

中国南方红土古环境重建中存在的几个问题

冯志刚^{1,2}, 王世杰¹

(1. 中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室, 贵州 贵阳 550002

2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘 要: 随着黄土- 古土壤系列在中国北方第四纪古环境演变的成功恢复, 对中国南方红土所记录的古环境和全球变化信息的研究也逐渐成为热点。然而, 纵观最近 10 多年来对中国南方红土古环境变化的研究现状, 还存在不少问题, 一些结论尚难以令人满意, 从成因机理上未能给予有力的理论支持。对风化壳形成机理的认识、风化壳剖面记载环境变化的历史、红土- 沉积旋回所反映的古气候变迁、红土和黄土的古环境记录的对比等方面的研究中暴露出的一些问题, 本文进行了剖析和讨论。

关键词: 中国南方; 红土; 红色风化壳; 古环境重建; 问题

中图分类号: X144

文献标识码: A

红土又称红色风化壳, 是湿热生物气候条件下长期风化作用的产物, 在中国广泛发育于长江以南的热带、亚热带地区, 分布面积约 $220 \times 10^4 \text{ km}^2$ ^[1], 和北方黄土一起构成覆盖中国陆表的两种重要的土状地质形成物。20 世纪 90 年代以来, 随着黄土- 古土壤系列对第四纪古环境演变的成功恢复, 及其所建立的时间- 气候序列已能与深海沉积物氧同位素阶段曲线进行很好的对比, 并成为国际上进行古环境重建的陆相沉积系列标准^[2], 对红色风化壳形成过程中所记录的古环境和全球变化信息的研究也逐渐成为热点^[1,3~11]。许多在黄土- 古土壤中使用的气候替代性指标被引用到红土中来, 地球化学、环境矿物学、环境磁学、粒度分析、物理化学等指标在确定风化壳的发育程度、解译环境变迁方面发挥了重要作用, 一些学者还通过红土期的划分^[9~12]、红土- 沉积序列与黄土- 古土壤的对比^[3~8], 试图揭开中国南方第四纪演化的历史。由于纬度效应, 红土是在水热条件充沛、生物作用活跃的地质时期形成的产物, 必然蕴涵了形成过程中环境变迁的丰富信息, 记录了中国南方第四纪以来环境变化的过程。

然而, 由于成因的多元性、演化阶段的不确定性及断代的困难性, 纵观最近 10 多年来对我国南方红土古环境变化的研究结果, 还存在不少问题, 一些结论尚难以令人满意, 成因机理上未能给予有力的理论支持。本文旨在对我国南方红土古环境研究中暴露出的一些问题进行剖析和讨论, 以期对南方红土古环境的深入研究提供参考。

1 关于对风化壳形成机理的认识

之所以提出这个问题, 涉及到红色风化壳形成和演化过程中对所记录的环境信息的正确理解。风化壳是在风化作用过程中形成的, 由残积物所组成的覆盖于地表的外壳^[12]。风化作用是指地壳最表层的岩石在温度变化、大气、水、生物等因素作用之下, 发生机械破碎和化学变化的一种作用^[13]。目前对风化作用的理解还存在一些歧义, 一种观点^[12~14]认为风化作用的风化流体(或风化介质)包括大气降水和地下水, 风化壳就是在这两种介质中诸多风化要素作用下的产物; 另一种观点(引自^[15],

收稿日期(Received date): 2003- 05- 11; 改回日期(Accepted): 2003- 09- 20。

基金项目(Foundation item): 国家自然科学基金重点项(49833002)及面上项目(90202003)资助。[Supported by the National Natural Science Foundation of China, No. 49833002 and No. 90202003.]

作者简介(Biography): 冯志刚(1970-), 男, 博士研究生。从事环境地球化学研究。[FENG zhigang(1970-), Male, Ph. D Student. Study on environmental geochemistry. Email: fzg999@sina.com.]

Nesbitt 等^[16]坚持风化作用过程中的风化流体专指大气降水,不包括地下水。Nesbitt 等^[16]将地下水与剖面之间的作用及风化剖面埋藏后的作用都归到成岩作用之中。从上述对风化作用的定义中可以看出,其焦点问题就是地下水的地位和作用,即在风化过程的诸要素中,是否包含地下水。笔者支持 Nesbitt 等人^[16]的观点,地下水不应该作为风化作用的要素,尤其从风化壳作为环境变化的信息载体的角度而言,地下水对风化壳剖面的作用不但不能记录风化壳形成过程中的环境信息,而且会对环境记录产生改造和破坏。

