

# 江西泰和第四纪红色粘土的矿物特征

蒋梅茵

(中国科学院南京土壤研究所)

第四纪红色粘土在我国南方分布很广,最典型的分布在华中岗地上,土层较厚,上部土质均匀,下部具有红白网纹并含砾石,大都是中更新世的洪积—冲积或残积—坡积物,笔者认为可能是间冰期比较暖热气候条件下的产物。熊毅早就指出:各地环境殊异,地形复杂,母岩不同,其理化特征将随之而异。第四纪红色粘土来自不同的堆积相,和经受不同的风化和成土过程,这将在矿物组成方面反映出来。土壤普查的结果表明,第四纪红色粘土按其分布的地形部位,成因和物质来源,可分成两类:一类是残积坡积相,为中更新世较早的暗红色沉积物,即 $Q_2$ ;另一类是冲积相,为中更新世较晚的红化程度较轻的淡红色沉积物。它们都经历了中更新世至今的成土过程<sup>1)</sup>。为了查明它们的差异,并有助于第四纪沉积物的研究,笔者用部分标本进行矿物分析,并对初步结果进行讨论。

## 一、试验样品

泰和县位于赣中吉(安)泰(和)盆地的中部,年平均气温 $18.6^{\circ}\text{C}$ ,年平均降雨量 $1378.5$ 毫米,具典型的中亚热带生物气候特征。干湿季节明显,冬季温凉干旱,夏季炎热潮湿,这种高温多雨,湿热同季的气候,有利于铝硅酸盐矿物强烈风化、分解和生物质的快速循环。

研究样品分属四个剖面(表1),剖面1、2属于残积坡积相的暗红色沉积物质,主要分布在低丘陵地带。剖面1为砾石质红壤,砾石的大小,形状和岩性都不同。剖面2中网纹较为发达,以管状网纹为主。剖面3和4系冲积相淡红色沉积物质,分布于赣江边二级阶地及岗地上,表土层较薄,心底土为均一的橙色粘实土层,棱块状或小块状结构,在剖面不同深度内有黄红及灰白色交织的蠕虫状网纹层。自然植被为稀疏马尾松和茅草。野外有时可见冲积相的第四纪红粘土直接盖覆于残积—坡积相红粘土上。

## 二、研究方法

试样用 $0.5N\text{NaOH}$ 将pH调节至 $7.4$ ,经超声波分散,用沉降法分离出小于 $2$ 微米的细粒,并进行以下各种测定:阳离子交换量用醋酸铵法,比表面用乙二醇乙醚吸附

1)江西省泰和县土壤普查办公室,1981,泰和县土壤(初稿)。

法, 游离氧化铁用柠檬酸钠-碳酸氢钠-连二亚硫酸钠提取, 提取液中的铁用邻菲罗啉比色法测定。X-射线分析制样采用镁饱和的甘油水溶液和钾饱和的水溶液薄膜法。差热、热重分析用日本岛津DT-30B热分析仪测定。

表 1 第四纪红色粘土的理化性质

Table 1 Physical and chemical characteristics of the Quaternary red clays

沉积物	剖面号	地形	颜色	深度 (厘米)	pH (H <sub>2</sub> O)	颗粒分布(微米%)				
						>100	100—50	50—10	10—2	<2
暗红色粘土	1	低丘陵	亮红棕—红棕	0—20	4.9	21.8	4.6	27.2	9.3	37.1
				20—60	4.9	16.8	4.5	26.3	8.1	44.3
				60—100	5.0	18.6	4.3	30.0	8.6	38.4
(残积坡积相)	2	低丘陵	亮红棕—红棕	0—20	4.3	20.7	1.8	16.7	4.4	56.4
				20—52	4.3	7.1	1.9	20.1	6.8	64.0
				52—80	4.0	5.1	2.4	18.5	4.8	69.2
淡红色粘土	3	岗地	橙	0—20	5.0	13.5	2.5	21.4	8.8	53.8
				50—70	4.4	17.3	2.5	23.1	8.3	48.8
				70—120	4.8	14.6	2.5	25.7	9.7	47.5
(冲积相)	4	岗地	橙	0—22	4.6	17.1	6.8	27.0	9.6	39.5
				52—80	4.7	7.3	5.2	32.0	11.8	43.7
				100—130	5.0	22.3	5.1	31.8	10.5	30.3

