

海南砖红壤的微形态特征以及南方网纹红土 与砖红壤环境意义的差异*

尹秋珍¹ 郭正堂^{2,1} 方小敏³

(1 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029)

(2 中国科学院地球环境研究所, 黄土与第四纪地质国家重点实验室, 西安 710075)

(3 兰州大学西部环境教育部重点实验室和资源环境学院, 兰州 730000)

摘 要 主要运用土壤微形态学、粘土矿物学和土壤化学方法,对海南岛三个不同母质的砖红壤剖面的微形态特征和成壤过程进行研究,并将网纹红土和砖红壤进行比较。结果表明,砖红壤典型的微形态特征为易风化物颗粒和粘粒胶膜的缺失、均质状的 b 垒结以及风化成因铁锰质结核的出现;典型的成壤过程为强烈的化学风化、红化、均质化、淋溶以及显著的脱硅富铝化过程。随着成土母质和土壤排水条件的变化,砖红壤的微形态特征亦有所差异。而我国南方的网纹红土的发育程度低于砖红壤,不宜被划分为砖红壤或氧化土,而更趋向归入老成土,在我国土壤发生学分类中大致相当于红壤。

关键词 海南岛;砖红壤;微形态;网纹红土

中图分类号 S152 **文献标识码** A

“砖红壤”(Latosols)原先指富含氧化铁,经裸露曝晒后不可逆地变成坚硬如建筑砖块一样的土壤或风化物,后来人们将具有聚铁网纹,或铁质结核,或厚铁磐的土壤也归属于其中,甚至扩大为热带非水成的红色和黄色土壤的泛称^[1]。在我国,砖红壤是热带地区雨林、季雨林下,生物物质转化迅速,强烈脱硅富铝风化,铁铝氧化物高度富集的一类红色土壤^[2],在中国土壤系统分类中属于“铁铝土”一类,与世界土壤图^[3]图例中“铁铝土”(Ferralsols)和美国土壤诊断分类中的氧化土(Oxisols)的鉴别标准相近。其显著特征为高度富铁铝化作用,粘粒组分以高岭石类矿物和铁、铝氧化物占绝对优势,粉粒和砂粒部分易风化物含量非常少^[1]。

由于热带土壤不断经受湿热气候的影响,具有独特的发生学过程和类型。长期以来,国际土壤学界十分重视这些高风化强度土壤的属性、成因、分类以及形成过程^[4~7]。我国的热带地区处于世界热带的北缘,属热带季风气候,与世界相应纬度比,具有气温偏低、雨量稍高、干湿季节明显的特点。砖红壤作为这一地区的主要地带性土壤而受到广大学者的关注。许多学者从矿物学、地球化学等角度对砖红壤的性质、成因、形成过程、风化作用及演化进行了

研究^[8~11],对丰富和发展我国乃至世界热带土壤的理论认识具有重要意义。然而,从土壤微形态角度对砖红壤的专门研究与国际上相比依然少得多。20世纪80年代曾有学者对包括砖红壤、砖红壤性红壤、红壤、黄壤等土类的红壤系列土壤的微形态特征进行了综合研究^[12],为我国南方土壤微形态的研究奠定了基础。但迄今专门针对砖红壤的研究依然偏少,对此类土壤微形态特征指示的成壤过程也有必要进一步研究。

在我国长江以南广大地区,分布着一套以红色和白色网纹镶嵌为特征的古土壤,被称为网纹红土^[13~15]。近年来的年代地层学研究^[16~19]确定最新一期的网纹红土形成于中更新世的中期。有的研究将网纹红土称为砖红壤^[20],或与美国分类系统的氧化土(Oxisols)^[21]对比,并由此认为土壤形成时期长江以南广大地区的气候非常炎热而潮湿,造成如此强烈的砖红壤化环境在此后的地质时代里再未出现过^[20]。因此,对比研究砖红壤与网纹红土的微形态特征、成壤过程和环境意义,对古环境和环境考古学研究^[16]也有重要意义。

海南岛位于热带季雨林区,是典型的砖红壤发育地带。对该区砖红壤微形态的研究不仅有益于认

* 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX3-SW-139)、自然科学基金重点项目(40231001)资助

作者简介:尹秋珍(1979~),女,博士研究生,第四纪地质学与土壤学专业。E-mail: yinqz@mail.iggcas.ac.cn 或 qiuz Yn@163.com

收稿日期:2005-04-08;收到修改稿日期:2005-09-26

识我国热带土壤的成因和分类,而且对南方古土壤和古环境研究具有基础性的借鉴作用。本文在海南岛选择三个不同母质的典型砖红壤剖面,对它们的微形态特征进行详细的研究,并结合粘土矿物学和土壤化学的方法,试图探讨以下问题:(1)砖红壤的形态学、化学和矿物学特征及其所指示的成壤过程及环境意义;(2)网纹红土和砖红壤在成土特征、过程、土壤类型和环境意义上的差异。

1 材料与方法

研究区位于北纬 19°和 20°、东经 110°和 111°之间。年均温约为 24℃,1 月均温 17℃,7 月均温 28℃;区域降水分布不均,北部年降水量为 1 684 mm,1 月降水量为 23.6 mm,7 月降水量为 239.5 mm,南部年降水量为 2 072 mm,1 月降水量为 42.1 mm,7 月降水量为 383.8 mm。现代植被主要为次生热带常绿灌木杂草。三个砖红壤剖面(P1, P2, P3)的