在充沛的水热条件下,理想的风化壳剖面发育在排水良好、构造缓慢上升的地段,富含 CO_2 的大气降水作为风化流体和介质从地表向风化剖面深处垂向渗滤,岩-土界面(又称风化前锋)作为临时隔水层,渗流水在此汇聚并充分发生水-岩反应,可溶组分逐渐随水排出剖面,风化前锋不断向下拓展,风化壳剖面逐渐增厚。当构造抬升速率和风化前锋的位移速率相等时,风化壳稳定地发育。构造强烈上升区易受剥蚀,风化壳不易保留;而在构造沉降区,一方面,潜水面上升,地下水侵入风化壳体,阻碍了风化壳的向下发展。另一方面,由于构造沉降,易被后期的沉积物所覆盖,成为埋藏风化壳,中止了风化壳的发育。

地下水进入风化剖面,对风化壳的影响,主要表现在两方面:其一,风化母岩(第四纪沉积物除外)作为隔水层,岩-土界面成为地下水的下垫面,而地下水的溶蚀作用只能发生在潜水面附近的流动带,岩-土界面的滞水缺乏化学动能,无法对母岩进行进一步作用,因此使风化壳向下发育停滞。其二,潜水面附近的流动带具有一定的化学溶蚀和分解能力,对其作用范围内的已成风化壳层段进行后期改造,随着地下水位的波动,于是在风化剖面的不同标高留下了“痕迹”,破坏了风化壳剖面的原始发育特征。另外,地下水的介质条件受局地水文地质环境影响甚大,不具备地带性特征,从风化壳对古气候记录的角度看,地下水在风化壳中留下的“痕迹”也不具有区域指示意义,相反,破坏了风化壳发育过程的古环境记录。如顾尚义等^[17]对广西叫弄英安岩风化剖面的研究中发现,在风化剖面形成过程中由于地下水作用的叠加,使得风化剖面的发育偏离了“正常的”演化趋势。

因此,红色风化壳作为恢复中国南方第四纪古

气候的信息载体,在重建第四纪古环境的研究中,必须消除地下水活动对风化壳的影响,以还原风化壳的气下风化特征。然而,识别和排除地下水的影响是困难的。可喜的是,在中国南方丘陵台地的台面和缓坡地带,良好的排水条件和相对较弱的侵蚀作用,使在不同的母岩上发育了几米到十几米的厚层红色风化壳,是第四纪稳定的构造、高温高湿条件下长期气下风化的产物,代表夷平期^[18],是地貌发育的晚期阶段^[19],为第四纪古环境研究提供了良好的材质。

2 风化壳剖面能否记载环境变化历史

风化壳的发育特点是由表及里逐渐深入的过程。剖面愈向上形成的时代愈老,而在岩-土界面代表了现代风化阶段,因此其剖面的时间序列和正常的沉积序列是反向的。由于风化壳剖面上部比下部老,经历的风化作用时间也长,一般地,风化强度也是自上向下逐渐减弱的。同时,随着风化前锋不断向下拓展,母岩在风化形成残积物的过程中,残留在风化前锋之上的已经形成的风化物质继续接受后期风化过程的改造,结果使剖面自下而上风化程度逐渐增强^[20]。对于中国南方的红色风化壳,包括位于稳定地台的出露型残余风化剖面,是古风化壳^[14],是第四纪以来长期古环境演化的结果。因此,从理论上来说,作为古环境变化的信息载体,红色风化壳剖面序列具有记录环境变迁历史的功能,即风化年龄最老的剖面顶部记录了风化壳形成伊始的环境信息,而岩-土界面代表了现代环境下的风化特征,以此类推。有些学者也试图对风化剖面进行分层分析,藉以提取地质历史上的环境变化信息。续海金等^[21]对大别山南、北坡花岗岩红色风化壳剖面对比研究中发现,表征化学风化程度的指标(A/CNK 、 CIA 、 OI 、 Si/Al 及粘粒含量)在南坡花岗岩风化剖面的垂向上具有两次振荡,出现了两次峰值,认为是两次风化轮回的结果,风化强度低值代表了风化壳发生构造抬升,并遭受剥蚀和淋滤,而高值表现为在构造作用弱时风化壳的风化。朱立军^[22]对贵州喀斯特山地碳酸盐岩红土剖面的研究中,指出风化壳剖面可以分出上部表层土壤、中部和底部岩土过渡带附近三个针铁矿带和相间分布的两个赤铁矿带。针铁矿主要形成于湿热气候条件和酸性环境,赤铁矿则形成于干热气候条件。认为反映了第四纪

