

江西九江泰和第四纪红土成因的比较研究*

胡雪峰

龚子同

(华东师范大学地理系, 上海 200062)

(中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

摘要 通过对江西九江和泰和第四纪红土的形成环境、粒度组成、稀土元素地球化学特性和石英微形态特征的研究, 探讨两地第四纪红土的成因。结果表明: 地处红黄土交接带的九江地区的第四纪红土, 具有与下蜀黄土相似的风成特性, 系风积成因; 而位于吉泰古盆地的泰和地区的第四纪红土, 具明显的冲积相特征, 应为河流冲积成因。

关键词 第四纪红土, 风积成因, 冲积成因

中图分类号 S159

在我国, 以富铝化为主要特征的红色风化壳主要分布于 30°N 以南地区, 但埋藏古红色风化壳的北界可达 45°N ^[1]。根据来源不同, 红色风化壳可分为花岗岩上发育的、玄武岩上发育的、石灰岩上发育的和第四纪红土上发育的四类^[2]。也有人认为, 第四纪红土本身就是风化壳, 红色风化壳可概括为母岩上发育的红色风化壳和第四纪红土两大类^[3]。母岩上发育的红色风化壳是残积相的, 未经外力的搬运, 其物质源于母岩。而第四纪红土是风化物质经外动力搬运后, 沉积而成的红土地层, 与其下的基岩无发生学上的联系。因而长期以来对第四纪红土的物质来源、搬运过程和外动力类型有种种的解释: 早期学者认为^[3~5], 部分第四纪红土是在冰碛物上发育而来的, 因沉积时常有冰块夹杂, 使冰块附近的土壤受低温渍水作用时间较长, 铁质产生分异, 从而形成红白交织的网纹。但目前多数学者认为^[1]第四纪红土是水成的, 是由高处古土壤和古风化壳被流水冲刷而下在河谷和低平处沉积而成。最近又有人提出^[6,7], 安徽宣州一带的第四纪红土系风力搬运而成, 与下蜀黄土是同源物质, 可称为下蜀红土。本文运用第四纪研究方法, 对江西九江、泰和两地第四纪红土的成因进行研究, 探讨我国南方不同地区第四纪红土的成因及其规律。

1 材料和方法

1.1 研究地区的自然条件概况

江西省九江市位于江西省北部, 南背庐山, 北饮长江, 东邻鄱阳湖。地处北纬 $29^{\circ}47'$, 东经 $116^{\circ}10'$ 。年平均气温 17.0°C , 七月平均气温 29.4°C , 一月平均气温 4.1°C 。九江在自然区划上属中亚热带红壤带的

*国家自然科学基金重点项目(49831004), 中国科学院特别支持项目(90科技发字0854号)

收稿日期: 1999-09-24; 收到修改稿日期: 2000-04-15

北缘,北亚热带黄棕壤的南缘,属红黄土交接带,红土和下蜀黄土在本区均有分布。

江西省泰和县地处北纬 $26^{\circ}44'$,东经 $115^{\circ}04'$ 。泰和县东部、南部和西部,山峰林立,地势高峻;但中部地势较低,形成著名的吉泰盆地。赣江自南向北流动,贯穿中部。本区属中亚热带红壤区,年平均气温 18.6°C ,七月平均气温 29.7°C ,一月平均气温 6.5°C 。

