

苏皖沉积型凹凸棒石粘土矿床 沉积环境探讨

易发成 田 煦 李虎杰 郑自立

(西南工学院非金属矿研究所, 绵阳 621002)

提 要 本文对苏皖沉积型凹凸棒石粘土矿床形成时的沉积环境特征、水介质的 pH值、氧化还原条件、温度及盐度进行了讨论。研究表明凹凸棒石粘土矿床形成于碱性、还原、低盐度的浅水湖相环境。与火山作用有关的热水溶液参与了成矿作用。

关键词 凹凸棒石粘土 沉积环境 介质条件

第一作者简介 易发成 男 36岁 副教授 (博士) 矿床学

凹凸棒石粘土主要是由坡缕石矿物所组成的一种稀有而用途广泛的非金属矿产。在自然界, 尽管坡缕石矿物在干旱地区的土壤、深海沉积物、泻湖及内陆湖相沉积物中均可见到, 但具有工业价值的大型凹凸棒石粘土矿床均为陆相沉积环境中所形成^[1-3]。我国苏皖地区凹凸棒石粘土矿床也是近年来发现的大型内陆湖盆环境下所形成的凹凸棒石粘土矿床^[4,5]。近年来, 有众多的地质工作者对这一地区凹凸棒石粘土矿床进行了研究, 但对凹凸棒石粘土矿床沉积环境所做的研究工作尚少。本文旨在对这一地区沉积型凹凸棒石粘土矿床的沉积环境进行探讨, 为解决矿床成因及进一步寻找优质凹凸棒石粘土矿床提供理论依据。

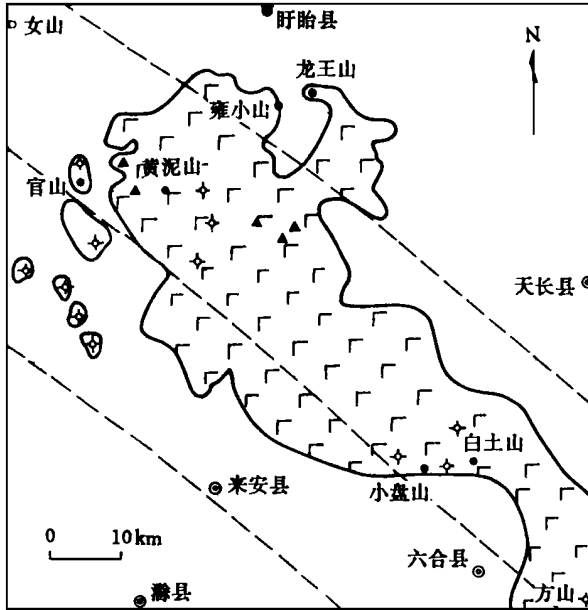
1 地质背景

苏皖凹凸棒石粘土成矿带位于郟庐深大断裂带以东, 张八岭隆起北侧, 苏北凹陷的南缘。沿北西向的女山-方山火山岩喷发带分布。成矿带地跨苏皖交界的六合县、盱眙县、嘉山县、来安县及天长县 (图 1)。

区内地层出露不全, 除第四系广泛分布外, 主要有上元古界张八岭群、震旦系陡山沱组、灯影组; 古生界寒武系幕府山组; 中生界侏罗系红花桥组; 白垩系赤山组; 下第三系古始新统阜宁群, 始新统张山集组, 渐新统三垛组, 上第三系中新统下草湾组, 上新统桂五组。与凹凸棒石粘土矿密切相关的为下草湾组。它为凹凸棒石粘土矿的含矿岩系, 为一套火山熔岩-河湖相碎屑沉积岩。其火山熔岩主要为碱性橄辉玄武岩。碎屑岩主要有泥岩、