地理位置及宏观特征见表 1。

用铝盒(10 cm ×6 cm ×6 cm)在剖面的不同层位采集定向的未扰动样品,风干后注入加拿大树胶制作成大薄片(8 cm ×6 cm)。微形态描述采用 Bullock 等^[22]的术语,参考黄瑞采^[23]的中文译法。粗细颗粒界限定为 10 μm。为了综合了解土壤的特性,对代表性层位的土壤化学特征进行了系统分析,其中 pH 值用电位测定法^[24]测定(水土比为 1:1),阳离子代换量(CEC)和代换性阳离子用醋酸铵法^[24]测定。游离铁(Fe_d)经连二亚硫酸钠-柠檬酸钠-重碳酸钠法^[24]提取,全铁(Fe_t)经氢氟酸和高氯酸溶解,后用盐酸提取^[24],二者含量均在 WFD-YR 型原子吸收分光光度计上测定。用自然沉降法提取粘粒组分(<2 μm),在 XRF-1500 顺序式 X 射线荧光光谱仪上进行化学全分析,提取出的粘粒制作成定向片,经氯化镁、乙二醇处理,在 DMAX 2400 型 X 射线衍射仪上进行粘土矿物 X 射线衍射分析。

表 1 采样剖面的宏观特征及地理位置

Table 1 Macroscopic characteristics and location of the sample profiles

剖面 Profile	地理位置 Location	母质 Parent material	排水条件 Drainage	深度 Depth (cm)	宏观特征 Macroscopic characteristics
P1	海南灵山南 3 km 处 (110.4°E, 19.95°N)	第四纪玄武岩	良好	0~10	赤褐色(2.5 YR, 4/8), 疏松团粒状, 富含草根、虫孔
				10~35	明赤褐色(2.5 YR, 5/8), 致密块状, 富含草根、虫孔
				35~320	赤褐色(2.5 YR, 4/6), 致密块状, 粘重, 向下过渡为风化壳
P2	文昌东郊椰林 (110.88°E, 19.53°N)	海相砂岩	良好	0~10	橙色(5 YR, 6/8), 疏松团粒状, 富含草根
				10~30	过渡层
				30~300	橙色(5 YR, 6/8), 疏松团粒状, 含大量根虫孔
P3	琼海中原 (110.47°E, 19.15°N)	花岗岩	较差	0~100	明黄褐色(10 YR, 6/6), 疏松团块状, 含草根
				100~170	黄褐色网纹层, 可见铁锈色斑块
				170~180	赤褐色(5 YR, 5/8), 块状, 花岗岩铁子层
				180~370	黄褐色, 花岗岩网纹层, 可见铁锈色斑块, 疏松团粒状, 未见底

2 结果与讨论

2.1 微形态特征

本文讨论的具明确环境意义的微形态特征主要包括微结构(microstructure)类型、基质(groundmass)的特征、质地性土壤物象(textural pedofeatures)、排泄土壤物象(excrement pedofeatures)、铁质淋失物象(Fe-depleted pedofeatures)和铁锰质无定形物象(ferruginous and manganiferous pedofeatures)。

微结构类型与成土母质和生物活动的强度密切相关。研究剖面出现的类型主要包括:(1)团粒状微

结构:圆形或椭圆形的团粒,一般粒径约 200~300 μm;弱-强发育,有的团粒之间相互连接,中间仅被非常弱的空隙隔开,大部分团粒完全分开,相互之间由复合堆叠空隙隔开。(2)微土壤结构体状微结构(micro-structure)^[25]:原本连续的土壤基质被无数不规则的孔洞分割成不规则形状的团块(图 1a)。(3)桥粒、包粒微结构:细粒物质含量较少,石英颗粒之间被红色的细粒物质所桥接或者石英颗粒被细粒物质完全包围。(4)致密粪粒充填微结构:基质中有大量的孔道,但孔道之间的基质较致密,且为生物强烈扰动,不少地方有生物排泄物互相胶结组成(图 1a)。