1.2 研究剖面

九江剖面,代号 PJ,位于九江市新港镇的长邻村;泰和剖面,代号 PT,位于泰和县上田乡东岗府。剖面 PJ 和 PT 的形态特征描述见表 1 和表 2。

表1 九江PJ剖面形态特征描述

Table 1 Morphological features of Profile PJ, Jiujiang, Jiangxi Province

剖面代号 Symbol of profiles	深度 Depth (cm)	颜色 Colour	形态特征描述 Morphological features
PJ	0~60	10YR6/8 亮棕色	下蜀黄土层。现代土壤层,疏松,有大量植物根须,粒状结构。
	60~220	10YR6/8 亮棕色	下蜀黄土层。紧实,少量植物根须,棱块状结构,结构体坚硬。
	220~310	10YR7/6 亮棕色	下蜀黄土层。紧实,棱块状结构,结构面上有大量黑色锰斑和暗红色铁胶膜,结构体坚硬。
	310~350	2.5YR4/8 红棕色	红土层。紧实,棱块状结构,结构面上有大量黑色锰斑和暗红色铁质胶膜,结构体坚硬。红土中还夹杂着土黄色条纹(土黄色条纹:10YR6/8亮黄棕)。
	350~520	2.5YR4/8 红棕色	网纹红土层,紧实,棱块状结构,结构面上有黑色锰斑和暗红色铁质条纹,结构体坚硬。有大量白色条纹,还夹杂少量土黄色条纹。
	520~1200	10R5/6 红色	网纹红土层,紧实,棱块状结构,结构体坚硬。红白条纹分明,白色条纹粗大,呈树枝状,大都垂直向下(白色条纹:10R7/1淡红灰)。
	1200~2200	7.5R4/8 红色	网纹红土层,紧实,棱块状结构,结构体坚硬。红白条纹分明,且白色条纹的宽度和数量大大增加(白色条纹:7.5YR7/1淡红灰)。
	2200~	10YR6/8 亮黄棕	砂层,有红白相间的条纹(白色条纹:10YR7/2浊黄澄)。

1.3 土样的采集和分析

根据表 1 和表 2 所划定的层次,上下左右均匀采样,然后用四分法获得混合样。

土样在室内风干过筛。粒度分析用吸管法^[8];稀土元素的测定采用 ICP-MS 法^[9],由南京大学地球科学系 ICP 室完成;石英表面微形态分析;样品的颗粒用碱液分散(表层土样含较高有机质,必须先用 30% 的过氧化氢液煮沸 10min),再用筛分法提取其中 0.5~0.25mm 部分。经筛选后的砂样取 3~5g,置于 1:1 浓盐酸中,加热至沸,然后用蒸馏水清洗。用双目显微镜从经过以上处理的样品中任意选出 8~12 颗。选出的砂粒用双面胶带固定在持样的金属托上,不能重迭。将样品托放入真空镀膜机中均匀地镀上一层厚为 20nm 的金钼合金,然后放在扫描电镜里进行观察和照像^[10]。

表2 泰和PT剖面形态特征描述

Table 2 Morphological features of Profile PT, Taihe, Jiangxi Province

剖面代号 Symbol of profiles	深度 Depth (cm)	颜色 Colour	形态特征描述 Morphological features
PT	0~20	7.5YR5/8 亮黄棕	现代土壤层,疏松,粒状结构,有大量植物根须。
	20~60	7.5YR6/8 亮黄棕	疏松,粒状结构,大量植物根须,少量灰白斑纹,夹杂少量砾石。
	60~120	5YR6/8 红棕色	红土层。紧实,棱块状结构,结构体坚硬,少量灰白斑纹。
	120~300	5YR7/8 红棕色	网纹红土层。紧实,棱块状结构,结构体坚硬。有大量杂色细小白色斑纹或斑块,红白条纹的界限较难区分。
	300~500	5YR5/8 亮红棕	网纹红土层。紧实,棱块状结构,结构体坚硬。网纹变粗,红白条纹的界限分明。白色条纹呈树枝状,向下为主(白色条纹:5YR7/1淡灰色)。
	500~800	5YR5/8 亮红棕	网纹红土层。紧实,棱块状结构,结构体坚硬。网纹粗大,红白条纹界限分明,白色条纹呈树枝状,大多数垂直向下(白色条纹:5YR7/1淡灰色)。
	800~1000	10RP4/6 浊紫色	网纹红土层。紧实,棱块状结构,结构体坚硬。紫红色土中有水平状淡黄色条纹(5YR7/1淡灰色)分布。
	1000~1500	10RP4/6 浊紫色	网纹红土层。紧实,棱块状结构,结构体坚硬。紫红色土中有水平状淡黄色条纹(5YR7/1淡灰色)分布。
	1500~		砾石层。砾石分选性和磨圆度良好,部分已经风化。