粘土矿物的定量用Alexiade和Jackson提出的系统定量法。其中非晶物质用0.5N NaOH煮沸2.5分钟, 测定提取液中的SiO<sub>2</sub>和Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的量, 14 Å 过渡矿物的定量用400℃加热脱羟基, 然后用0.5N NaOH提取层间铝, 再计算成理论绿泥石当量。高岭石的定量是先在550℃加热脱羟基, 再用0.5N NaOH溶解的方法。水云母的定量以K<sub>2</sub>O含量取参数为9%来计算。

原生矿物鉴定的样品取自各层的10—50微米部分, 用三溴甲烷(比重2.9)分离出轻重矿物两部分, 在偏光显微镜下鉴定。

### 三、原生矿物的成分及含量

根据土壤和沉积物中原生矿物的重矿物分析可以推论沉积物的来源。为认识吉泰盆地的两种沉积物是否同一母质来源, 提取出试样中的轻、重矿物, 分别以重量百分数表示, 而每一部分中的各种矿物含量则以这部分的颗粒百分数表示(表2)。分析结果表明: 轻矿物占97.1—98.6%, 绝大部分为石英, 只有极微量的正长石, 说明土壤的风化程度较高。重矿物含量虽小, 但种类颇杂, 主要是不透明矿物, 其次是铁镁矿物及电气

表 2 第四纪红色粘土中10—50微米部分的原生矿物组成<sup>1)</sup>Table 2 Composition of primary minerals of the 10-50 $\mu$  fraction in the Quaternary red clays

沉积物	剖面号	深度 (厘米)	轻矿物含量 (%)	重矿物含量 (%)	重矿物 <sup>2)</sup> 风化指数	重矿物(比重>1.9)(%)								
						角闪石	透闪石	辉石	电气石	锆英石	磷石	绿帘石	云母	不 <sup>3)</sup> 透明矿物
暗红色粘土	1	0—20	98.6	1.4	2.4	8.7	0.9	1.3	17.8	6.0	1.2	1.1	2.5	60.5
		20—60	98.5	1.5	2.5	9.4	0.5	0.8	19.8	6.1	0.9	2.0	1.7	53.8
		60—100	98.2	1.8	2.0	10.4	1.0	1.2	17.5	6.0	0.9	1.2	1.7	60.1
	2	0—20	97.1	2.9	2.7	7.4	3.0	1.6	19.0	5.1	0.8	3.4	3.6	56.1
		20—52	97.4	2.6	2.4	8.8	1.6	1.6	19.4	5.2	1.2	2.7	2.7	56.8
		52—80	97.2	2.8	2.6	8.4	1.8	1.2	19.5	5.4	1.1	1.8	1.2	59.6
淡红色粘土	3	0—20	98.0	2.0	0.9	21.5	1.4	2.0	11.7	8.8	1.6	2.0	1.0	50.0
		50—70	98.0	2.0	0.8	19.5	1.8	1.6	9.4	7.2	1.5	1.8	1.6	56.6
		70—120	98.0	2.0	0.9	18.5	1.0	1.1	10.0	6.9	1.4	1.2	0.8	59.1
	4	0—22	98.0	2.0	1.1	16.8	0.9	1.9	12.6	7.6	1.9	1.6	2.6	45.1
		52—80	98.3	1.7	1.0	17.6	1.0	1.5	11.3	7.4	0.9	1.0	1.5	57.8
		100—130	98.2	1.8	1.0	19.4	1.0	1.1	13.6	7.7	1.5	1.4	3.3	51.0

1) 罗家贤同志分析

2) 重矿物风化指数 =  $\frac{\text{锆英石} + \text{电气石}}{\text{角闪石} + \text{辉石}}$ 

3) 以铁铁矿为主

石和锆英石等。从两种沉积物中重矿物的主要种类相同这一点来看,可以推断它们的物质来源基本相同。易风化的角闪石和难风化的电气石的含量有差别。在残积-坡积的暗红色沉积物(剖面1、2)中,角闪石只占7—10%,电气石占17—20%;而在冲积成因的淡红色沉积物(剖面3、4)中则相反,角闪石和电气石的含量分别是17—22%和9—14%。因而,重矿物风化指数也不一样,剖面1、2为2.0—2.7,剖面3、4为0.8—1.1。由此可见,残积-坡积相的暗红色沉积物似乎比冲积相的淡红色沉积物风化程度深。

