

# 论苏州高岭土的成矿地质作用

韩克从

马胜云

(江苏省地矿局第四地质队) (中国地质科学院地质力学研究所)

苏州高岭土闻名中外，远在唐朝就已开采。解放后对粘土矿物、矿石类型、矿床成因等方面作了大量的工作<sup>[1,2]</sup>。本文在前人工作的基础上，用动力地质作用（构造作用）和地球化学相结合的观点，对矿区的构造成矿作用、热液成矿作用及母岩——矿源层的问题，进行了分析探讨。如有不当之处，敬请读者批评指正。

## 一、矿区地质简况

矿区位于江苏省苏州市吴县浒关阳西一带，处于苏州花岗岩体外围北西向构造复合部位。矿区出露地层有：泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系和第四系等。区内有印支褶皱北东走向的木渎向斜，燕山期北西向的逆掩断层组成叠瓦构造，燕山晚期北北东向的扭性断裂切割了逆掩断层，并有中酸性脉岩、次火山岩充填。矿体受上述断裂构造的控制，构造岩就是矿体（图1）。

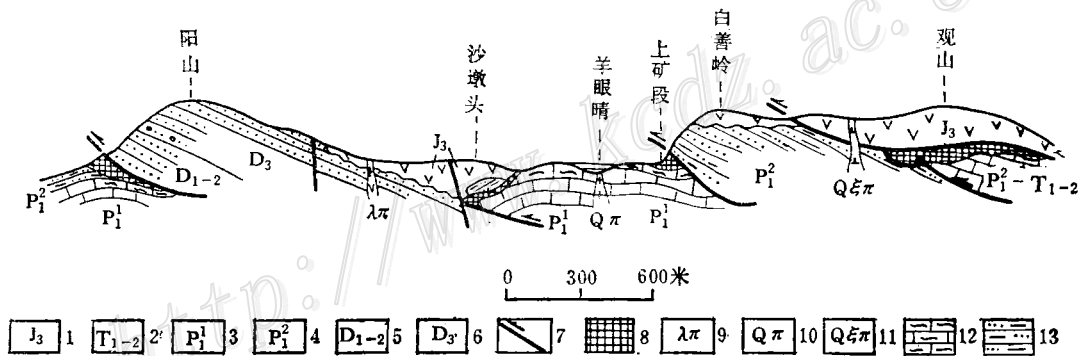


图 1 苏州高岭土矿区地质剖面

(据江苏第四地质队资料)

1—侏罗系上统火山岩；2—三叠系中、下统清龙群；3—二叠系下统栖霞组；4—二叠系下统埭桥组；5—泥盆系中下统茅山群；6—泥盆系上统五通组；7—逆掩断层；8—高岭土矿体；9—流纹斑岩；10—石英斑岩；11—石英正长斑岩；12—钙质片岩或钙质千枚岩；13—片理化粉砂岩

Fig. 1. Geological section of the mining area of Suzhou kaolin.

1—Upper Jurassic volcanic rocks; 2—Middle and Lower Jurassic Qinglong Group; 3—Lower Permian Qixia Formation; 4—Lower Permian Nianqiao Formation; 5—Middle and Lower Devonian Maoshan Group; 6—Upper Devonian Wutong Formation; 7—overthrust fault; 8—kaolin orebody; 9—rhyolite porphyry; 10—quartz porphyry; 11—quartz syenite porphyry; 12—calcareous schist or calcareous phyllite; 13—schistose siltstone.

## 二、构造成矿作用

### 1. 断裂带内构造岩的带状构造和构造岩的分带性

对阳西—西白龙寺、阳东（沙墩头—白善岭）和观山三条逆掩断裂带的构造岩进行了详细的剖面测制。通过定向标本、定向薄片的系统研究，综合起来可分为三个带：上辟理、片理带；下片理带；磨砾岩带。

上辟理、片理带是一套厚30—40米的压碎的顺层或切层发育的挤压片理，其产状与逆掩断面基本一致。主要的构造岩为碎裂岩、绢云千枚岩和千枚糜棱岩。

下片理带的主要构造岩为钙质片岩、钙质千枚岩，其上部大理岩化；阳山南端为千枚岩和千枚糜棱岩。

断裂带中心部位为一大套含透镜状、椭圆状岩石碎块的断层岩，根据碎基和透镜状岩块的砾径可以分为粗磨砾岩、磨砾岩、粗糜棱岩、糜棱岩及断层泥岩。因普遍含磨砾，所以统称作磨砾岩带。整个的磨砾岩带就是矿体。磨砾岩带的构造岩具有明显的定向的带状构造。磨砾长轴定向排列，与糜棱物的条带构造吻合。在横剖面上具有清晰的分带现象。阳山、阳东（沙墩头—白善岭）逆掩断裂带的磨砾岩带又可细分为：①粗磨砾岩亚带；②角砾—磨砾岩亚带；③细磨砾岩亚带；④粗糜棱岩和糜棱岩亚带（图版1、2）；⑤断层泥岩亚带；⑥细磨砾岩—糜棱岩亚带；⑦铁硅混杂磨砾岩亚带。观山逆掩断裂带内又可分为：（1）磨砾岩亚带；（2）细磨砾岩—粗糜棱岩亚带；（3）糜棱岩亚带；（4）断层泥岩亚带；（5）细磨砾岩—糜棱岩亚带；（6）含铁钛锰质的混杂磨砾岩亚带。图2表示羊眼睛扭性断裂带的分带情况，自右至左：①蒙脱石亚带；②黑白相间的糜棱岩亚带；③黄棕色、白色磨砾—糜棱岩亚带；④乳白色磨砾—糜棱岩亚带；⑤褐铁矿、赤铁矿糜棱岩亚带；⑥黑白相间糜棱岩亚带；⑦条纹状蒙脱石亚带。这套构造岩（矿体）是扭性断裂二次改造逆掩断层内的糜砾岩带，具底板发育的构造岩带（图2）的原岩为灰岩。以上整个构造岩的产状为走向北25°东，倾角近直立。