2 结果和讨论

2.1 第四纪红土的形成环境

九江地区,几乎所有的第四纪红土上都戴有一顶“黄帽子”。“黄帽子”是下蜀黄土层,系末次冰期的风成物,与北方黄土高原的马兰黄土相当^[1]。在不同的地形部位,由于遭受侵蚀程度的不同,下蜀黄土层的厚薄有区别:九江新港镇一带,邻近长江,地势低缓,红土之上的下蜀黄土层较厚,如研究剖面PJ的下蜀黄土层有3米多;庐山山麓通远镇一带,地势高峻,下蜀黄土层变薄,一般只有10~20cm厚。个别地势陡峭,侵蚀强烈的地方,下蜀黄土层被完全剥揭,露出网纹红土层。尽管如此,不同地点的第四纪红土剖面层序仍有很好的可比性。不仅如此,在同一剖面中,下蜀黄土和下伏的第四纪红土质地细而均一,无水平层理,在形态特征十分相似。下蜀黄土与第四纪红土之间,还常有一个黄红色的过渡层,难以区分其属于下蜀黄土还是红土。因此认为这一地区的红土和下蜀黄土可能是同源物质。

泰和地区未发现典型的风成下蜀黄土。其第四纪红土顶部的黄棕色层,质地较粗,与九江“黄帽子”有别。泰和第四纪红土层内常夹杂有砾石,不同层次常有明显的质地变化,而且不同地点的第四纪红土层序常缺乏可比性;上田乡东岗府PT剖面层序较有代表性,

由黄棕色薄层、红土层、网纹红土层和砾石层构成;沿溪乡一小土丘的切面,由网纹红土及其上的一巨厚的砾石层构成,砾石的分选性和磨圆度良好;塘洲乡邻近赣江,因填筑“京九”铁路路基,挖出一红色砂层,砂层的分选性较好;还有一些地方,发现分选性很差的红色泥砾层。这些沉积特征表明:吉泰盆地中的第四纪红土层应是冲积或洪积相的沉积。对泰和地区的红土冲积、坡积和洪积地层,朱景郊^[12]也有详细描述。可以推测,泰和红土层形成时,降水量大,水流湍急,河流改道频繁,产生了河床相(砾石层或砂层)和河漫滩相(网纹红土层)交互沉积的地层。红色地层形成后,由于受新构造运动的影响又有轻微的抬升,形成目前的红土丘岗地貌。

2.2 第四纪红土的粒度组成

粒度组成,又称机械组成,是指不同粒径的颗粒在沉积物中所占的比例。粒度组成对研究沉积物的物质来源,搬运介质和沉积环境有重要意义^[10]。对剖面 PJ、PT 各层的粒度组成进行分析,结果见表 3。

表3 九江、泰和剖面各层粒度组成特征(粒度组成单位:%)

Table 3 Particle-size distribution of Profile PJ in Jiujiang and Profile PT in Taihe, Jiangxi Province

剖面代号 Profiles	深度 Depth(cm)	粒径 Size mm							
		>2	2~1	1~0.25	0.25~0.1	0.1~0.05	0.05~0.01	0.01~0.002	<0.002
PJ	0~60	0.00	0.00	0.25	0.50	9.25	37.50	15.00	35.50
	60~220	0.00	0.00	0.10	0.40	9.50	40.00	15.00	33.00
	220~310	0.00	0.00	1.75	1.90	8.85	47.50	15.00	23.00
	310~350	0.00	0.03	0.45	1.00	6.02	37.50	21.00	34.00
	350~520	0.00	0.05	0.75	1.30	7.90	43.00	14.00	33.00
	520~1200	0.00	0.00	0.65	1.40	7.95	45.00	9.50	35.50
	1200~2200	0.00	0.00	0.55	0.62	8.12	39.20	14.21	37.30
PT	0~20	0.00	2.45	9.85	12.05	5.00	31.65	15.97	25.43
	20~60	1.10	1.25	9.70	12.15	3.90	27.75	17.20	26.95
	60~120	0.00	0.80	9.25	10.45	6.50	22.40	11.80	38.80
	120~300	0.00	0.60	7.35	8.55	5.50	21.90	12.20	43.90
	300~500	1.20	1.25	6.80	7.75	23.70	4.45	14.70	40.15
	500~800	9.31	1.65	9.65	8.85	16.85	6.54	10.90	36.25
	800~1000	9.84	5.35	15.70	11.20	17.25	2.50	12.11	26.05
	1000~1500	0.63	3.95	16.85	13.10	8.10	15.15	11.07	31.15