#### 四、粘粒矿物组成

两种沉积物中<2微米粒级的粘粒矿物皆由高岭石、14Å过渡矿物、水云母及铁铝氧化物组成。但暗红色沉积物中的高岭石含量稍高。剖面1表层粘粒中高岭石含量为32%,剖面2为33%,剖面3和4的淡红色沉积物则含量较低,分别为27%和25%(图1、

表3 表层粘粒的矿物组成(%)

Table 3 Mineral composition of clay grains in the superficial layer (%)

沉积物	剖面号	无定形		游离 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	非晶质 <sup>1)</sup>	高岭石	水云母	14 Å 过渡矿物
		Si <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>					
暗红色	1	5.1	4.7	7.9	11	32	29	17
沉积物	2	7.3	7.1	9.7	16	33	23	18
淡红色	3	8.7	7.9	6.9	18	27	21	24
沉积物	4	8.4	7.8	6.9	18	25	21	23

1) 非晶质 = SiO<sub>2</sub>% + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>% + 10%H<sub>2</sub>O

3、4, 表3)。根据几个样品的电镜照片中未发现有管状矿物, 初步认为图1中的7.1 Å 衍射峰是高岭石。

四个剖面各层土壤的pH为5—4, 硅铝率为2.2—2.4(表4), 粘粒部分未见三水铝石, 仅见一层间铝的14 Å 过渡矿物, 因而这两种沉积物的富铝化作用不如赤红壤高。14 Å 过渡矿物可看作绿泥石化蛭石, 广泛分布于酸性土壤中, 它的性质介于绿泥石与蛭石之间。在衍射图谱中具有14 Å 的衍射峰, 在加热和用钾饱和时, 抗收缩能力比蛭石强, 但比绿泥石弱。从图2中可看出, 这种矿物虽经钾饱和并加热至300℃, 晶层往往只能收缩到10.4—10.6 Å, 因层间有非交换性的带正电荷的羟基铝离子存在。此外, 可用化学方法去除层间物质, 当粘粒用0.5N NaOH去除非晶质后, 阳离子交换量明显地增加, 可能是由于14 Å 过渡矿物的层间羟基铝离子也同时被提取, 而释放出负电荷点。粘粒阳离子交换量的提高似与14 Å 过渡矿物和非晶质含量有关。淡红色沉积物中非晶质和14 Å 过渡矿物的含量都较多, NaOH处理后阳离子交换量增加幅度亦大, 比暗红色沉积物高(表5)。

可见, 这两种沉积物在粘粒矿物组成上也有差异。剖面1, 2的高岭石稍多及14 Å 过渡矿物含量似比剖面3、4略少, 或可说明暗红色沉积物的风化作用较淡红色沉积物为深。

四个剖面网纹层的<2微米粘粒去铁处理后的X-射线衍射图谱(图1)说明网纹层的粘土矿物组成与其上覆层的土壤相似, 网纹颜色的不同只反映氧化铁含量的变化。

## 五、游离氧化铁的研究

第四纪红色粘土的粘粒中含有较多的游离氧化铁。剖面1—4的表层粘粒(<2微米)分别含游离氧化铁7.9%、9.7%、6.9%及6.9%。暗红色沉积物的游离氧化铁占全部氧化铁69—77%; 淡红色沉积物的游离氧化铁占全部氧化铁59—73%(表4)。此外, 还测定了各个粒级中的游离氧化铁含量。土壤粒级依次为: 100—50、50—10、10—2和<2微米, 其游离Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>%依次为: 0.3±0.1、0.8±0.6、1.0±0.3和8.3±1.1%(12