以来红土风化成土过程中至少经历了三次湿热和两次干燥的周期性古气候变化特征。雷州半岛英峰岭剖面发育了4层红土与火山岩互层的多旋回红土-火山岩系列, 徐义芳等^[8]的研究认为, 该剖面的红土-火山岩系列最少记录有9次成土环境的波动变化。从以上的实例中不难看出, 对红色风化壳剖面不同层次的环境记录的提取、识别和古环境的恢复成为南方第四纪研究的一项内容。

然而, 由于风化壳风化过程的复杂性和剖面的穿时性, 在剖面解译时必须面对以下困难: (1) 古红土的发育过程中, 可以一期风化成土作用未完, 受蚀后又有新一期风化成土作用进行, 期间有大量的重叠剖面^[23], 从而使不同风化环境的信息叠加。(2) 能标志环境变化的某些元素或矿物, 可以经常向深层或剖面外转移^[23]。(3) 风化壳的发育是从地表向地下不断发展的过程, 在气下作用下, 风化壳表层容易与大气环境取得平衡。而风化壳内部, 随着远离风化表层, 风化流体的介质条件也发生变化, 一般是氧逸度和氧化还原电位降低, pH值升高, 介质的离子类型和浓度也存在差异, 因此剖面内部的风化作用不是与当地的大气环境而是与其所处的介质条件达到平衡。所以风化壳某一层段的环境记录反映的是该层遭受风化作用期间与之作用的介质状况, 实际上只有风化壳表层真正能反映当地的环境条件。(4) 在剖面下部发育新风化物质的同时, 其上部分一直经历了从形成至今的风化历史。根据 Bryan 和 Teakle^[24]提出“pedogenic inertia”的概念, 即当影响某种土壤类型的形成因素发生变化和不再存在时, 已成土壤的性质仍旧保持。对没有被埋藏的古土壤来说, 它仍受后期成壤过程的改造, 一部分化学特性由于在土壤发育中具有不可逆性, 因而可以用来研究其发育程度最强时的成壤过程^[25]。对风化壳而言, 也是如此。真正记录风化壳环境变化的信息载体是那些曾经经历过最强风化程度的产物。而一旦经历了暖期, 在冷期的作用下就很难改变暖期下形成的性状。而易受后期环境改造影响的信息也由于暖期风化产物的掩盖而难以提取和识别。

对红色风化壳不同层段的环境信息提取进而反演第四纪古环境的变化, 是极富困难和挑战、有可能而又充满疑问的研究方向。如以上的实例^[8, 21, 22]中通过风化壳形成过程中所记录的环境信息来推想古环境的变化, 那么它们的发生机理是什么? 这些信息是怎样形成和保持的? 实际上, 就目前的认识

水平而言, 尚不能给出一个合理的解释, 除非有地下水的后期改造。

3 红土-沉积旋回能否反映古气候变迁

随着北方黄土-古土壤的时间-气候序列标准的建立, 南方红土-沉积旋回系列的古环境研究也逐渐受到重视, 并试图与北方黄土作对比, 以期揭示中国南方第四纪环境变化的历史^[1, 3~7]。南方第四纪沉积物从成因上可分为水成和风成两类。在长江中下游地区的第四纪沉积物及其上发育的红土旋回系列^[3~7], 更多的证据表明为风成沉积的结果, 与北方黄土-古土壤的形成机理相似, 由于纬度效应, 气候更偏湿热, 其古环境意义可以用在北方黄土建立的理论体系来解释, 在此不多赘述。本文主要讨论的是在华南地区水成的红土-沉积旋回剖面的第四纪古环境重建的问题。朱照宇等^[1]对广东西南部雷州半岛一带的多层红土风化层与砂泥质沉积层叠置的剖面研究中, 通过对湛江桉树中心红土-沉积系列剖面若干环境指标的分析, 提出了红土-沉积系列的6个旋回, 每一旋回都是从底部的砂砾石层, 向上逐渐变为砂、粉砂和粘土, 顶部为红色风化壳或杂色粘土, 代表了气候的变迁。但是对于红土-沉积序列(水成)的环境指示, 有以下几个问题需要考虑:

第一, 沉积物是红土的风化母质, 但是沉积物的风化指标弱于红土并不代表沉积物形成于冷期。因为沉积物的形成是水下环境, 而红土或红色风化壳的发育是在气下, 红土-沉积旋回系列反映了构造环境的频繁波动, 沉积物是构造沉降的产物, 红土是构造抬升风化剥蚀的结果。而构造活动和气候变迁之间是否存在耦合关系, 尤其在低海拔地区, 还是一个疑问, 尽管有人^[26, 27]对此进行过讨论。不象黄土-古土壤系列的形成, 是冰期-间冰期古季风强弱变化的直接产物, 而红土-沉积系列是在两种不同的成因背景下形成的, 红土与沉积物之间风化指标的差异也不象黄土-古土壤具有明确的气候指示意义。