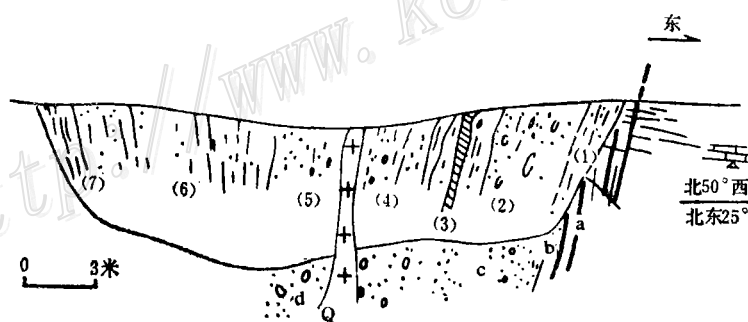


图 2 羊眼睛构造岩分带剖面图

（据江苏第四地质队韩克从资料）

a—扭裂岩，b—镜面糜棱岩，c、d—磨砾岩和糜棱岩，Q—石英斑岩脉，(1)—(7) 文内有说明

Fig. 2. Cross section showing zonation of tectonite at Yangyanjing.

a—sheared cataclastic rocks, b—mirror-like mylonite, c, d—puddingstone and mylonite. For information of (1)–(7), see the context.

## 2. 粘土矿物的分带性

苏州高岭土的粘土矿物前人作了大量的工作, 研究手段有差热分析、薄片、岩石化学分析、光谱分析、x 粉晶分析及电子显微镜等等。主要粘土矿物为高岭石, 7 Å 埃洛石和 10 Å 埃洛石, 此外尚有少量蒙脱石, 水云母和水铝石等等。高岭石白色, 含杂质时呈黄、紫红、灰黑色; 土状光泽; 偏光镜下呈细晶状、隐晶状集合体出现, 经常看到鳞片状晶体平行矿石的带状构造, 电镜下呈六方片状(图版 3); 差热分析在 600℃ 左右有一个吸热谷; 1000℃ 左右有一个放热峰; x 粉晶分析 7.21—4.38 Å 的特征线很突出。大部分高岭石结晶良好, 有序度较高。高岭石在断面上分布很有规律, 带状构造的高岭石 001 面平行带状构造, 即 001 面平行逆掩断层的断面或以一个极小的锐角与断面斜交。若以断层泥或断层泥砾结构的致密块状高岭石为中心, 上部条带构造的高岭土以鳞片状高岭石为主, 7 Å 埃洛石之次; 致密状高岭土以高岭石和 7 Å 埃洛石混生, 下条纹带以 10 Å 埃洛石为主(特别是矿体底), 伴生有高岭石和 7 Å 埃洛石(表 1)。

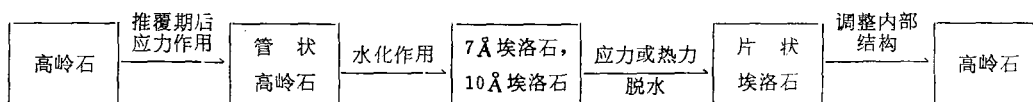
表 1 逆掩断层带构造岩、动力动热变质矿物一览表

岩带	构造岩类型		含有矿物			
			主要矿物	次要矿物	少量矿物	
上辟理片理带	碎裂岩、硬板岩、绢云千枚岩、千枚糜棱岩、糜棱岩		石英、绢云母	白云母、绿泥石	高岭石、水云母、褐铁矿	
磨砾岩带	矿	上条 纹构 造带	磨砾岩, 细磨砾岩, 糜棱岩	高岭石	7 Å 埃洛石	蛋白石、玉髓、次生石英、绢云母、褐铁矿、明矾石
		断层泥砾		高岭石	7 Å 埃洛石、10 Å 埃洛石	同上
	体	下条 纹构 造带	细磨砾岩和糜棱岩	10 Å 埃洛石	高岭石、7 Å 埃洛石	蛋白石、玉髓、次生石英、有机质、褐铁矿、明矾石、黄铁矿、蒙脱石、水铝石
		铁硅混杂岩		褐铁矿、硅质	蒙脱石、水云母、三水铝石	一水铝石, 高岭石, 10 Å 埃洛石
下片理带	硅化片状大理岩 钙质千枚岩、片岩		方解石	硅质、褐铁矿、针铁矿	胶赤铁矿	
	南阳山下片理带同上片理带					