九江剖面 PJ 各层粒度组成较为均匀,而且下蜀黄土和下伏网纹红土粒度组成较为一致,又一次暗示下蜀黄土和红土在物源上可能存在亲缘关系。总的来看,剖面 PJ 粗颗粒含量很低(不含 > 2mm 的砾石, > 0.25mm 的粒级不大于 1.75%; > 0.1mm 的粒级不大于 3.65%),而粉砂粒和粘粒的含量很高(0.01~0.05mm 的粒级在 37.5%~47.5%; < 0.002mm 的粒级 23%~37%)。据研究,粒径 > 0.07mm 的颗粒很少被空气悬浮搬运, < 0.005mm 的颗粒在没有粗颗粒参杂下,不能被风扬起^[13]。0.01~0.05mm 粒级易浮动,易分散,称为风尘的基本粒级^[14]。如,北方典型的风成黄土几乎不含 > 0.25mm 的粒级; > 0.05mm 的粒级在

10%~15%之间;而0.01~0.05mm的粒级含量高达45%~50%; < 0.005mm粒级也在15.69%~25.72%^[15]。

显然,九江第四纪红土的粒度组成特征,与下蜀黄土和北方典型风成黄土具有很好的可比性,表明了其所具有的风成特性。当然,九江红土中粘粒含量远高于北方风成黄土,这是其沉积后强度风化作用造成的,与风积成因的推断也不矛盾。

泰和剖面PT的粒度组成特征与剖面PJ有较大的差异(表3):粗颗粒含量很高(多数层次含>2mm的砾石;>0.25mm粒级达7.95%~29.89%;>0.1mm粒级达16.5%~41.09%左右);0.01~0.05mm风尘粒级未见显著富集;不同层次粒度组成并不均匀,如0~20mm和20~60mm层次与500~800mm与800~1000mm层次质地差异很大。结合上节的野外考察结论,认为泰和第四纪红土系冲积成因。

2.3 第四纪红土稀土元素特征

稀土元素是一组电子构型和化学性状都十分相似的化学元素,通常它们紧密共生,共同迁移。但由于彼此间性状的微小差异,在不同的地质过程中又常发生一定的分馏,呈现不同的配分模式^[16]。在地质学中,常利用稀土元素的这种配分特征来研究岩石、矿物和陨石的成因^[17]。刘东生^[15]提出研究黄土中的稀土元素,探讨黄土的物质来源、成因及其有关的地质问题,取得了理想的结果。由于岩石或其它地质体经球粒陨石标准化后的稀土元素配分模式经风化或成土作用后有一定的继承性^[18],因而比较研究不同物质的稀土元素配分模式,可判断彼此之间可能存在的亲缘关系。如,剖面PT网纹层红白条纹稀土元素的配分模式几乎重合(图1),一方面证明网纹红土层内红白条纹本为同源物质,另一方面也验证了利用稀土元素特征来示踪物源的可靠性。