粉砂岩、泥质粉砂岩及粘土岩。凹凸棒石粘土矿便赋存在下草湾组含矿岩系的顶部，其上为呈平行不整合的桂五组 (N_2g^1) 玄武岩所覆盖^[5]。

凹凸棒石粘土矿体呈层状，沿山体呈环带状水平出露。矿层下部常见风化玄武岩角砾，其底板为下草湾组 $N_{1x}A_2$ 玄武岩，顶板为桂五组 N_2g^1 玄武岩。主要矿石类型有凹凸棒石粘土、白云石凹凸棒石粘土、硅质凹凸棒石粘土、混合粘土及蒙脱石粘土。一般混合粘土及蒙脱石粘土位于矿层上部及下部。主要矿物成份的坡缕石、白云石、硅质矿物 (CT-蛋白石、石英等) 及蒙脱石^[5]。



- 1. 玄武岩 2. 古火山口 3. 断裂
- 4. 凹凸棒石粘土矿床 5. 凹凸棒石粘土矿点

图 1 苏皖交界地区上第三系玄武岩及主要凹凸棒石粘土矿床 (点) 分布示意图 (据江苏省地矿局, 1983年修改)

Fig. 1 Distribution of Neogene basalt and main attapulgite clay deposits on the border of Jiangsu Prov. area Anhui Prov.

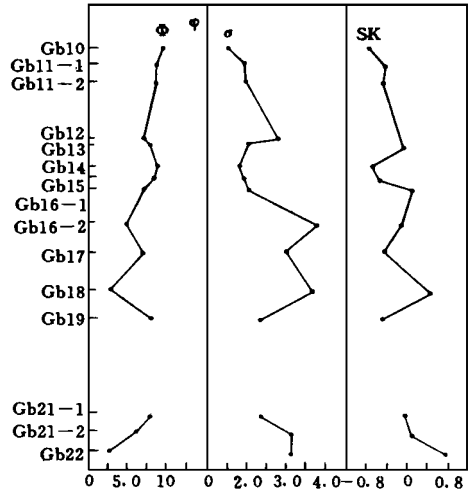


图 2 沉积物粒度参数变化曲线 (官山 ZK101 钻孔)

Fig. 2 Change curves of grain size parameters of sediments (from the Guanshan ZK- 101 hole)

2 凹凸棒石粘土矿沉积环境探讨

具工业价值的陆相凹凸棒石粘土矿床一般产于低盐度的湖盆中，且大多分布于南北纬度为 $30^{\circ}-40^{\circ}$ 的干旱、半干旱气候带内^[1,2,4]。苏皖凹凸棒石粘土成矿带亦位于此气候带内。在这种气候条件下，玄武岩风化产物由水流搬运到盆地中而沉积形成粘土等沉积物。在成矿带内，各处凹凸棒石粘土矿床分布面积不大，一般在数十平方公里以内，可以推测当时本区发育着一连串孤立的小盆地。如嘉山—涧溪盆地，来安的张山盆地，江苏盱眙的花果山、黄泥山、龙王山、雍小山盆地、六合的小盘山、白土山盆地等^[4]。对于这些盆地沉积环境的分析研究工作尚少。在此对凹凸棒石粘土矿沉积环境进行探讨。

2.1 沉积环境特征

通过野外观察及室内分析,含矿岩系内沉积岩层具有如下特征:

1) 沉积物以粘土岩为主,其次为砂岩和粉砂岩。碎屑岩的成熟度低,碎屑颗粒的分选和磨圆度差中等。其粒度分析表明(图2,3),总体特征为下部粒度粗,上部粒度细,且分散,偏度由正偏变为负偏,粒度由集中在粗端变为细端,峰态变窄。反映出沉积物离源区近,且具有多源的特点^[6]。

2) 水平层理发育,表现为不同类型粘土呈水平层状产出。

3) 不同地区沉积厚度变化大,沉积岩岩性横向变化大。但泥岩,粘土岩相对稳定。在含矿岩系顶部(N_{1x}A₁)沉积岩层内发现保留完好的动物化石,亦见有动、植物化石碎片(表1)。