埃洛石呈乳白色, 蜡状光泽, 多呈针状、细晶状、鳞片状、纤维状; 可分为 7 Å 埃洛石和 10 Å 埃洛石。在电镜下呈管状或卷曲状与高岭石差别较大(图版 4), 但化学成分相似。7 Å 埃洛石多分布于矿体的上部, 10 Å 埃洛石多分布于矿体下部, 尤其是底部(表 1)。7 Å 埃洛石可以由 10 Å 埃洛石脱水而成。观山上的埃洛石脱水后的管子末端破裂展开(图版 4), 个别的可以完全展开, 这就是说存在一种过程型矿物——片状埃洛石。1958 年祝炳和<sup>[1]</sup>描述了一种具有管状外貌, 结构上近似高岭石, 某些性质又具有埃洛石性质的中间矿物。最近任磊夫<sup>①</sup>、

① 任磊夫 1981 年资料。

丁浩华<sup>①</sup>和程希翱<sup>②</sup>分别在相应研究报告或论文中提到它的存在。因此,管体可能是卷曲的高岭石晶片的迭置<sup>[3,7]</sup>,可能和推覆作用期后的应力有关。埃洛石是不稳定的矿物,在不大的应力和不高的温度下即可脱水向高岭石转化。综合起来可以把这种转化概括如下:



苏州高岭土以结晶良好有序度高的高岭石和大量无序的埃洛石共生是其矿物学特点。在矿石结构和粘土矿物的发育上具有明显的分带性。大量发育于上片理带中的应力矿物绢云母、白云母和绿泥石等,其产状与鳞片状或薄片状高岭石相似,都是含(OH)的层状硅酸盐,矿物的解理面平行构造岩的条带状构造,与逆掩断面平行或以一个极小的锐角斜切。因此,苏州高岭土中的鳞片状或薄片状的高岭石所显示的定向构造,是构造岩型高岭土的标型特征。

### 3. 构造地球化学作用

本文把构造活动所提供的动力、动热变质作用和水参与使断裂带内岩石组分发生分解、溶解、沉淀、交代以及重新组合的过程,称作构造地球化学作用。构造地球化学作用不仅对应力矿物的生成,探讨动力、动热变质作用有重要意义,而且是一种重要的成矿地质作用。

(1) 构造去硅作用和硅化作用: 断裂带内原岩经碎裂作用、磨砾岩化作用、糜棱岩化作用和水化学作用,使硅酸盐矿物和石英发生分解、溶蚀、搬运流失,即构造去硅作用。 $\text{SiO}_2$ 沉淀、交代形成硅质富集就是硅化作用。阳西—西白龙寺、阳东(沙墩头—白善岭)和观山三条逆掩断裂带同羊眼睛扭性断裂带的构造地球化学作用十分相似。现以阳西—西白龙寺逆掩断裂带为例,说明矿体的磨砾岩带是一个去硅作用带。 $\text{SiO}_2$ 由原岩的62—65%,下降到40%左右,接近高岭土矿物的 $\text{SiO}_2$ 含量。磨砾岩带底部的铁硅混杂磨砾岩带和下片理带上部的硅化片状大理岩( $\text{SiO}_2$ 含量达20%以上)呈一个硅质的富集带,主要矿物有蛋白石、玉髓和次生石英,并伴有交代作用(图3)。片理带内的去硅作用和硅化作用较复杂,应力矿物如绢云母、绿泥石和白云母的生成,以及硅质压力影的发育都包含复杂的 $\text{SiO}_2$ 分解、运移和化合的过程。但片理带内无蛋白石和玉髓,仅有石英。

(2) 相对富铝作用: 由于铝硅酸盐矿物经构造去硅作用而使 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 在磨砾岩带中相对富集。图3显示 $\text{SiO}_2$ 的流失量与 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 的相对富集量十分吻合。去硅作用和 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 的相对富集为高岭土成矿创造了物质基础。

(3) 碱质组分的分解和搬运:  $\text{K}_2\text{O}$ 和 $\text{Na}_2\text{O}$ 是硅酸盐矿物中最易分解流失的组分。原岩唵桥组粉砂岩和泥岩平均 $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 含量为3.76%,图3显示绝大部分已流失。碱质的流失和断层岩大量发育绢云母(被称作绢云千枚岩)相关。 $\text{CaO}$ 和 $\text{MgO}$ 原岩平均含量为1.35%,亦大部分流失,但较 $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 变化小(图3-B),尤其在磨砾岩带的底部甚至还有增加,这与蒙脱石的发育相关。这表明 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 离子是在一个复杂的水循环中运移的,而不是简单的淋滤作用。磨砾岩带碱质组分的流失为高岭土成矿提供了介质条件。碱金属离子的存在有利于 $\text{SiO}_2$ 和 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 胶体的分离<sup>[4]</sup>,促进了构造去硅作用和相对富铝作用,因此它们是一个统一的相关的构造-地球化学过程。