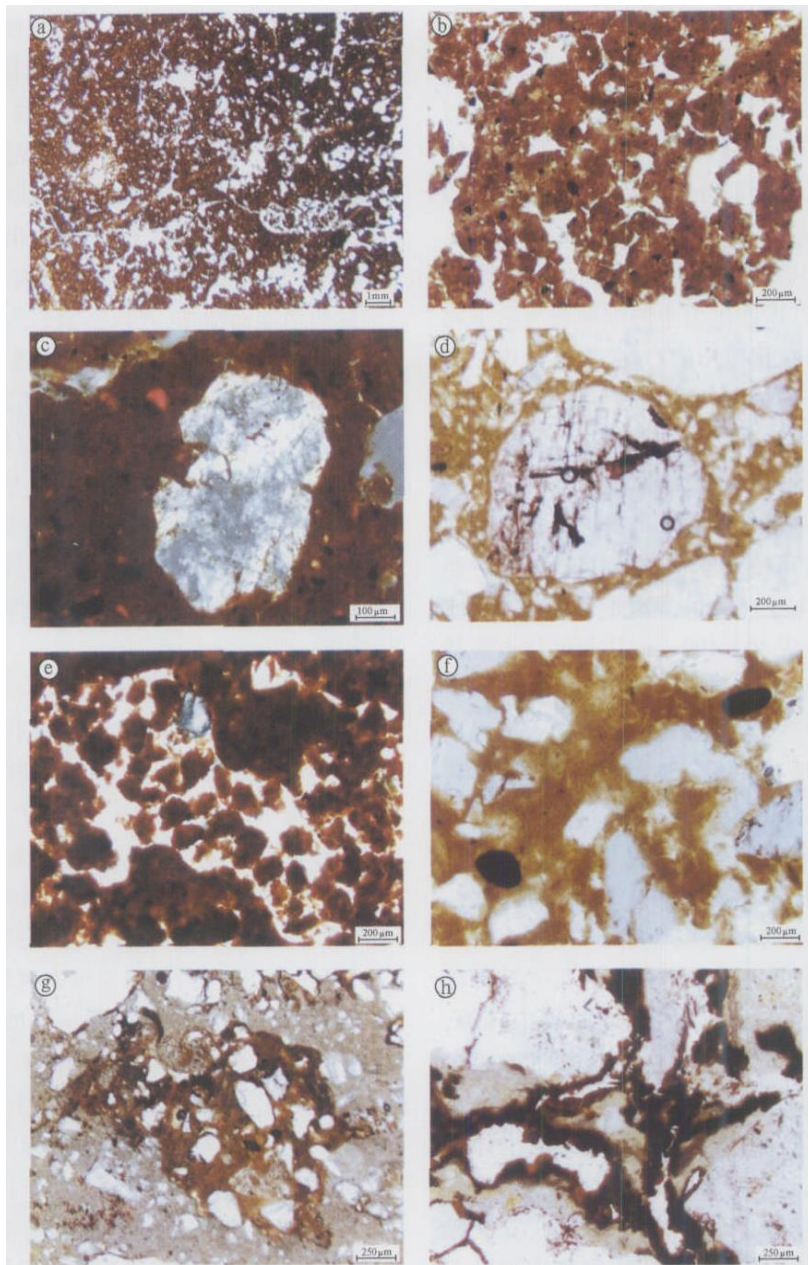


图 1 砖红壤的微形态特征

Fig. 1 Micromorphology of Latosols

a 微土壤结构体状微结构,单偏光,剖面 P1,100 ~ 110 cm Micro-structure, plain-polarized light-PPL, Profile P1, 100 ~ 110 cm; b 致密粪粒充填微结构,单偏光,剖面 P1,100 ~ 110 cm Dense excrement infilling micro-structure, PPL, Profile P1, 100 ~ 110 cm; c 遭受点状风化的石英,正交偏光,剖面 P1,100 ~ 110 cm Dotted alteration of quartz, cross-polarized light-XPL, Profile P1, 100 ~ 110 cm; d 石英颗粒表面的裂缝和凹洞被氧化铁充填,单偏光,剖面 P3,40 ~ 50 cm Fissures and concaves on the surface of quartz are filled up with iron oxides, PPL, Profile P3, 40 ~ 50 cm; e 排泄土壤物象,单偏光,剖面 P1,15 ~ 25 cm Excrement pedofeatures, PPL, Profile P1, 15 ~ 25 cm; f 铁锰质凝团,单偏光,剖面 P2,180 ~ 190 cm Nodules of iron and manganese oxides, PPL, Profile P2, 180 ~ 190 cm; g 有核的铁质瘤状物,单偏光,剖面 P3,120 ~ 130 cm Nucleic ferruginous nodules, PPL, Profile P3, 120 ~ 130 cm; h 铁锰质包膜,单偏光,剖面 P3,120 ~ 130 cm Ferruginous and manganiferous coatings, PPL, Profile P3, 120 ~ 130 cm

本研究观察的基质特征主要包括粗矿物颗粒的组成和风化状况以及细粒物质的 β 垒结。三个剖面的粗矿物颗粒均由抗风化能力较强的石英和重矿

物组成,未发现易风化的长石、云母类矿物。剖面 P1 中的石英颗粒显示 2 ~ 3 级的点状风化(图 1a)。剖面 P3 中的石英颗粒也有溶蚀特征,有的石英颗粒

边缘脱裂,一些石英颗粒表面的裂缝和孔洞被暗红色或棕色的氧化铁充填而形成所谓的纹渗石英(runiquartz)^[26](图 1a)。这种表面出现裂纹、孔洞的石英被称为热裂石英^[12],认为源于剧烈的增温,使石英颗粒产生裂纹,乃至部分脱裂^[12]。细粒物质的 b-垒结主要有两种类型,一种为均质型 b-垒结(undifferentiated b-fabric),细粒物质为均质的、不透明的暗红色或红棕色的以赤铁矿为主的细颗粒与粘土物质混合组成,是强烈红化作用的产物,主要出现在剖面 P1 和 P2 中;另一种为亲粒条纹型 b-垒结(granos-triated b-fabric),细粒物质沿着粗颗粒表面定向排列,主要出现在排水不良的 P3 剖面中。

大量的排泄土壤物象与热带土壤生物强烈活动有关。纵横交错、遍布整个基质的孔道中充填满动物粪便的团粒(图 1a),一般呈光滑的球粒状、椭球状和椎状,平均粒径为 40~100 μm,其颜色与土壤基质相同。这些团粒由粘土、铁质细粒物质和粗矿物颗粒混合组成,成分基本与土壤基质一致,一般以松散充填物的形式出现在相互连通的孔道中,局部粪便团粒胶结在一起。