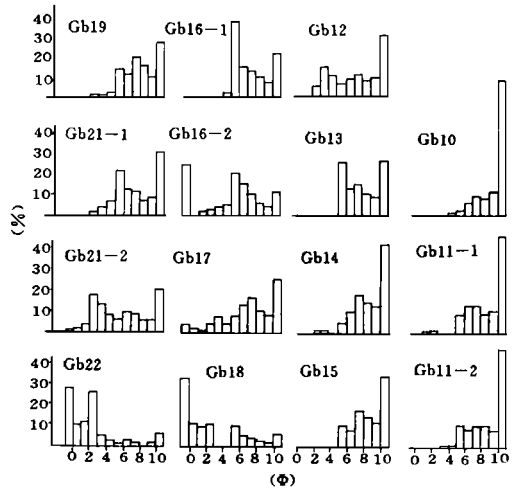


图 3 沉积物粒度分布图(官山 ZK101 钻孔)

Fig. 3 Grain size distribution of sediments (from the Guanshan ZK-101 hole)

表 1 含矿岩系 N_{1x}A₁ 地层中动、植物化石一览表

Table 1 Animal and plant fossils in the ore-bearing rock series (N_{1x}A₁)

产地	化 石
龙王山	陆龟属: 种属不能确定 (<i>Testudo</i>); 短吻鳄: 种属不能确定 (<i>Alligator</i>); 真骨鱼类: 种属不能确定 (<i>Teleostei</i>); 鹿科: 种属不能确定 (<i>Cervide Mantiacinae?</i>)
白土山	乳齿象亚目: 种属不能确定 (<i>Mastodontoidae</i>); 犀牛科: 种属不能确定 (<i>Rhinocerotidae</i>)
花果山	松鼠科: (<i>Sciuridae gen. et. sp. indet.</i>); 安琪马: (<i>Anchitherium sp.</i>); 啮齿科: (<i>Rodentia gen. et. sp. indet.</i>); 兔科: (<i>Leporidae gen. et. sp. indet.</i>); 偶蹄科: (<i>Artiodactala gen. et. sp. indet.</i>); 鹿科: (<i>cervide indet.</i>); 犀牛科: (<i>Rhinocerotidae gen. et. sp. indet.</i>); 被子植物以花粉为主; 栎属: <i>Quercus</i> ; 榆属: <i>Ulmus</i> ; 枫杨属: <i>Pterocarya</i> ; 禾木属: <i>Gramineae</i>
清明山	中华栎: <i>Quercus sinuocenicum Hu. et. chang</i> ; 醉猿: <i>Dionysopithecus sp.</i> 蜗牛: 种未定 (<i>Helix. sp.</i>) 啮齿类、偶蹄类、犀牛科、安琪马、兔科、鹿科及栎属同花果山
官山	短脚犀: <i>Brachypotherium Pugnafor</i>
其它	中国巨河狸: <i>Youngofiber sinensisc (young)</i> ; 鹿科: <i>Cercidae</i> ; 河狸科: <i>Castoridae</i> ; 真鳄亚目: <i>Eusuchia</i> ; 鳄科: <i>Crocodylidae</i> ; 黄鱉鱼: <i>Pseudobagrus fulvidraco (Rich)</i> ; 青鱼: <i>Mylopharyngodon piceus (Rich)</i> ; 轮藻: <i>Tectocharn globula (Madler Lin et. Zheng等)</i>

资料来源: 1. 江苏省地矿局第一地质大队(1994),六合、仪征、盱眙地区以凹凸棒石粘土为主的1:5万地质矿产普查野外报告书。2. 安徽省地矿局(1987),安徽省区域地质志。3. 江苏省地矿局(1984),江苏省及上海市区域地质志。

4) 在含矿岩系顶部凹凸棒石粘土矿层(N_{1x}A₁)中可见有大小不等的风化玄武岩角砾

呈悬浮状态存在 亦可见有呈似层状、透镜状产出的碎屑岩层 主要为细砂岩、蒙脱石粘土岩、坡缕石粘土岩及玄武岩角砾,具不完整的鲍马序列层粒度分析表明,众数为正偏,峰态中等,分选差 其粒度参数为 $\Phi - 1.6, \sigma 1.75, SK 0.21 K 0.98$ 据萨胡判别式算得 $V_{河流浊流}$ 值为 -28.35 ,为浊流沉积^[6,7]。