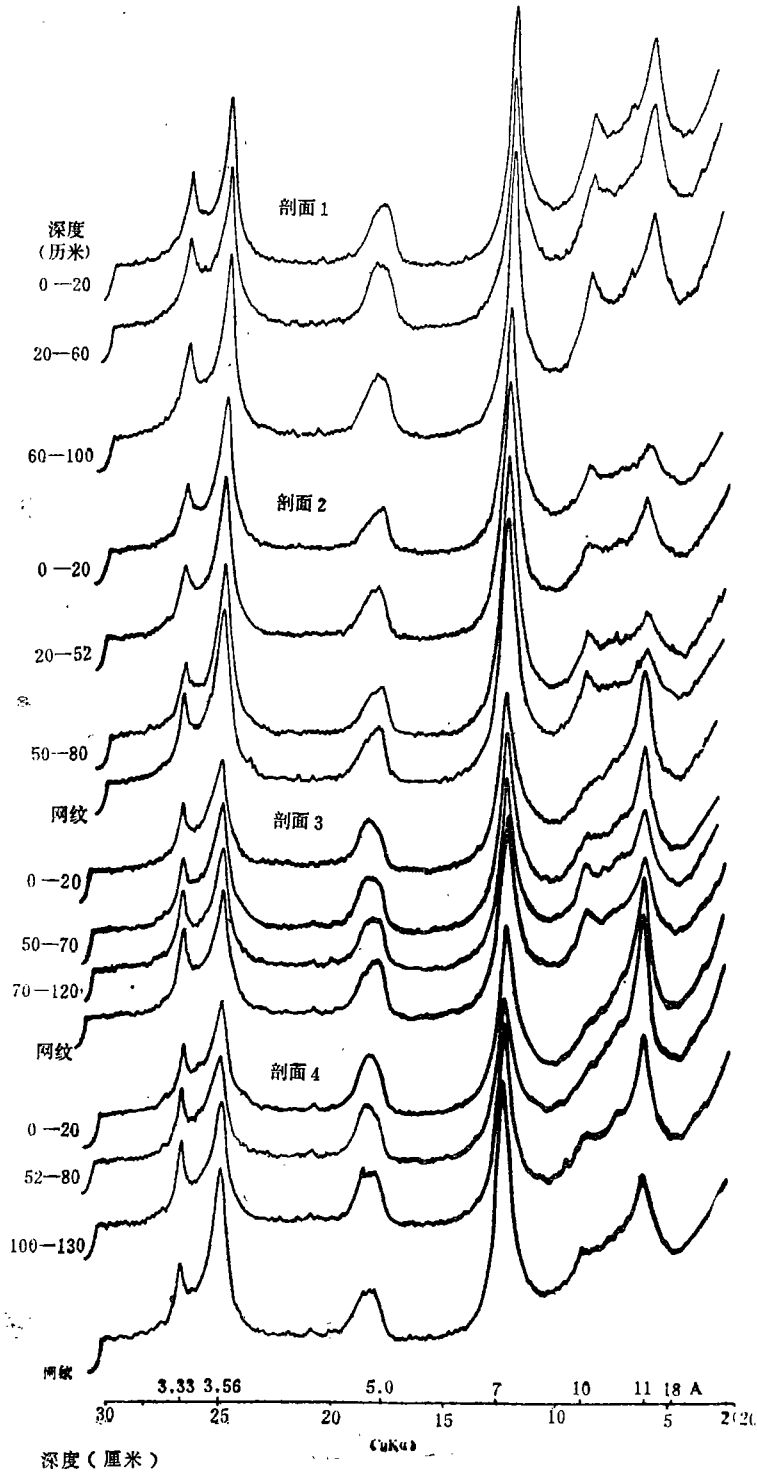


图 1 第四纪红色粘土粘粒 (< 2 微米) 部分的 X-射线衍射图谱  
 Fig. 1 X-ray diffraction patterns of clay fractions (< 2 μ) in the Quaternary red clays