① 丁浩华1981年资料。

② 程希翱1981年资料。

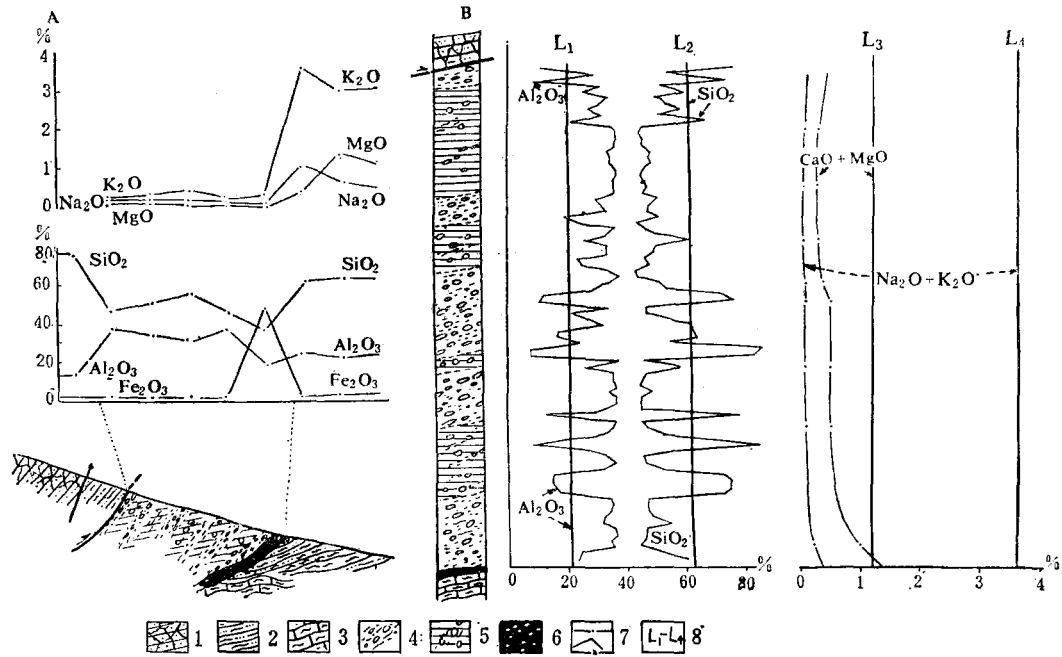


图 3 阳西—西白龙寺逆掩断层带构造-地球化学综合剖面图

(据江苏第四地质队韩克从资料)

1—碎裂岩；2—碎裂和片理化粉砂岩；3—片理化硅化大理岩；4—角砾—磨砾岩（角砾条纹状高岭土）；5—断层泥砾岩（致密状高岭土）；6—铁硅混杂岩；7—岩石化学变化曲线；8—原岩平均化学组分；L<sub>1</sub>—Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>；L<sub>2</sub>—SiO<sub>2</sub>；L<sub>3</sub>—CaO+MgO；L<sub>4</sub>—K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O；A—逆掩断层带构造-地球化学综合剖面图；B—阳西某钻孔磨砾岩带（矿体）的构造-地球化学综合图

Fig. 3. Integrated tectonic-geochemical cross section of the Yangxi-Xibailongsi overthrust zone.

A—Integrated tectonic-geochemical section of the overthrust zone; B—Integrated tectonic-geochemical column of the puddingstone zone at Yangxi (a drilling log).

1—cataclastic rocks; 2—cataclastic and schistose siltstone; 3—schistose rocks; 4—breccia-puddingstone (brecciated-striped kaolin); 5—gouge puddingstone (compact kaolin); 6—ferrosiliceous contaminated rocks; 7—curves of petrochemical variations; 8—average chemical composition of the mother rock. L<sub>1</sub>—Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; L<sub>2</sub>—SiO<sub>2</sub>; L<sub>3</sub>—CaO+MgO; L<sub>4</sub>—K<sub>2</sub>O+Na<sub>2</sub>O.

(4) 褐铁矿化和赤铁矿化：由铝硅酸盐分解释放出来的铁质，被SiO<sub>2</sub>带负电荷的胶体吸附，在铁、硅混杂磨砾岩带沉淀。灰岩附近的pH条件对SiO<sub>2</sub>和Fe<sup>3+</sup>的沉淀极为有利；在条带状构造之间亦经常与硅形成似层状或浸染状的沉淀；在扭性断裂带多见赤铁矿化，把高岭土染成鲜红色。铁质是影响高岭土质量的重要组分，它的搬运和流失对矿石质量极其重要。

(5) 水的构造-地球化学作用：水在动力、动热变质过程中非常重要，它参与岩石的形变和岩石组分的分解、运移、沉淀、交代等作用；参与新矿物的生成；参与了构造岩的形成并对各种形变起着重大影响。磨砾岩带含水10—20%，磨砾岩带富水对高岭石和埃洛石生成起着重要作用，因此水是构造-地球化学作用的桥梁。推覆挤压（或剪切）磨砾岩带排水，形成构造去硅作用和构造去碱作用。构造活动停止，被挤出的水又回流，由于推覆体运动是多次活动，因此造成了推覆构造带内水的循环。所谓淋滤作用由于构造多次活动与逆掩断层的负荷作用，在淋滤过程不仅受断面、构造岩的结构构造和应力矿物的影响，而且受构造应