研究剖面中的质地性土壤物象很少见,只在排水不良的 P3 剖面中有含量不到 1% 的粘粒胶膜。P3 剖面 B 层中的胶膜碎屑镶嵌在基质中,有不明显的微层理,消光差,较周围基质的颜色稍红。这种碎屑是原来完整的胶膜在土壤深度风化过程中降解,部分融入基质后的残留体。P3 剖面 BC 层的胶膜含量约 1%~2%,有两种类型:一种为黄色,出现在空隙壁上,无微层理,宽约 10~20 μm,有时与暗棕色的铁质亚包膜互层,这种胶膜为湿季时土壤水携带粘粒与铁质微粒在空隙中运移,干季时粘粒在空隙壁上滞留而形成;另一种为在基质中聚集成具双折射率的条纹状或块状粘粒聚集体,被称为“集结粘粒”^[12],由前身粘粒形成物演变而来,或由原来基质中非光性定向粘粒在干湿交替影响下就地重新排列而成^[12]。

在研究剖面中,以铁锰质为主的无定形和隐晶质物象是主要的成土特征之一,主要可以分为以下三种类型:(1)铁锰质结核(nodules):这种类型的无定形物象又可分为典型的铁锰质凝团(typic nodules)(图 1a)、有核的铁质瘤状物(nucleic nodules)(图 1a)和复合浸染结核(compound impregnative nodules)三种亚类;(2)铁锰质包膜(coatings)和充填物(infillings):所有的铁锰质包膜都出现在铁质严重损失的部位,

呈暗红棕色,沿着空隙壁和石英颗粒表面发育,有的甚至填满整个空隙,周围的基质因铁质的淋失而呈灰白色(图 1a);(3)铁质浸染斑纹(mottles):黑色、暗红棕色,弱-中度浸染基质,不规则的外部形状,常出现在铁质损失较严重的部位。其中典型的铁锰质凝团不仅在排水不良的 P3 剖面中出现,在排水条件良好的 P1 和 P2 剖面中也大量发育,而且随着母质含铁量的增加而增加,在以玄武岩为母质的 P1 剖面中的含量明显大于在以砂岩为母质的 P2 和以花岗岩为母质的 P3 剖面中的含量,表明其形成与土壤含铁矿物的风化有关。有核的铁质瘤状物和复合浸染结核被认为是成壤过程的产物,一般在氧化土和杂赤铁土中可见^[27]。铁锰质包膜、充填物和铁质浸染斑纹被认为是地下水的波动引起三价铁的还原和重新分布而形成,与干季和湿季对比明显的气候条件有关^[28]。

2.2 粘土矿物和化学特征

在三个剖面的风化 B 层取代表性样品进行粘土矿物和化学分析。X 射线衍射分析表明(图 2),粘粒矿物组成以高岭石、赤铁矿和三水铝石为主。化学分析表明(图 3),土壤铁的游离度都很高,剖面 P1、P2 和 P3 的 Fe_d/Fe_t 分别为 64%、81% 和 82%,表明含铁硅酸盐矿物经历了非常强烈的化学风化作用,富铁作用显著,这与微形态观察到的大量典型铁锰质凝团(图 1a)的存在是一致的。剖面 P1、P2、P3 粘粒组成的 SiO_2/Al_2O_3 分别为 1.38、1.93、1.96。如此低的硅铝系数说明土体经历了强烈的、低纬湿热环境下特有的脱硅富铝化过程^[29]。pH 值分别为 4.88、5.37、4.53,说明它们经历了较高度酸化过程。CEC 值都非常低,分别为 2.86、6.44、2.86,这与它们粘土矿物的主要成分为吸附性较低的高岭石等 1 型矿物有关。盐基饱和度也都非常低,分别为 32.87、36.96 和 15.38,说明淋溶作用非常强烈,盐基大量淋失。

2.3 成壤过程及环境意义

在土壤的形成过程中,各种成土过程(如原生矿物的风化、粘粒的淀积、生物的扰动)等,都会在土壤中留下痕迹,即各种成土特征。利用土壤微形态学方法可以区分不同的成土特征,以此判断相应的成土过程^[25]。对微形态、粘土矿物和土壤化学特征综合分析显示,海南砖红壤在发育过程中主要经历了以下几种成壤过程:

(1) 强烈的化学风化过程。强烈的化学风化过

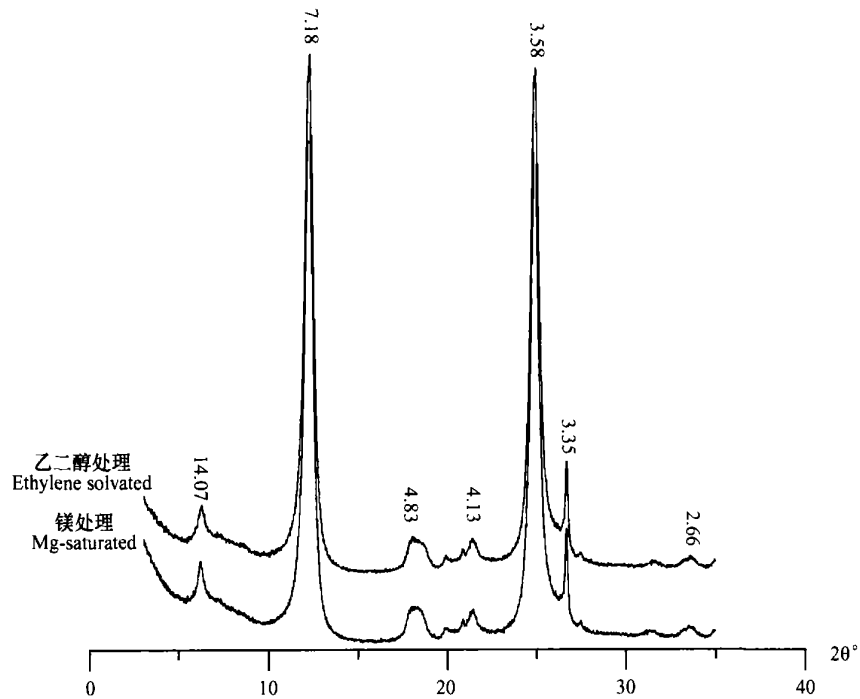


图 2 砖红壤的 X 射线衍射图谱

Fig. 2 Diffractograms of the clay fraction of Latosols

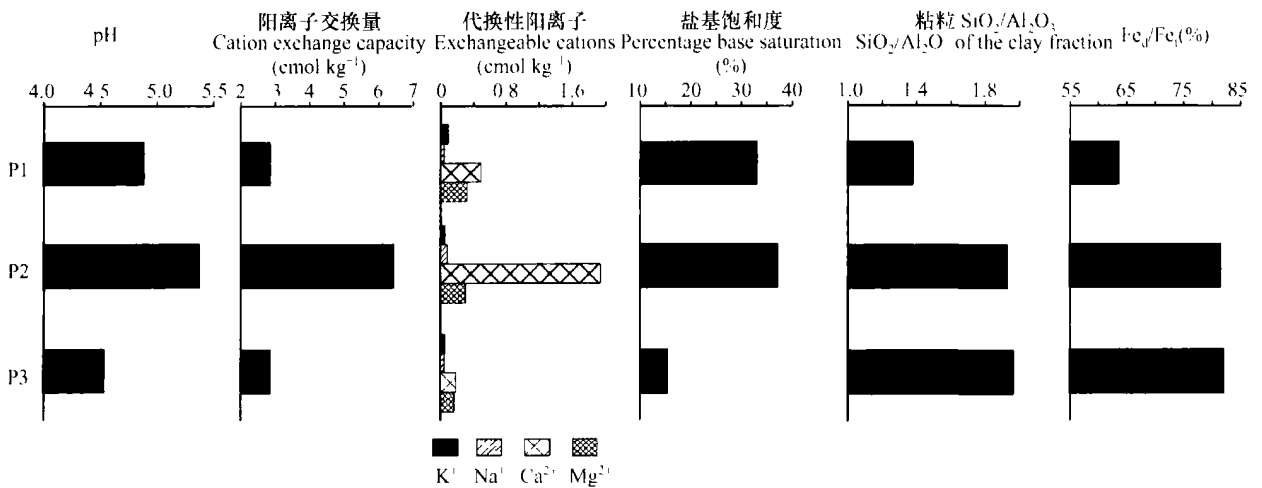


图 3 剖面 P1、P2、P3 的 B 层的土壤化学特征

Fig. 3 Soil chemical characteristics of B horizons of Section P1, P2 and P3

程是三个砖红壤剖面所共同经历的最显著的成土过程,主要包括原生矿物的风化、脱硅富铁铝化、红化和淋溶过程。原生矿物风化强烈,表现为粗矿物颗粒全部由抗风化能力较强的石英和一些重矿物组成,而且石英表现出溶蚀和热裂的特征,易风化的长石、云母类矿物全部被风化过程破坏。土壤在发育过程中经历了强烈的脱硅富铝化过程,表现为低于

2 的硅铝系数和以高岭石为主并含有三水铝石和赤铁矿的粘粒矿物组合,另外粘粒胶膜的降解也表明在土壤深度风化过程中粘土矿物由于硅的淋失而遭到破坏。三个剖面中都出现由于化学风化作用而形成的铁锰质凝团,都含有很高程度的游离铁,表明土壤中的含铁硅酸盐矿物经历了非常强烈的化学风化过程,土壤富铁作用显著。强烈的红化过程使得土

壤基质中富含氧化铁颗粒而呈暗红色。极低的盐基饱和度表明淋溶作用非常强烈,盐基大量淋失。

(2) 生物扰动过程。团粒状微结构、致密粪粒充填微结构以及大量的排泄土壤物象的出现表明土壤生物扰动作用非常强烈。热带较高的温度和较充足的水分使土壤生物的生存与繁殖提供了良好的环境条件。强烈的生物活动形成纵横交错、遍布基质的孔道,许多被动物的粪粒充填。生物扰动也使土壤更加均质化。这些特征主要出现在 P1 剖面中, P2 和 P3 中相对较少,说明生物活动与母质也有一定关系。P1 发育在石英含量相对较少成分偏碱性的玄武岩上,不利于土壤贫瘠化,有利于土壤生物的生存。

(3) 假潜育化过程。铁锰质包膜、铁锰质浸染斑纹以及由于铁的淋失而形成的灰白色斑纹大量地出现在排水不良的 P3 剖面中,在野外表现为铁锈色斑块和灰白色斑纹相混杂,深度从 100 cm 到 170 cm,其下为大约 10 cm 的铁磐层。P3 剖面位于琼海中原,1 月降雨为 42.1 mm,7 月降雨为 383.8 mm,降水季节性差异显著,具有明显的干湿季之分。湿季时 P3 剖面不透水层之上的土壤水饱和,三价铁被还原迁移,干季时水分蒸发,空隙中还原态的铁遇空气被氧化,形成大量的铁锰质亚包膜,基质中的铁随机聚集形成各种形态的铁质浸染斑纹,在紧靠不透水层之上由于铁的大量聚集而形成铁磐层。