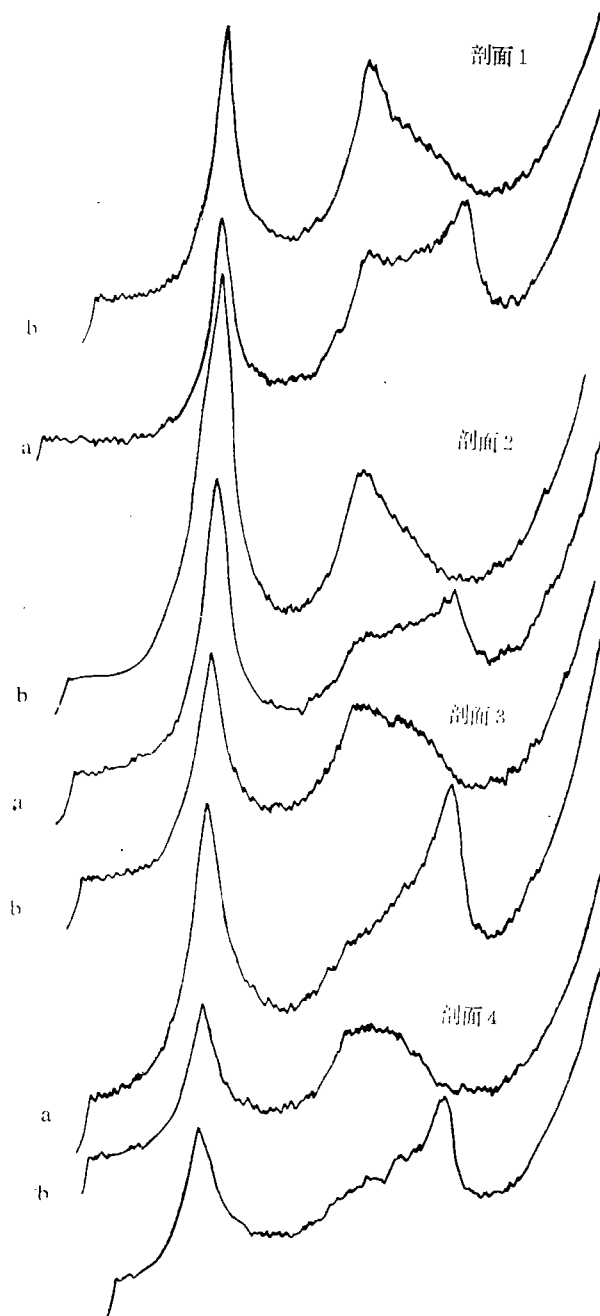


图2 表层粘粒的X-射线衍射图谱

Fig. 2 X-ray diffraction patterns of clay fractions in the superficial layer

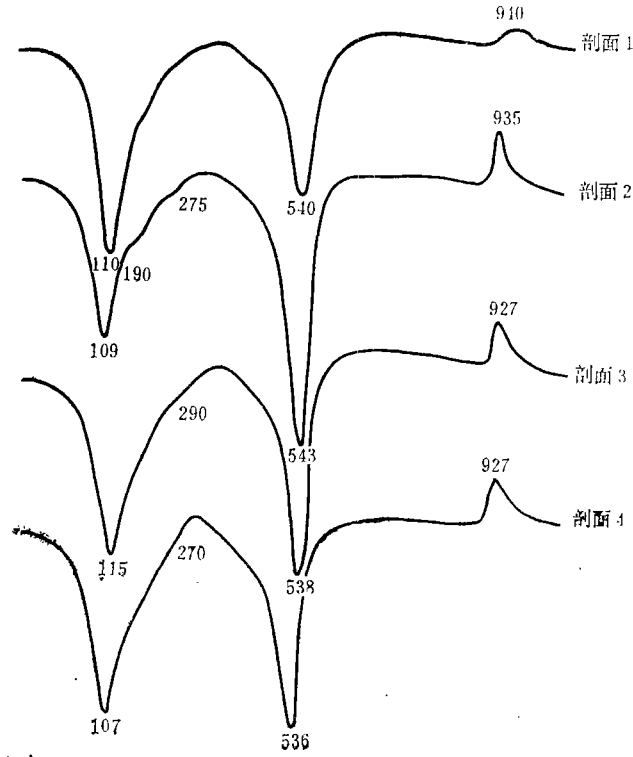


图 3 表层粘粒 (< 2 微米) 的差热曲线

Fig. 3 DTA curves of clay grains (< 2 μ) in the superficial layer

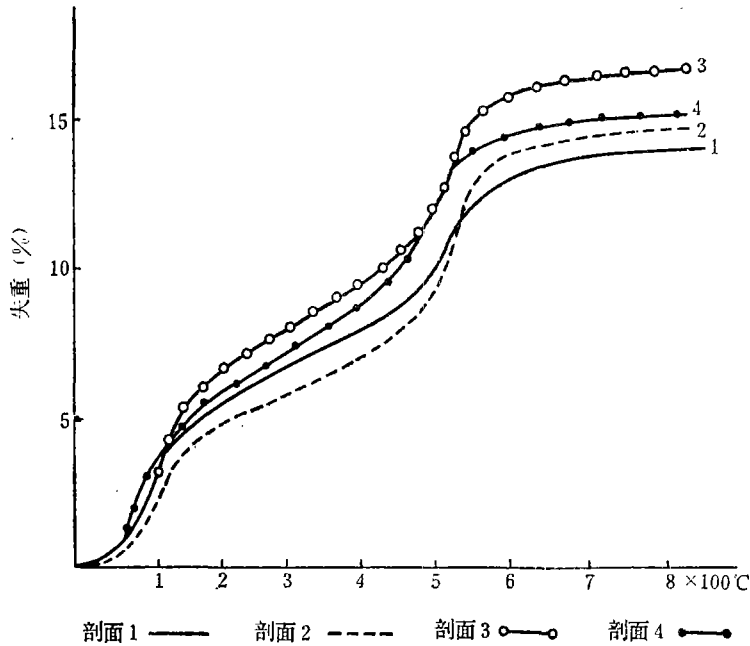


图 4 表层粘粒 (< 2 微米) 的失重曲线

Fig. 4 Weightlessness curves of clay grains (< 2 μ) in the superficial layer

表4 粘粒 (&lt; 2微米) 的氧化铁和阳离子交换量

Table 4 Cation exchange capacity and iron oxide content of clay (2 $\mu$ )

沉积物	剖面号	深度 (厘米)	游离Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	游离铁	阳离子交换量 (毫克当量/100克)	SiO <sub>2</sub> <sup>1)</sup> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
				全铁(%)		
暗红色沉积物	1	0—20	7.9	69.1	16.3	—
		20—60	9.3	75.8	17.2	—
		60—100	9.2	77.0	19.6	—
	2	0—20	9.7	75.2	15.8	2.18
		20—52	9.6	75.5	16.1	2.22
		52—80	9.3	75.0	16.7	2.18
淡红色沉积物	3	0—20	6.9	60.1	18.4	2.26
		50—70	7.6	71.4	17.7	2.29
		70—120	8.2	68.2	19.3	2.32
	4	0—22	6.9	61.6	18.1	2.31
		52—80	6.5	59.3	17.4	2.32
		80—130	9.3	73.8	17.7	2.43