力及负荷作用所提供的温度和压力的制约,它不同于地表的淋滤作用。所谓风化淋滤过程,仅是构造作用引起水循环的一个部分。灰岩在动力、动热变质作用中以自己的可塑性和易溶性为构造地球化学作用中水循环提供了通道;对若干岩石组分的运转和沉淀起了积极作用。所谓喀斯特溶洞作用对成矿有利不过如此而已。然而灰岩中 $\text{Ca}^{2+}$ 和 $\text{Mg}^{2+}$ 增加,使pH值增高,不利于高岭石的生成而促使磨砾岩底部蒙脱石的发育。近期的实验证明,在适当的温度和压力条件下 $\text{SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ 系统里石英的形成仅在碱性溶液中看到<sup>[9]</sup>, $\text{Ca}^{2+}$ 和 $\text{Mg}^{2+}$ 所形成的碱性环境是 $\text{SiO}_2$ 在铁硅混杂磨砾岩带沉淀及在片理化灰岩顶部的硅交代作用的主要原因。

#### 4. 断裂带内的变质作用及粘土岩化的温度和压力

岩石受力变形,碎裂作用、磨砾岩化作用和糜棱岩化作用增加颗粒的表面能;变晶作用又把部分能量释放出来。片理化和糜棱岩化产生的塑性变形克服内摩擦产生热量,双晶滑动和重结晶亦释放出热能来。多次多阶段的逆掩推覆和多次扭动能把热量集中起来。因此断裂带内最终总是把构造活动的机械能变成热能释放出来。放出来的热能参与了动热变质作用、高岭石的形成和重结晶。

根据上、下片理带内的应力矿物、构造岩的结构构造和实验岩石学方面的资料,说明上下片理带内的温度和压力相似或者接近绿片岩相<sup>[5,9]</sup>。磨砾岩带内磨砾的滚动及水的润滑作用而摩擦小,以及水的循环带走热量等原因,其动热变质作用的温度相对要低。强烈的构造地球化学作用在这里发育,形成大规模的高岭土矿床。图3-B磨砾岩带垂直厚度近百米, $\text{SiO}_2$ 胶体粘度大,因此去硅作用要很大的压力和较高的温度,决非一般的淋滤作用所能达到。因此,推覆挤压时的排水过程是主要的去硅过程;而矿体中似层状、透镜状的玉髓或蛋白石在构造活动间歇中沉淀。

由于逆掩断层的低角度,构造活动间歇的弛张作用不大,在上述温度和负荷压力下晶出的高岭石结晶良好,有序度高,呈显微鳞片状、片状定向排列,平行断面或以一个极小的角度与断面斜交。高岭石的结构是成因环境的产物,反过来它反映了环境的性质<sup>[8]</sup>。

#### 5. 构造成矿作用概要

苏州高岭土的构造成矿作用包括二个内容:其一,所有大小十多个矿床皆受燕山期发育的逆掩断层及扭性断裂的控制,即使斑岩型高岭土矿也不例外;其二,占总储量90%的构造岩型高岭土,是经多次动力变质、动热变质和构造地球化学等综合作用而形成的。成矿以后,构造活动特别是构造地球化学作用仍在进行,不仅有新世代的高岭土形成,而且高岭石可进一步分解, $\text{SiO}_2$ 再次流失而生成三水铝石,在有碱离子的近灰岩的上部生成具有保持胶体环状结构的微晶鳞片状的三水铝石。因此,断裂带内的粘土岩化作为一种成矿作用具有十分复杂而又丰富的内容。它与风化淋滤型粘土矿不同:风化淋滤型矿床没有定向构造,粘土矿物多呈绒絮状结构;密度在1.2—1.7<sup>[8]</sup>;剖面上呈垂直分带;矿物结晶和有序度较低。它与热液型矿床也不相同:热液蚀变是以岩体为中心向外分带;高岭石虽结晶好有序度高,常和叶蜡石和迪开石共生,但无定向构造。因此构造岩型高岭土是粘土矿床的一种新类型。

### 三、热液成矿作用

本区与次火山岩、脉岩有关的热液蚀变有高岭土化、硅化、明矾石化、黄铁矿化、水铝石

化、绢云母化、叶蜡石化和石膏化等等。显然这些蚀变是一个统一的整体，它们与斑岩蚀变型高岭土关系密切。

在阳西矿区北段有石英闪长斑岩和花岗闪长岩的产出，在岩体边缘发育了碱质蚀变带、淡色蚀变带和绿泥石蚀变带，三个蚀变带均呈过渡状态。高岭石蚀变带中残斑型高岭土较发育，其外缘的绿泥石带虽然也高岭土化，但铁质污染严重，甚至使构造高岭土的质量也下降。由新鲜原岩到外缘的绿泥石蚀变带， $\text{SiO}_2$ 和碱质组分逐渐下降，可称作热液去硅、去碱作用。热液去硅作用在西白龙寺最发育，它叠加到构造岩型高岭土之上，形成二次去硅作用，导致矿石普遍贫硅富铝；但热液作用带来了硫，影响了矿石的品位（表2）。阳东矿区有正长斑岩、辉绿玢岩和石英斑岩分布。羊眼睛矿床中就有1米多宽的石英斑岩（图2）。在白善岭坑道内石英斑岩穿入后，边部破裂高岭土化成矿，稍内的碱质蚀变带发育强烈的绢云母化和