2.4 砖红壤与网纹红土的差异及环境意义

笔者曾对安徽宣城和广西百色的网纹红土的微形态特征和粘土矿物特征进行了研究^[30],发现它与本文研究的砖红壤在以下三个方面有较大的差异:(1) 砖红壤的粘粒矿物主要由高岭石、赤铁矿和三水铝石组成,网纹红土主要由高岭石、蛭石、针铁矿和赤铁矿组成,后者缺少由于强烈的脱硅富铝化作用形成的三水铝石;(2) 砖红壤中粘粒聚集现象很不明显,而在网纹红土中典型的土壤粘粒胶膜非常发育,说明硅的淋失程度较低;(3) 在排水不良的 P3 剖面网纹层中,季节性的干湿交替使土壤出现阶段性的水饱和,从而形成大量的铁锰质亚包膜、铁锰质浸染斑纹等假潜育化特征,而在网纹红土中缺少这种象征土壤阶段性水饱和的假潜育化特征。前两个差异说明网纹红土虽然经历了较强的化学风化作用,但它还没有发育到砖红壤的程度,没有经历过强烈的砖红壤化过程,尤其是典型粘粒胶膜的大量发育使得它不宜被划分为美国土壤分类系统中的氧化土,而更趋向归入老成土^[31],在我国土壤发生分类中依

然应归入红壤^[2]。根据现代红壤形成的环境,可以确定网纹红土形成时期长江以南的广大地区为高温多雨的气候条件和以常绿阔叶林为主的植被景观。前人^[32]对九江剖面网纹红土的铁的游离度进行了深入分析,并认为网纹红土代表了湿热的气候条件。本文的证据支持前人的成果。后一个差异说明网纹红土形成时土壤排水状况良好,没有出现由于季节性的干湿交替而造成的阶段性水饱和,白色网纹的形成是由于在土壤形成的某个阶段全年降水都特别充沛,季节反差显著减小,土壤一直保持较大的湿度,局部土体的三价铁被还原后迅速淋失^[30]。

在海南岛一些现代的基岩风化壳中也有网纹红土^[33],同作为古土壤的宣城和百色的网纹红土不同,它们是第四纪以来持续风化的产物。这两种类型的网纹红土形成于完全不同的环境条件下,前者形成于热带雨林和季雨林的成土环境下,经历了强烈的化学风化过程,而后者形成于全年降水充沛,季节反差极小的一个特殊气候期,当时为高温多雨的气候条件和以常绿阔叶林为主的植被景观^[30],其经历的化学风化过程不如前者强烈,只达到中等的脱硅富铝化程度。由此可见网纹红土不必一定经历像热带雨林和季雨林环境的土壤过程,在古环境研究和环境考古中应格外注意。

砖红壤是热带地区雨林、季雨林下,生物物质转化迅速,强烈脱硅富铝风化的一类红色土壤,在其形成过程中,风化作用占绝对优势,其各种特征主要是热带强烈的化学风化作用的产物。与砖红壤相比,网纹红土遭受的风化作用较弱,只具有中等的脱硅富铝化程度。网纹结构的形成关键在于两点:一是全年降水充沛,季节反差小,土壤湿度大,淋滤作用强,在这种条件下局部土体的三价铁被还原移动,排入地下水;二是土壤透水性良好,使得还原态的铁进入地下水后被迅速带走,没有在土壤中滞留形成假潜育化特征^[30]。因此网纹红土是地质历史时期一个特殊气候期的产物,在这一时期全年降水充沛,季节反差小,加上土壤透水性好,局部土体的三价铁被还原进入地下水后迅速淋失,形成网纹结构。

3 结 论

本文主要运用土壤微形态学、粘土矿物学和地球化学方法,对海南岛三个不同母质的砖红壤剖面的成壤特征及其反映的成壤过程进行了研究,并将网纹红土和砖红壤进行比较。结果表明:

1) 砖红壤典型的微形态特征为: 粗矿物颗粒全部由抗风化能力较强的石英和一些重矿物组成, 而且石英表现出溶蚀和热裂的特征, 易风化的长石、云母类矿物全部被风化过程破坏; 粘粒聚集现象非常不明显, 没有发育较好的典型的粘粒胶膜; 出现由于化学风化而形成的铁锰结核; 在土壤排水条件良好的情况下, 强烈的红化作用使得土壤基质中富含氧化铁颗粒而呈均质状的 b 垒结。土壤微形态、粘土矿物和化学特征表明砖红壤在形成过程中经历了强烈的化学风化、红化、均质化、淋溶过程以及显著的脱硅富铁铝化过程。

2) 由于成土母质和局部成土环境的不同, 砖红壤的成土特征和成土过程也有差异。在排水良好的剖面中, 形成致密粪粒充填微结构和氧化土特有的微土壤结构体状微结构 (micro-structure); 而在排水不良的剖面中由于土壤季节性的水饱和使铁元素在局部地区淋失、迁移和积累, 从而形成以铁锰质包膜、铁锰质浸染斑纹等无定形物象为代表的假潜育化特征。

3) 砖红壤是热带雨林、季雨林环境下强烈的化学风化作用的产物, 而网纹红土只具有中等的脱硅富铁铝化程度, 是地质历史时期一个特殊气候期的产物, 其形成时期长江以南的广大地区为高温多雨的气候条件和以常绿阔叶林为主的植被景观。白色网纹形成时期全年降水充沛, 季节反差较小。网纹红土没有发育到砖红壤的程度, 不宜划分为砖红壤, 而更适合划分为红壤。