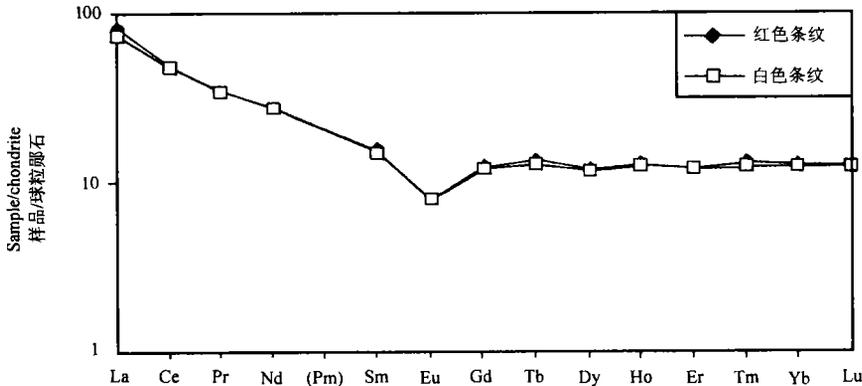


图1 泰和PT剖面网纹层内红白条纹稀土元素配分模式

Fig.1 Chondrite-normalized curves of REE of the red and white mottles in the reticulated mottling horizon of Profile PT, Taihe, Jiangxi Province

九江剖面PJ各层稀土元素配分模式表明(图2):PJ剖面下蜀黄土稀土元素的配分模式与南京下蜀黄土几乎重合,说明九江、南京下蜀黄土是同源物质;第四纪红土各层,尤其是网纹化程度很剧烈的底层,稀土元素配分模式在位置上低于下蜀黄土,但几何形态仍十分接近,又一次表明,九江第四纪红土与风成下蜀黄土具有亲缘关系。

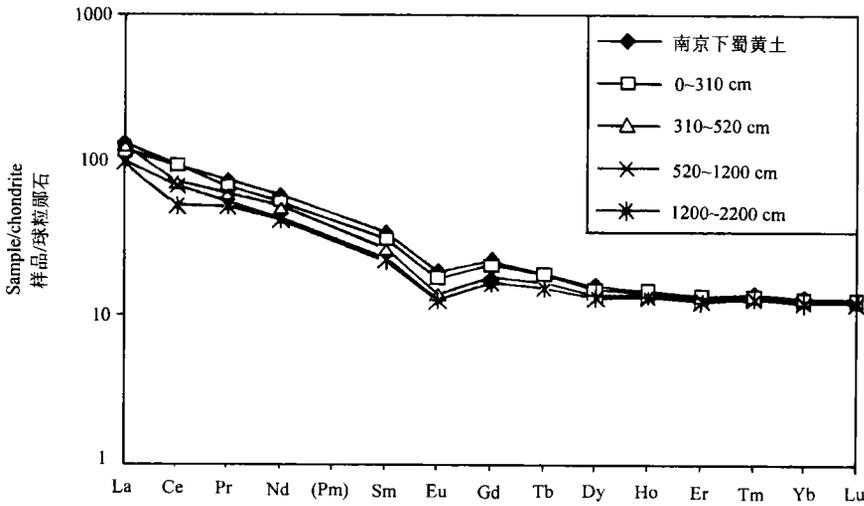


图2 九江PJ剖面各层稀土元素配分模式

Fig.2 Chondrite-normalized curves of REE of Profile PJ, Jiujiang, Jiangxi Province

泰和剖面 PT 各层稀土元素配分模式与下蜀黄土的差异较明显(图 3),说明泰和第四纪红土在物质来源上与下蜀黄土的关系并不密切。但由于风成物和水成物,都是陆相沉积物,都经过了远距离的搬运和高度的混杂,因此泰和第四纪红土的稀土元素配分模式与下蜀黄土在几何形态上仍有一定可比性(如都表现为 Eu 的负异常),只是没有九江第四纪红土那样接近。