表2 阳山矿和青山矿高岭土矿石化学成分对比表

成分(%) 样品地点	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{TSO}_3$	分析单位	备注
阳山	50.14	33.86	0.91	0.88	苏州瓷土公司化验室	9491个样品平均值
青山(阳山北部)	44.44	37.12	1.31	2.00	青山白泥矿化验室	2070个样品平均值

轻微的高岭土化，然而也黄铁矿化而污染矿体（图4），岩石化学成分对比见表3。在观山有石英斑岩和次火山岩流纹斑岩的侵入，流纹斑岩由绢云母化带过渡到斑岩型高岭土，凡是构造破碎强烈的部位，斑岩型高岭土发育就厚。岩石化学成分对比见表4。

斑岩型蚀变高岭土原岩  $\text{SiO}_2$  含量为 79.43—55.93%，经过绢云母蚀变带到残斑状高岭土  $\text{SiO}_2$  含量逐步下降（表3，表4）。去碱作用亦如此。中低温热液蚀变是高岭土成矿的一种地质作用。热液在接触带附近形成热水循环（当然不可避免的有沉积岩中的水参加循环）。这种循环形成一种淋滤浸出作用，使长石等铝硅酸盐发生分解，石英发生溶蚀， $\text{SiO}_2$ 和碱质

组分发生了运移。从薄片及岩石化学组分上看碱质蚀变带也是一个去硅、去碱作用带（表3，表4）。绢云母化只是碱质在运转中被固定下来的一部分。 $\text{SiO}_2$ 的运移与矿区某些地段的硅化作用是相关的。因此，热液去硅作用和相对富铝作用同样是斑岩型高岭土成矿的物质基础。热液中含有大量的硫，不管以还原状态的  $\text{H}_2\text{S}$ ，还是以氧化状态的硫酸和亚硫酸出现，在溶液中都显酸性，在酸性介质中生成高岭石是很适宜的。当然溶液中的  $\text{SiO}_2$  和  $\text{Al}_2\text{O}_3$  能合成高岭石，然而更重要的是火成岩边部发育的热液去硅作用去碱作用后残留的原岩组分原地或准原地生成高岭石，它们仍然保留了原岩的结构构造（图版5，图版6）。

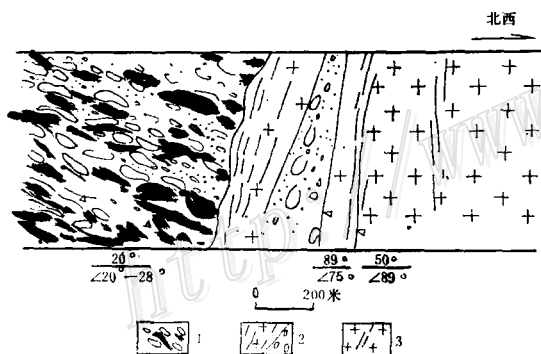


图4 白善岭坑道地质剖面素描图

（据江苏第四地质队韩克从资料）

1—糜砾岩高岭土，2—斑岩型高岭土，3—绢云母化带

Fig. 4. Geological sketch of the Baishanling gallery.

1—kaolin of puddingstone type, 2—kaolin ore of porphyry type, 3—sericitization zone.

去硅作用的残留物玉髓、蛋白石和次生石英却屡见不鲜。

表3 阳东石英斑岩与斑岩型高岭土岩石化学成分对比表

名称	成分(%)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	TiO <sub>2</sub>	MnO	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	烧失	备注
石英斑岩		79.43	13.00	0.67	0.26	0.12	0.02	0.15	0.20	3.79	0.07			原岩
绢云母化石英斑岩		72.72	16.75	1.73	0.24	0.20	0.01	0.48	0.08	0.66	0.70	0.192	6.73	碱质蚀变带
斑岩型高岭土		45.36	26.73	0.37				0.36	0.07					淡色蚀变带

表4 观山次流纹斑岩与斑岩型高岭土岩石化学成分对比表

名称	成分(%)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	TiO <sub>2</sub>	MnO	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	T <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	备注
次流纹斑岩		72.13	16.36	1.84	0.20	0.67	0.03	0.28	0.30	3.07	0.11	0.28		二个样的平均值
斑岩型高岭土		52.61	32.28	1.03	0.08	0.94	0.02	0.15	0.11	0.22	0.02	0.21	1.20	10个样的平均值

沿着磨砾岩和糜棱岩的带状构造之间流动的热液，对构造岩型高岭土的成矿起了积极作用。但由于热液含硫，其还原态往往在流动中以黄铁矿的形式沉淀下来，其氧化态往往与游离态的碱质沉淀下来生成明矾石。黄铁矿和明矾石不仅降低了矿石品位而且选矿困难。酸度增大还会造成高岭石的再分解，硅的再流失和高铝矿物水铝石的发育。由于热液活动的范围内留下黄铁矿和明矾石，可据此确定热液活动的范围。

斑岩型高岭土主要粘土矿物为高岭石，在长石假象的孔隙间有埃洛石的形成。

次火山岩、脉岩受上述断裂构造的控制，热液活动也必然沿着断裂构造发育，构造岩的条带构造和火成岩的破碎部位是其有利活动的场所。热液成矿作用是以热液运动为前提，而热液运动是以构造活动为动力<sup>[11]</sup>。因此，构造活动是高岭土成矿的必要条件。