1) 引自周明枞同志的未发表数据

表5 表层粘粒的阳离子交换量(每百克的克当量)

Table 5 Cation exchange capacity of clay in the superficial layer (m.e./100g)

沉积物	剖面号	pH 5		pH 9		未去非晶物质	去非晶物质
		未去铁	去铁	未去铁	去铁		
暗红色 沉积物	1	17.6	13.3	18.7	14.0	16.3	25.8
	2	16.5	12.9	18.2	14.2	15.8	24.3
淡红色 沉积物	3	19.1	14.1	20.5	14.7	18.4	29.6
	4	17.4	11.0	19.7	14.5	18.1	30.0

个标本的平均值 $\pm$ 标准差)。第四纪红色粘土中的游离氧化铁主要集中在< 2微米粒级中, 约占全部游离氧化铁的90%左右。

< 2微米粒级的阳离子交换量似与矿物的组成有关。剖面1和2表层粘粒的阳离子交换量分别为每百克16.3和15.8毫克当量, 而剖面3和4略高, 为每百克18.4和18.1毫



克当量。pH = 5 和 pH = 9 时的阳离子交换量都有这样的趋势，可能说明暗红色沉积物的负电荷比淡红色沉积物稍低。从表 5 可以看出，粘粒阳离子交换量随 pH 的升高而略有增加。但在 pH = 5 和 9 时，去除游离氧化铁后，粘粒的负电荷都降低，可能是去除游离氧化铁时使胶体表面遭受一定的破坏所致。

游离氧化铁以胶膜状包裹在矿物颗粒的外表，并影响胶体的表面性质。从表 6 可看出，剖面 1, 2 表层粘粒的比表面为 173 和 170 米<sup>2</sup>/克，而剖面 3, 4 为 194 和 192 米<sup>2</sup>/克，去除游离氧化铁后，两种沉积物的比表面都减小，特别是淡红色沉积物的比表面减少得更多。根据胶体中游离氧化铁的含量和去除氧化铁后表面积的减少量，可换算出游离氧化铁的表现比表面。剖面 1、2 表层粘粒的游离氧化铁的表现比表面为 146 和 180 米<sup>2</sup>/克，游离氧化铁可能以胶膜状包裹在粘土矿物的外表，其比表面似与其所掩盖的粘土部分差不多。剖面 3、4 的游离氧化铁的表现比表面为 374 和 400 米<sup>2</sup>/克，较其掩盖的比表面为大。看来，淡红色沉积物中的游离氧化铁活性较大，颗粒分散程度也较高。从老化程度来说，暗红色沉积物可能要高于淡红色沉积物。