5) 在清明山含矿岩系的中部 ($N_{1x}B_1$)层下部可见有砾石层及砂砾层 均具有正向粒序层特征。

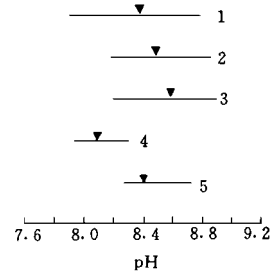
上述特征表明:含矿岩系沉积物为一套浅水湖相沉积为主,夹有河流相及浊流沉积物

2.2 沉积水盆地的介质条件

2.2.1 pH值

盆地内水介质的酸碱度 (pH值)直接影响到矿物组合,是控制凹凸棒石粘土矿床形成的重要因素之一^[4,3]。

凹凸棒石粘土矿层中的粘土矿物主要为碱性介质下的产物。对其进行 pH值测定表明(图 4),不同类型的凹凸棒石粘土其 pH值不同。凹凸棒石粘土 pH值为 $8.22-8.72$,平均 8.41 ;白云石凹凸棒石粘土的 pH值为 $8.80-8.90$,平均值为 8.83 ;硅质凹凸棒石粘土 pH值为 $8.20-8.87$,平均 8.60 ;混合粘土 pH值为 $7.90-8.80$,平均 8.42 ;蒙脱石粘土 pH值为 $7.95-8.30$,平均 8.14



— pH值范围 ▼ 平均值
1. 混合粘土 2. 硅质凹凸棒石粘土 3. 白云石凹凸棒石粘土 4. 蒙脱石粘土 5. 凹凸棒石粘土

图 4 不同类型凹凸棒石粘土的 pH值
Fig. 4 pH Values of different attapulgite clays

由上述分析可以看出凹凸棒石粘土是在碱性的介质条件下所形成 pH值的增高有利于蒙脱石向坡缕石方向转化^[3]。

2.2.2 氧化—还原条件

区内凹凸棒石粘土及产于矿层下部的蒙脱石粘土颜色呈灰白、灰绿及青灰色等,反映其生成于弱还原、还原环境,而位于凹凸棒石粘土矿层顶部的蒙脱石粘土常为棕红色、褐色、灰褐色,反映其生成环境为弱氧化、氧化环境^[7]。

Elderfield等 (1982)曾提出用铈异常来反映介质的氧化还原条件。根据 Elderfield等 (1982)的计算方法,区内不同类型凹凸棒石粘土 Ce_{anom} 计算值为 $-0.02-0.09$,均大于 -0.1 ,表明缺氧条件下形成。只有矿层顶部蒙脱石粘土 Ce_{anom} 值 < -0.1 ,为 -0.16 ,揭示氧化条件。

综上所述:凹凸棒石粘土主要是在还原的介质条件下形成,到了晚期局部为弱氧化条件以形成蒙脱石粘土为主。

2.2.3 温度

在碱性介质条件下,温度的增高有利于蒙脱石向坡缕石方向转化,亦可提高介质的 pH值,加速坡缕石的沉淀^[1,2,3,8,9]。通过对凹凸棒石粘土矿石中与坡缕石共生的白云石碳氧稳定同位素及蛋白石氧稳定同位素的分析表明:白云石的 $\delta^{13}C_{PDB} = -7.19\text{‰} \sim -11.72\text{‰}$, $\delta^{18}O_{PDB} = -2.704\text{‰} \sim -10.228\text{‰}$ 应用稳定同位素地质温度计^[10]计算其温度为 $29-74^{\circ}C$,蛋白石的 $\delta^{18}O_{SMOW} = 15.70\text{‰} \sim 16.76\text{‰}$,应用稳定同位素地质温度计计算其形成温度为 $71-81^{\circ}C$ 。同时根据蛋白石的地球化学特征研究,亦表明其具有热水成因的特征^[10]