#### 四、成矿物质来源问题

苏州高岭土的成矿物质来源，看法较为统一，其中包括两大类：①二叠系下统埭桥组的粉砂岩和页岩与上侏罗统中酸性火山岩是构造岩型高岭土的成矿母岩；②燕山期次火山岩和脉岩为斑岩型高岭土的成矿原岩。

逆掩断层带的断层岩是一种混杂岩，厚度很大，含有外来岩块。其中砂页岩和火山岩经磨砾岩化和糜棱岩化后，经长期的构造地球化学作用成矿。矿体中发现蚀变的孢粉；灰黑色染色物质来自沉积岩的有机质，在60℃以上即挥发，酸处理后显示植物组织的残余；磨砾及岩石碎块尚保持沉积岩的层理，在镜下有的还保持原沉积岩的碎屑结构。在观山构造岩型矿体中见火山岩碎屑，如石英晶屑；角砾中尚见流纹岩的流动构造；某些火山玻璃的石泡构造的残余尚清晰可辨；在镜下某些火山岩的碎屑结构尚能辨认。因此，构造岩型高岭土的母岩是埭桥组沉积岩和上侏罗统火山岩，逆掩断层正好发育在这个部位。

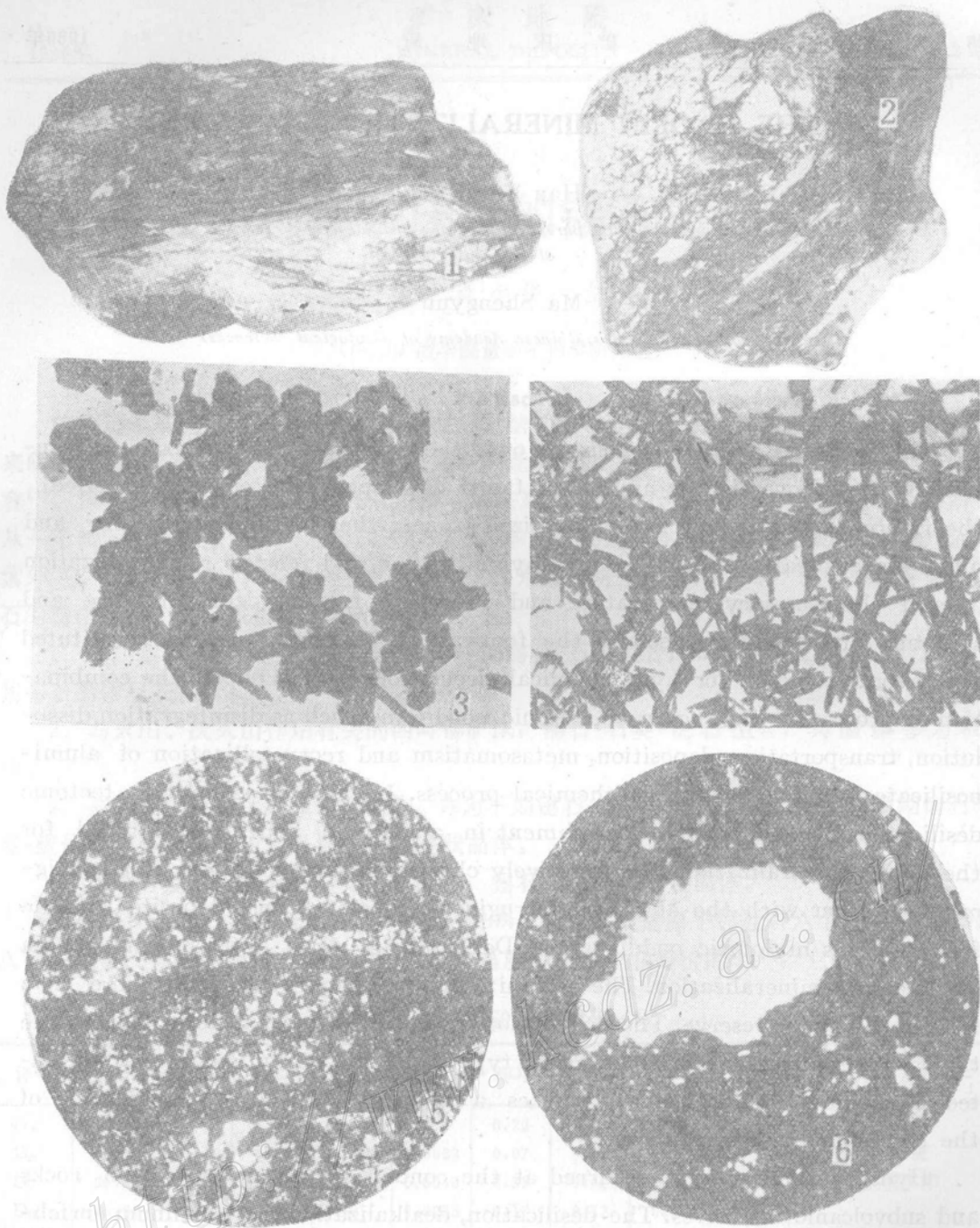


斑岩蚀变型高岭土矿体周围经常看到相等于母岩的次火山岩和脉岩，矿石内保持斑状结构的残余，有的长石晶形完整，石英遭受溶蚀（图版5.6）；有些石英晶体具六方双锥，但仅见于花岗斑岩和石英斑岩之中。