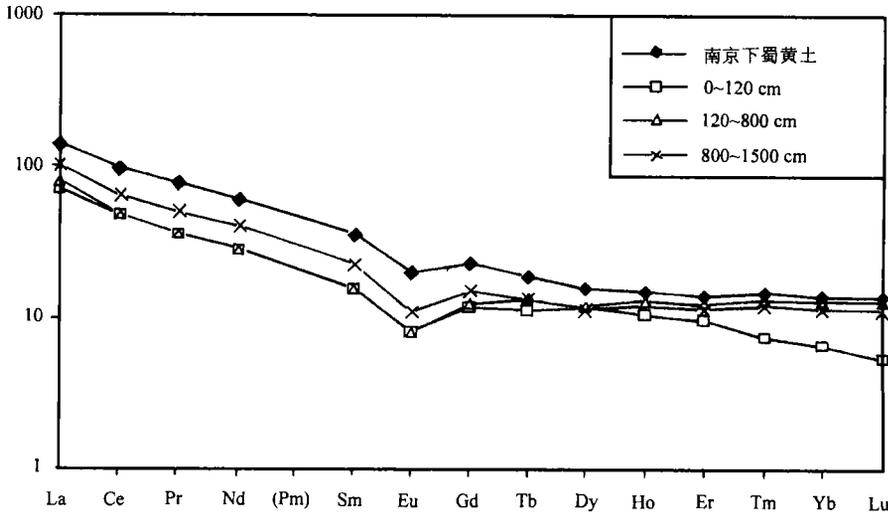


图3 泰和PJ剖面各层稀土元素配分模式

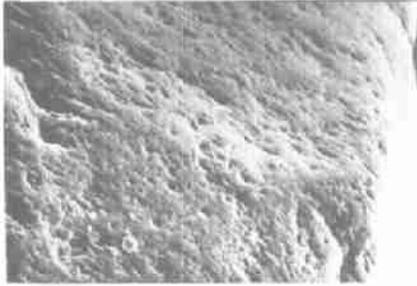
Fig.3 Chondrite-normalized curves of REE of Profile PT, Taihe, Jiangxi Province

2.4 第四纪红土石英表面微形态特征

石英颗粒在被外力搬运过程中和沉积后,都为接受沉积环境的塑造,在其表面留下难以磨灭的烙印。因此研究石英表面微形态可解释沉积物的来源、搬运营力的性状及其

沉积环境变迁等^[10]。

九江 PJ 剖面下蜀黄土石英颗粒表面较光滑,化学溶蚀作用较弱;呈毛玻璃状,有许多小而密的麻坑,可能是风力搬运过程中形成的(照片 1)。但网纹红土各层石英颗粒化学溶蚀作用强烈,表面溶蚀坑和溶蚀裂痕密布,外动力作用留下的印记已难以辨认(照片 2)。石英微形态研究只能说明红土的化学风化作用强于下蜀黄土,对红土形成时的外动力类型难以区分。



—10 μ m
($\times 2700$)

照片1 九江PJ剖面下蜀黄土石英表面微形态特征
Photo.1 Micro-morphological features of the quartz grains of the Xiashu loess of Profile PJ, Jiujiang, Jiangxi Province



—10 μ m
($\times 1500$)

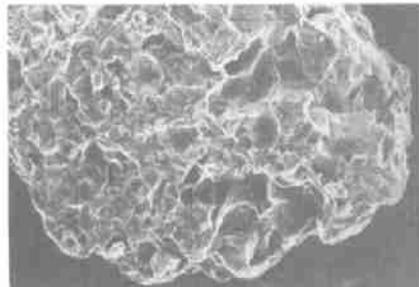
照片2 九江PJ剖面网纹红土石英表面微形态特征
Photo.2 Micro-morphological features of the quartz grains from of Profile PJ, Jiujiang, Jiangxi Province

泰和剖面 PT 表层(0~20mm 和 20~60mm)的石英颗粒表面较光滑,有溶蚀裂缝;面上有大量机械撞击作用留下的碟形坑和麻坑,这些坑较深,并定向排列,应该是强烈的水动力作用下形成的(照片 3)。这与前几节,有关泰和第四纪红土冲积成因的结论相吻合,但与 PJ 剖面的情况一样,PT 剖面网纹红土各层石英颗粒表面化学溶蚀作用强烈,面上溶蚀坑密布,呈蜂窝状,外动力作用留下的印记已难以分辨(照片 4)。



—10 μ m
($\times 1800$)

照片3 泰和PT剖面表层石英表面微形态特征
Photo.3 Micro-morphological features of the quartz grains from the upper horizon of Profile PT, Taihe, Jiangxi Province