上述分析表明: 凹凸棒石粘土是在此正常温度高, 有火山热水溶液参与下沉积形成。

2.2.4 盐度

盐度亦是影响凹凸棒石粘土形成的因素之一。根据白云石、蛋白石的稳定同位素特征, 表明盆地水介质是一低盐度的环境^[10]。

沉积物的 MgO/Al_2O_3 比值和微量元素硼的含量以及 Sr/Ba 、 Rb/K 比值均与盐度有关。由表 2 可以看出, 不同类型凹凸棒石粘土硼的含量低, 具有低盐度的沉积特征。而 MgO/Al_2O_3 、 Sr/Ba 、 Rb/K 比值则随矿石类型不同而有所差异。张云三 (1988)^[11] 认为在湖泊沉积环境中, 随湖水的逐渐咸化, 其沉积物的 MgO/Al_2O_3 比值增大。总体来说, 白云石凹凸棒石粘土、硅质凹凸棒石粘土以及凹凸棒石粘土的 MgO/Al_2O_3 比值高, Sr/Ba 、 Rb/K 值亦高, 反映其形成时介质的盐度相对高些, 而蒙脱石粘土的 MgO/Al_2O_3 、 Sr/Ba 、 Rb/K 比值低, 反映出其形成介质的盐度相对低些。此外, 由粘土颗粒沉积而成的平叠构造 (具微层理) 也显示出低盐度沉积的特征。

表 2 不同类型凹凸棒石粘土硼的含量及 MgO/Al_2O_3 、 Sr/Ba 、 Rb/K 比值

Table 2 Boron content and MgO/Al_2O_3 、 Sr/Ba 、 Rb/K ratios of variant attapulgite clays

矿区	元素含量 ($\times 10^{-6}$) 及比值	凹凸棒 石粘土	白云石凹凸 棒石粘土	硅质凹凸 棒石粘土	混合粘土	蒙脱石粘土
龙 王 山 雍	B	25.0	3.70	-	-	35.0
	MgO/Al_2O_3	1.160	8.75	-	-	-
	Sr/Ba	0.170	5.02	-	-	-
	Rb/K	0.009	0.012	-	-	-
小 山 黄 泥 山	B	-	-	-	-	-
	MgO/Al_2O_3	1.208	2.190	1.570	0.401	0.350
	Sr/Ba	-	-	1.210	-	-
	Rb/K	-	-	0.005	-	-
官 山 白 土 山	B	-	-	-	-	-
	MgO/Al_2O_3	1.098	4.895	-	1.176	0.285
	Sr/Ba	0.660	2.445	-	0.587	1.700
	Rb/K	0.007	0.006	-	0.007	0.007
官 山 白 土 山	B	14.2	4.0	32.5	-	11.24
	MgO/Al_2O_3	1.398	4.680	1.955	0.610	0.328
	Sr/Ba	0.770	-	1.810	-	0.720
	Rb/K	0.021	-	0.003	-	0.187
白 土 山	B	-	16.5	-	25.0	40.0
	MgO/Al_2O_3	8.000	2.850	-	1.230	0.290
	Sr/Ba	-	3.095	-	1.350	0.540
	Rb/K	1.000	0.004	-	0.007	0.008

因此,凹凸棒石粘土的形成与介质条件密切相关。矿层由下向上,不同类型矿石的顺序为蒙脱石粘土→混合粘土→凹凸棒石粘土→硅质凹凸棒石粘土→白云石凹凸棒石粘土→混合粘土(蒙脱石粘土)。这一垂向分布特征也反映了沉积介质条件的变化,从早到晚,反映了介质 pH、盐度、温度的增高,有利于蒙脱石向坡缕石的转化,同时,热水沉积硅岩对硅的消耗,亦有利于富 MgO 水体中白云石的沉淀,从而形成了不同类型的凹凸棒石粘土。

结 论

通过以上讨论可以得出如下几点认识:

- 1) 凹凸棒石粘土矿含矿岩系为一套浅水湖盆沉积物为主,夹有河流相及浊流相沉积。沉积物离源区近。
- 2) 沉积介质为碱性,还原的介质条件。pH值的增加,有利于蒙脱石向坡缕石方向转化。
- 3) 沉积盆地为低盐度的湖盆。蒙脱石粘土形成于相对低盐度条件下,而白云石凹凸棒石粘土,凹凸棒石粘土及硅质凹凸棒石粘土则形成于盐度相对高的条件下。其沉积介质的温度为近地表或略高于地表的低温环境。与火山作用有关热水溶液的参与,形成了热水沉积的白云石硅岩及硅质凹凸棒石粘土。

因此,苏皖地区凹凸棒石粘土矿床形成于碱性、还原、低盐度的浅水湖相环境,与火山作用有关的热热水溶液参与了成矿进程。

参 考 文 献

- [1] Singer A and Galan E, Eds. Palygorskite- Sepiolite Occurrence, genesis and uses (Developments in sedimentary 37). Elsevier Scientific Publishing Company, 1984.
- [2] Weaver C. Clays, Muds, and shales. Elsevier Scientific Publishing Company, 1990.
- [3] Millot G. Geology of clays. Springer- verlay, New York, 1970.
- [4] 方邨森,许冀泉,李立文. 苏皖地区凹凸棒粘土. 南京大学学报(自然科学版), 1990, (1), 15- 23.
- [5] Yi Facheng, Tian Xu and Yuan Jianqi, et al. The geological characteristics and geneses of attapulgite clay deposits on Jiangsu- Anhui border. In clay Minerals, Their Natural Resources and Uses. Proceedings of workshop WB- 1, The 29th Inter. Geol. Congress. Nagoya, Japan, 1992.
- [6] 孙永传,李蕙生. 碎屑沉积相和沉积环境. 地质出版社, 1986.
- [7] 刘宝君,曾永孚. 岩相古地理基础和工作方法. 地质出版社, 1985.
- [8] Church T M and Velde B. Geochemistry and Origin of a deep- sea pacific palygorskite deposit. Chemical Geology, 1979, (25): 31- 39.
- [9] Velde B. Clay minerals. A Physic- chemical explanation of their occurrence (Developments in sedimentary). Elsevier Scientific Publishing Company).
- [10] 易发成,李虎杰,田煦,郑自立. 苏皖地区凹凸棒石粘土矿床稳定同位素特征及其地质意义. 矿物学报, 1995, 15 (2): 242- 247.
- [11] 张士三, 沉积岩镁铝含量比及其应用. 矿物岩石地球化学通报, 1988, (2): 112- 113.

The Sedimentary Environment of Attapulgite Clay Deposits on the Border of Jiangsu and Anhui Provinces

Yi Facheng Tian Xu Li Hujie and Zhen Zili

(Southwest Institute of Technology, Mianyang 621002)

Abstract

The Sedimentary attapulgite clay deposit on the border of Jiangsu and Anhui Provinces is an important producing area of attapulgite clay in China. Ore-bearing Series is a set of sedimentary clastic rocks of shallow lake. The sedimentary medium features are as follows: 1) Various attapulgite clays have different pH values, all of them are formed in an alkalic condition; 2) According to the features and Ceanom calculated values of variant clays, the attapulgite clays are formed in a reducing condition, and part of montmorillonite clay is formed in a weak oxido- condition; 3) On the basis of stable isotopic compositions of opal and dolomite, opal-forming temperature is 71°C — 81°C and dolomite-forming temperature is 29°C — 74°C . These features with other geochemical characteristics inferred that the forming temperature of attapulgite clays is higher than the normal sedimentary temperature; 4) $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ Sr/Ba Rb/K ratios of variant attapulgite clays showed that the forming salinity of dolomite attapulgite clay, siliceous attapulgite clay and attapulgite clay is higher than that of montmorillonite clay. To sum up, the study indicated that under the conditions of alkalic, reducing conditions and low salinity of water medium, attapulgite clay deposits could be formed in a shallow lacustrine basin. The hydrothermal solution being related to volcanic action is of certain significance to mineralization of attapulgite clay deposits.

Key words attapulgite clay sedimentary environment medium condition