### 参 考 文 献

- 〔1〕 祝炳和、殷之文 1958 苏州阳西高岭土的工艺性质及矿物类型 硅酸盐 第2卷第2期
- 〔2〕 张天乐、王宗良 1978 中国粘土矿物的电子显微镜研究 地质出版社
- 〔3〕 王嘉荫 1978 应力矿物概论 地质出版社
- 〔4〕 Ф. В. 丘赫洛夫 (肖序刚等译) 1965 胶体矿物学原理 科学出版社
- 〔5〕 F. J. 特纳等 (周金城译) 1978 变质构造岩的构造分析 240—254页 地质出版社
- 〔6〕 Spry, A., 1969, *Metamorphic Textures*. Pergamon Press. pp. 227—249.
- 〔7〕 Bates T. T. et al., 1950, *Morphology and structure of endellites and halloysites*. *Am. Min.*, 35, pp. 463—484.
- 〔8〕 Keller, W. D., 1982, *Kaolin—A most diverse rock in genesis, texture, physical properties, and uses*. *Geol. Soc. Am. Bull.*, Vol. 93, No. 1, pp. 27—36.
- 〔9〕 Мицюк М. Б., 1980, Влияние давления на превращение метастабильных фаз кремнезема в кварц в воде и в растворах HCl при температуре 200°C, *Геохимия*, 6, Изд. «Наука».
- 〔10〕 Казанский В. И., 1962, О метаморфизме горных пород в зонах некоторых разломов малого хингана. *Геол. Руд. Месторожд.* 6, Стр. 19—32.
- 〔11〕 Звягинцев Л. М., 1978, Деформация горных пород и эндогенное рудообразование. М. «Наука».

<http://www.kcdz.ac.cn/>



### 图版说明

1. 糜棱岩型高岭土  
透镜状磨砾分布于糜棱岩的带状构造间，黑色为有机质（原大的3/4） 产于阳山
2. 细磨砾岩-糜棱岩型高岭土  
细磨砾岩（上部）和糜棱岩（下部）表现了清晰的构造岩分带现象（原大的3/4） 产于米堆山（阳东）的白善岭
3. 高岭石为晶形良好的六方片状和少量的变埃洛石的管状颗粒 ×10000 产于阳山
4. 埃洛石呈破裂的管状颗粒，管子末端展开呈薄片状 ×12900 产于观山
5. 斑岩型高岭土  
已完全高岭土化的长石斑晶保留了板状外形，斑晶及基质中除了高岭石、埃洛石外，尚有次生石英 正交×40 薄片号码 1000-32 产于观山
6. 斑岩型高岭土  
石英斑晶被蚀，长石因强烈高岭土化外形基本消失与基质联成一片，基质由高岭石、埃洛石和石英组成，尚有少量的黄铁矿和明矾石 正交×40 薄片号码 1150-2 1产于观山

## ON THE KAOLIN MINERALIZATION IN SUZHOU

Han Kecong

*(No. 4 Geological Party, Bureau of Geology and Mineral Resources  
of Jiangsu Province)*

Ma Shengyun

*(Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences)*

### Abstract

The Suzhou Kaolin is famous all over the world. The ore deposits are controlled by the overthrusts and shear faults developed in Yenshanian period; the fracture zone is just the mineralized zone; the long-term thrusting and multi-stage shearing, sheet loading, mylonitization and related recrystallization offered the necessary temperature and pressure; fracture zone, texture and structure of tectonite, especially the footwall of calcareous rock, constituted the favorable media for hydrochemical circulation. In this paper, the combination of processes resulting from tectonic conditions such as disintegration, dissolution, transportation, deposition, metasomatism and recrystallization of aluminosilicate is called tectono-geochemical process. In this process, the tectonic desilication and the relative enrichment in aluminium provided material for the kaolin mineralization. the negatively charged silicate colloform usually migrated together with the absorbed ferruginous substance and deposited in the ferri-siliceous mylonitic puddingstone. Depletion in alkali offered acid media for kaolinite mineralization. The tectonite type of kaolin contribute more than 90% of the total reserve. The orientation structure of ores is regarded as the typical characteristic of the tectonite type of kaolin. Scaly kaolinite are oriented. Each model of formation generates a distinctive texture characteristic of the corresponding environment.

Hydrothermal activity occurred at the contact zones of both vein rocks and subvolcanic intrusives. The desilication, dealcalization and aluminum enrichment caused by the hydrothermal circulation are also called the tectonic geochemical process. The porphyry type of kaolin is developed at the leucoaltered contact zone. Alunite and pyrite are always associated with the kaolinite, thus lowering ore quality.

In summary, the tectonic mineralization and hydrothermal circulation are the main processes of kaolin mineralization in Suzhou. The hydrothermal circulation, however, is limited in scope, and the related porphyry type of kaolin makes up only about 10% of the total reserve.