—100 μ m
($\times 300$)

照片4 泰和PT剖面网纹红土石英表面微形态特征
Photo.4 Micro-morphological features of the quartz grains of the reticulated mottling horizons of Profile PT, Taihe, Jiangxi Province

总的来说,红土内的石英颗粒表面化学溶蚀结构发育,外动力作用留下的印记较难辨认。尽管如此,从发育程度相对较弱的红土层的石英颗粒表面,仍可捕捉到一些外动力的信息。

3 结 论

江西九江地处红黄土交接带,该地第四纪红土具有与下蜀黄土相似的风成特性,系风积成因。

江西泰和第四纪红土具有明显的冲积相特征,应为河流冲积成因。

结合前人^[6]的研究,认为我国长江中下游一带的红黄土交接带中的第四纪红土可能都为风积成因;而交接带以南的山间盆地中的第四纪红土的形成可能与水动力的搬运作用有关,系水成物。当然,对这一推测还需进一步的研究证实。

参 考 文 献

1. 朱显谟. 中国南方的红土和红色风化壳. 第四纪研究, 1993, (1): 75~84
2. 龚子同. 华中亚热带土壤. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1983
3. 席承藩. 关于中国红色风化壳的几个问题. 中国第四纪研究, 1965, 4(2): 42~54
4. 朱显谟. 庐山土壤概要. 土壤季刊, 1947, 6: 61~65
5. 李驭亚. 华南第四纪网纹红土虫状白斑的成因探讨. 地质论评, 1965, 23(2): 144~145
6. 杨达源. 中国东部的第四纪风尘堆积与季风变迁. 第四纪研究, 1991, (4): 355~359
7. Hu Xuefeng, Yuan Guodong, Gong Zitong. Origin of Quaternary red clay of southern Anhui Province. *Pedosphere*, 1998, 8(3): 267~272
8. 南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海: 上海科学出版社, 1978
9. Houk R S. Mass spectrometry of inductively coupled plasma. *Anal. Chem.*, 1986, 58: 97A~195A
10. 徐馨, 何才华, 沈志达等. 第四纪环境研究方法. 贵阳: 贵州科技出版社, 1992
11. 李吉均, 张林源, 邓养鑫等. 庐山第四纪环境演变和地貌发育问题. 中国科学(B), 1983, (8): 734~743
12. 朱景郊. 网纹红土的成因及其意义. 地理研究, 1988, 7(4): 12~20
13. 拜格诺 R A. 风沙和荒漠沙丘物理学(中译本). 北京: 地质出版社, 1958
14. Moldvay L. On the governing sedimentation from eolian suspension *Acta Universitatis Szegediensis*, 1962, 14: 75~109
15. 刘东生等. 黄土与环境. 北京: 科学出版社, 1985
16. 王云, 魏复盛. 土壤环境元素化学. 北京: 中国环境科学出版社, 1995
17. Henderson P. *Rare Earth Element Geochemistry*. Amsterdam: Elsevier, 1984. 510
18. 黄镇国, 张伟强, 陈俊鸿等. 中国南方红色风化壳. 北京: 海洋出版社, 1996

COMPARATIVE STUDY ON THE ORIGIN OF QUATERNARY RED EARTH IN JIUJIANG AND TAIHE, JIANGXI PROVINCE

Hu Xue-feng

(Department of Geography, East China Normal University, Shanghai 200062)

Gong Zi-tong

(Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008)

Summary

The origin of Quaternary red earth in Jiujiang and Taihe, Jiangxi Province had been discussed by comparatively studying on the forming environments, the particle-size distribution, the geochemical characteristics of REE and the morphological features of the quartz grains. The results showed that the Quaternary red earth in Jiujiang, located in the transitional zone between red earth and Xiashu loess, was aeolian origin, as it shared many aeolian features with Xiashu loess; however, that in Taihe, located in the Ji'an-Taihe Basin, was alluvial origin, with obvious alluvial features.

Key words Alluvial origin, Aeolian origin, Quaternary red earth