度最小的化合物,自然界一般仅在腐殖酸及黄铁矿风化的硫酸中溶解部份Ti(pH<2)。也导致土壤中流失Ti,例如沼泽苔原富含腐殖质的上层土壤含Ti最少。又如中国岩溶铝土矿具有次生构造(多孔状、半土状、粗造状)的富矿, $w(\text{Al}_2\text{O}_3)>70\%$,是腐殖酸与硫酸等去硅、铁、钛的结果;反之,仍为原生铝土矿, $w(\text{Al}_2\text{O}_3)<70\%$ 。其中 $w(\text{TiO}_2)$ 一般不低于2%~3%,通常变化在4%~8%之间,有时高达10%以上,最高可达15%~32%。当然,这也与其物质来源母岩成分有关系,作者(刘长龄,1985)曾发现华北太古界火山岩有如下规律,即该类岩石由酸性、中性、基性到超基性,其 $w(\text{Al})/w(\text{Ti})$ 由大到小依次递减(42.46, 25.84, 21.22, 16.10, 12.55, 12.50, 12.31)。规律性明显,而无例外。可以作为铝土矿物质来源的对比,但其与受有机酸所溶走的Ti含量相比有限是不相同的。

中国岩溶铝土矿主要形成于石炭纪的原因,一方面因当时地处古赤道湿热气候带,另一方面因陆生植物空前繁茂,促使地面所进行的风化作用特别是生物风化非常强烈,从而使铝土矿等矿产的成矿作用极为有利,使之形成独特的铝土矿成矿时代。

参考文献:

- [1] 刘长岭. 中国石炭纪铝土矿的地质特征与成因[J]. 沉积学报, 1988, 6(3): 1-10.
- [2] 刘长岭, 等. 中国铝土矿和高铝粘土[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 1992. 23-37, 172-200.
- [3] 叶连俊, 等. 生物成矿作用研究[M]. 北京: 海洋出版社, 1993. 1-5, 176-182.
- [4] Bardossy, G., Karst Bauxite, Bauxite Deposits on Carbonate Rocks[M]. Published by Akademiai Kiadó Budapest, 1982. 108-164.

ON ORIGIN OF KARST BAUXITE IN CHINA AND BIO-ORGANIC METALLOGENESIS

LIU Chang-ling, QIN Zhi-an

(Tianjin Geological Academy, Tianjin 300061, China)

Abstract: Bauxite in China is dominated by Carboniferous Karst diasporic type which account for > 90% of this type in the world. In ancient hot and wet tropic zone, strong weathering of silicate rock (including clay and shale intracalasts) generated clayey material and alumina gel which were washed by water and shortly transported, then deposited to form bauxite in adjacent basin, such as lake, marsh, bay or lagoon.

Organism and the derived materials played roles in different stages of the bauxite metallogenesis, such as transportation, organic material protected gel, the absorption, resolution and purification of large amount of organic matter in water of sedimentary basin in which syngenetic and diagenetic stages were under reduction and diasporic and pyrite formed. In the supergenetic stage the oxidation of organic matter and pyrite made ore lose Si, S and Fe, become rough and porous ores rich in alumina.

Key words: karst bauxite; origin; organism; organic matter.