致 谢 尹秋珍感谢郝青振、彭淑贞博士的有益讨论。

参 考 文 献

- [1] 龚子同, 等著. 中国土壤系统分类. 北京: 科学出版社, 1999. 241 ~ 257, 488 ~ 533. Gong Z T, *et al.* Chinese Soil Taxonomic Classification (In Chinese). Beijing: Sciences Press, 1999. 241 ~ 257, 488 ~ 533
- [2] 全国土壤普查办公室. 中国土壤. 北京: 中国农业出版社, 1998. 95 ~ 143. Chinese Soil Survey Office. Chinese Soils (In Chinese). Beijing: Chinese Agricultural Press, 1998. 95 ~ 143
- [3] FAO/UNESCO. Soil Map of the World. Revised Legend, Rome. 1988
- [4] Bowell R J. Mineralogy and geochemistry of tropical rain forest soils: Ashanti, Ghana. Chemical Geology, 1993, 106: 345 ~ 358
- [5] Eswaran H. Micromorphological indicators of pedogenesis in some tropical soils derived from basalts from Nicaragua. Geoderma, 1972, 7: 15 ~ 31
- [6] Embrechts J, Sys C. Genesis of subsurface horizons of a soil catena in a humid tropical climate (Yaounde, Cameroon). Catena, 1988, 15: 53 ~ 63
- [7] Stoops G, Marcelino V, Zauyah S, *et al.* Micromorphology of soils of the humid tropics. In: Ringrose-Voase A J, Humphreys G S. eds. Soil Micromorphology: Studies in Management and Genesis. Proc. IX Int. Working Meeting on Soil Micromorphology, Townsville, Australia, July 1992. Developments in Soil Science 22. Amsterdam: Elsevier, 1 ~ 15
- [8] 马毅杰, 罗家贤, 蒋梅茵, 等. 我国南方铁铝土矿物组成及其风化和演变. 沉积学报, 1999, 17 (增刊): 681 ~ 686. Ma Y J, Luo J X, Jiang M Y, *et al.* The weathering and evolution of soil ferrallite minerals in the south China (In Chinese). Acta Sedimentologica Sinica, 1999, 17 (Suppl.): 681 ~ 686
- [9] 王景华, 潘树荣, 孙景信, 等. 我国海南岛热带土壤中元素的地球化学特征. 地理学报, 1982, 37 (4): 394 ~ 405. Wang J H, Pan S R, Sun J X, *et al.* The geochemical characteristics of chemical elements in tropical soils in Hainan Island, China (In Chinese). Acta Geographica Sinica, 1982, 37 (4): 394 ~ 405
- [10] 曾水泉. 海南岛铁质砖红壤的形成过程. 热带地理, 1987, 7 (4): 382 ~ 389. Zeng S Q. The forming process of iron lateritic soil in Hainan Island (In Chinese). Tropical Geography, 1987, 7 (4): 382 ~ 389
- [11] 赵其国, 王振权, 刘兆礼. 我国富铝化土壤发生特性的初步研究. 土壤学报, 1983, 20 (4): 333 ~ 345. Zhao Q G, Wang Z Q, Liu Z L. Preliminary studies on genetic properties of the allitic soils in China (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 1983, 20 (4): 333 ~ 345
- [12] 曹升庚. 我国红壤的微形态特征. 土壤专报, 第 40 号, 1986. 1 ~ 28. Cao S G. Micromorphology of red soils in China (In Chinese). Soil Bulletin, No. 40, 1986. 1 ~ 28
- [13] 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. Xi C F. Some problems about Chinese red weathering crusts (In Chinese). Quaternaria Sinica, 1965, 4 (2): 42 ~ 54
- [14] 席承藩. 论华南红色风化壳. 第四纪研究, 1991, 1: 1 ~ 7. Xi C F. On the red weathering crusts of Southern China (In Chinese). Quaternary Sciences, 1991, 1: 1 ~ 7
- [15] 朱景郊. 网纹红土的成因及其研究意义. 地理研究, 1988, 17 (4): 12 ~ 20. Zhu J J. Genesis and research significance of the plinthic horizon (In Chinese). Geographical Research, 1988, 17 (4): 12 ~ 20
- [16] Hou Y M, Richard P, Yuan B Y, *et al.* Mid-Pleistocene Acheulean-like stone technology of the Bose basin, south China. Science, 2000, 287: 1622 ~ 1625
- [17] 蒋复初, 吴锡浩, 肖华国, 等. 九江地区网纹红土的时代. 地质力学学报, 1997, 3 (4): 27 ~ 32. Jiang F C, Wu X H, Xiao H G, *et al.* Age of the vermiculated red soil in Jiujiang area, central China (In Chinese). Journal of Geomechanics, 1997, 3 (4): 27 ~ 32
- [18] 乔彦松, 郭正堂, 郝青振, 等. 皖南风尘堆积 - 土壤序列的磁性地层学研究及其古环境意义. 科学通报, 2003, 48 (13): 1465 ~ 1469. Qiao Y S, Guo Z T, Hao Q Z, *et al.* Loess-Soil sequences in Southern Anhui Province: Magnetostratigraphy and paleoclimatic significance (In Chinese). Chinese Science Bulletin, 2003,