综上所述，泰和地区的第四纪红色粘土。分成残积-坡积相的暗红色沉积物，冲积相的淡红色沉积物。前者的矿物风化程度较深，后者则相反，角闪石含量比前者高，而电气石高岭石和游离氧化铁的含量都较低，淡红色沉积物中游离氧化铁的活性，分散度和比表面都较高。

表 6 表层粘粒的比表面 (米<sup>2</sup>/克)

Table 6 Specific surfacel area of clay in the superficial layer (m<sup>2</sup>/g)

沉积物	剖面号	未处理	去铁	游离氧化铁的表现比表面
暗红色沉积物	1	173	162	146
	2	170	153	180
淡红色沉积物	3	194	169	374
	4	192	164	400

此项工作在熊毅教授和许冀泉副教授指导下进行。野外工作中得到周明枏等同志的帮助，特此致谢。

(收稿日期 1983 年 9 月 9 日)

### 参 考 文 献

- [1] 熊毅, 1944, 江西更新统粘土之性质及其生成, 地质论评, 9 卷 1—2 期, 109—120.
- [2] 熊毅, 1952, 由更新统沉积物的胶体矿物分析试论第四纪气候, 地质学报, 32 卷, 26—41.
- [3] Alexiades, C. A. and Jackson, M. L., 1966: Quantitative clay mineralogical analysis of soils and sediments, Clays Clay Miner., 14: 35—52
- [4] Jackson, M. L., 1964: Soil clay mineralogical analysis in C. L. Rich and G.

- W. Kunze (eds). Soil Clay Mineralogy. p.245-294. The University of North Carolina Press Chapel Hill.
- [5] Herrera, R. Garcia, Miragaya, J. and Mayorga, O. 1980, Effect of the removal of free iron oxides on the cation exchange capacity at various pH's and surface area of two alfisols and oxisol from Venezuela. *Agrochimica* Vol. 24: p. 5-6, 403-409.

## MINERALOGICAL PROPERTIES OF THE QUATERNARY RED CLAYS IN TAIHE REGION, JIANGXI PROVINCE

Jiang Meiyong

(Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing)

### Abstract

The Quaternary red clays which may probably belong to respective sedimentary facies are widely dispersed in South China. The period of the Quaternary red clays has been divided in middle Pleistocene (Q2). They are characterized by red color, clayey texture, mottling in the bottom layer and boulder in the lower part.

According to the geomorphology, the genesis and origin of materials, the Quaternary red clay sediments in the Taihe region, Jiangxi Province, may be divided into two types: one (profile 1, 2) is dark red material of residual and slope deposits of early middle Pleistocene which sedimented earlier, the other (profile 3, 4) is light red alluvial material, which sedimented later. Both of them have undergone a soil-forming process since middle Pleistocene until now. It can be seen from the composition of heavy minerals in the 10-50  $\mu\text{m}$  fractions that the dark red clay sediments contain 7-10% hornblende and 17-20% tourmaline, while the contents of the two minerals in light red ones are 17-22% and 9-14% respectively. It can also be seen from the composition of the minerals of the  $< 2 \mu\text{m}$  fractions that the dark red sediments have little more kaolinite and free iron oxides, less 14Å transitional minerals and noncrystalline materials than the light red ones. The activity of free iron oxide, the dispersity and specific surface area are greater in light red sediments than those in dark red ones.

The X-ray diffraction patterns of the clay particles in mottling layer after the treatment of removing iron indicate that the mineral composition in mottling layer ( $< 2 \mu$ ) is similar to the soil in the upper layer and that the difference in the colour of the mottles only reflects the various contents of free iron oxide.

According to the study of mineralogy, there is a difference in the degree of weathering and soil forming between the two sediments of Quaternary red clays, the weathering degree of dark red sediments is greater than that in the other. The red clay must be compared with the soils which were developed from igneous rock, when a thorough investigation is made,