- 48(13) : 1 465 ~ 1 469
- [19] 杨浩,赵其国,李小平,等. 安徽宣城风成沉积 - 红土系列剖面 ESR 年代学研究. 土壤学报,1996,33(3) :293 ~ 300. Yang H, Zhao Q G, Li X P, *et al.* ESR dating of eolian sediment and red earth series from Xuancheng profile in Anhui Province (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 1996, 33(3) : 293 ~ 300
- [20] Chardin T D, Young C C, Pei W C, *et al.* On the Cenozoic formation of kwangsi and kwangtung. *Bull. Geol. Soc. China*, 1935, 14(2) : 179 ~ 205
- [21] Xie S C, Lai X L, Yi Y, *et al.* Molecular fossils in a Pleistocene river terrace in southern China related to paleoclimate variation. *Organic Geochemistry*, 2003, 34 : 789 ~ 797
- [22] Bullock P, Fedoroff N, Jongerijs A, *et al.* Handbook for Soil Thin Section Description. England: Waine Research Publication, 1985. 1 ~ 152
- [23] 黄瑞采. 土壤微形态学发展及应用. 北京:高等教育出版社, 1990. 1 ~ 224. Huang R C. Development and Applications of Soil Micromorphology (In Chinese). Beijing: Higher Education Press, 1990. 1 ~ 224
- [24] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海:上海科学技术出版社,1978. 169 ~ 176. Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences. ed. Analytical Methods of Soil Physical and Chemical Properties (In Chinese). Shanghai: Shanghai Science and Technology Publishing House, 1978. 169 ~ 176
- [25] Delvigne J, Stoops G. Morphology of mineral weathering and neoforations. 1. Weathering of most common silicates, and 2. Neoforations. *Developments in Soil Science*,1990,19:471 ~ 481
- [26] Eswaran H, Sys C, Sousa E C. Plasma infusion: A pedological process of significance in the humid tropics. *An. Edafol. Agrobiol.*, 1975, 34:665 ~ 674
- [27] Muggler C C, Buurman P. Erosion, sedimentation and pedogenesis in a polygenetic oxisol sequence in Minas Gerais, Brazil. *Catena*, 2000, 41 :3 ~ 17
- [28] Piñol M D, Buurman P. The distribution between ground-water gley and surface-water gley phenomena in Tertiary paleosols of the Ebro basin, NE Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1994, 110:103 ~ 113
- [29] Duchaufour Ph. *Pédologie. Tome 1 Pédogénèse et Classification.* Paris, New York, Barcelone, Milan:Masson, 1983. 1 ~ 477
- [30] 尹秋珍,郭正堂. 我国南方的网纹红土与东亚季风的异常强盛期. 科学通报,2006,51(2) :186 ~ 193. Yin Q Z, Guo Z T. The Vermiculated Red Soil in southern China and its implications for the strength extreme of East Asian (In Chinese). *Chinese Science Bulletin*, 2006, 51(2) :186 ~ 193
- [31] Douglas L A, Thompson M L. eds. *Soil Micromorphology and Soil Classification.* Madison: SSSA Special Publication, 1985. 105 ~ 119, 145 ~ 164
- [32] 袁国栋,龚子同. 第四纪红土的土壤发生及其古地理意义. 土壤学报,1990,27(1) :54 ~ 62. Yuan G D, Gong Z T. Soil genesis of Quaternary red earth and its paleogeographic implication (In Chinese). *Acta Pedologica Sinica*, 1990, 27(1) :54 ~ 62
- [33] 丁国瑜. 海南岛第四纪地质的几个问题. 见:中国科学院地质研究所编著. 第四纪地质问题. 北京:地质出版社,1964. 207 ~ 233. Ding G Y. Some problems about Quaternary geology of Hainan Island (In Chinese). In: Institute of Geology, CAS. ed. *Problems in Quaternary Geology.* Beijing: Geology Press, 1964. 207 ~ 233

MICROMORPHOLOGY OF LATOSOLS IN HAINAN AND DIFFERENCES BETWEEN VEMICULATED RED SOILS AND LATOSOLS IN ENVIRONMENTAL SIGNIFICANCE IN SOUTH CHINA

Yin Qiuzhen¹ Guo Zhengtang^{2,1} Fang Xiaomin³

(1 *Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China*)

(2 *SKLQ, Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xian 710075, China*)

(3 *MOE National Laboratory of Western Chinas Environmental Systems and College of Resources and Environment, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China*)

Abstract Tropical soils with unique pedogenic processes influenced by warm humid climate are investigated worldwide. Latosols are zonal soils in tropical areas of China and have been the subject for scientists studying mineralogical and geochemical characteristics. However studies on micromorphological characteristics of the soil are still far and rare. In this study, micromorphological features and pedogenic processes of three Latosol profiles derived from different parent materials from Hainan Island are studied with soil micromorphological, clay mineralogical and chemical methods. Vermiculated red soils in South China, which were formed in the mid-Pleistocene, are called Latosols in some studies. To provide evidence for the study of palaeoenvironment and archaeology, vermiculated red soils are compared with Latosols in this study. The results indicate that Latosols mainly have two typical micromorphological features. One is the absence of unweatherable minerals and illuvial clay, and the other is the presence of nodules of iron and manganese oxides resulting from weathering and isotropic fabric in good drainage conditions. The typical pedogenic processes of latosols are strong weathering, rubification, homogenization, eluviation and remarkable desilication. In poor drainage conditions, some pseudogley features are formed. Resulting from strong chemical weathering under the tropical climate, Latosols are strongly developed. Compared with Latosols, vermiculated red soils are less developed. They cannot be classified as latosols and Oxisols, but tend to be classified as Ultisols in the American Soil Taxonomy, corresponding to red earths in the Chinese Soil Genetic Classification. This indicates wet, warm climate and indeciduous, latifoliate vegetation in the vast areas south of the Yangtze River during the forming period of vermiculated red soils.

Key words Hainan Island; Latosols; Micromorphology; Vermiculated Red Soils