第二, 红土被新一轮沉积物覆盖前是否与环境达到了平衡? 是否遭受过剥蚀? 是否经历了不同风化阶段的叠加? 从红土中准确地提取环境信息必须要回答这三个问题, 然而这又是红土研究中的一个难点。从目前而言, 还没有有效的手段进行识别和分离。未达到平衡的剖面、遭受了剥蚀的剖面 and 经

历了不同风化阶段叠加的剖面,对古环境、古气候重建的指示必然要失真。

4 红土和黄土的古环境记录是否有可比性

准确的断代是进行剖面对比的基础。黄土-古土壤序列高分辨率的时标-气候系统把第四纪划分成 37 个气候旋回^[28],而南方红土,黄镇国等^[11]划分出 6 个红土期,朱照宇等^[10]则划分为 5 期,席承藩^[9]划分为 4 期。这一方面由于纬度效应,南方长期处于湿热的气候状态,另一方面也是缺乏有效的定年手段,风化壳的测年问题一直未得到解决,是风化壳第四纪研究的国际性难题^[9,29]。因此,红色风化壳和红土-沉积序列与黄土-古土壤系列在多大的时空尺度上具有可比性还不能给出一个肯定的答案,尽管一些学者在南-北剖面对比方面做了一些努力^[3~8],但是间接测年(如通过母岩或盖层年龄推断)仍不能进行高分辨率的古环境对比。

5 小结

以上,就是笔者对中国南方红土 1990 年代以来第四纪古环境研究方面存在的一些问题的粗浅总结。在风化壳形成机理的认识、风化壳剖面记载环境变化历史的可能性、红土-沉积旋回所反映的古气候变迁、红土和黄土的古环境记录的可比性等方面,进行了剖析和讨论。提出问题的目的是为了将来更好地解决这些问题,广袤的红土蕴涵着丰富的古环境信息,但是红土的第四纪研究又充满艰难和曲折,中国南方红土古环境的研究任重而道远。

参考文献(References):

- [1] Zhu Zhaoyu, Wang Junda, Huang Baolin, *et al.*. Red Soil, Loess and Global Change[J]. *Quaternary Sciences*, 1995, (3): 267~ 277. [朱照宇,王俊达,黄宝林,等.红土·黄土·全球变化[J].第四纪研究,1995,(3):267~ 277.]
- [2] Ding Zhongli, Liu Tungsheng. Progresses of Loess Research in China (Part 1) Loess Stratigraphy[J]. *Quaternary Sciences*, 1989, (1): 24~ 35. [丁仲礼,刘东生.中国黄土研究新进展(一)黄土地层[J].第四纪研究,1989,(1):24~ 35.]
- [3] Liu Liangwu, Gong Zitong. Development and Evolution of Red Paleosols[J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 2000, 20(3): 37~ 42. [刘良梧,龚子同.古红土的发育与演变.[J]海洋地质与第四纪地质,2000,20(3):37~ 42.]
- [4] Li Chang'an, Gu Yansheng. Stratigraphic Study on the Vermicular Red Earth at Xiushui County, Jiangxi Province[J]. *Journal of Stratigraphy*, 1997, 21(3): 226~ 232. [李长安,顾延生.江西修水第四系网纹红土的地层学研究[J].地层学杂志,1997,21(3):226~ 232.]
- [5] Xiong Shangfa, Ding Zhongli, Liu Tungsheng. The Comparison of Particle Characteristics among Laterite in Northern Jiangxi Province, Loess near Beijing and Sand of Desert[J]. *Chinese Science Bulletin*, 1999, 44(11): 1216~ 1219. [熊尚发,丁仲礼,刘东生.赣北红土与北京临区黄土及沙漠砂的粒度特征对比.科学通报,1999,44(11):1216~ 1219.]
- [6] Xiong Shangfa, Liu Tongsheng, Ding Zhongli. The Weathering Sequence of the Red Earth over Southern China[J]. *Journal of Mountain Science*, 2000, 18(1): 7~ 12. [熊尚发,刘东生,丁仲礼.南方红土的剖面风化特征[J].山地学报,2000,18(1):7~ 12.]
- [7] Zhao Qiguo, Yang Hao. A Preliminary Study on Red Earth and Changes of Quaternary Environment in South China[J]. *Quaternary Sciences*, 1995, (2): 107~ 116. [赵其国,杨浩.中国南方红土与第四纪环境变迁的初步研究[J].第四纪研究,1995,(2):107~ 116.]
- [8] Xu Yifang, Zhu Zhaoyu, Wei Qizhong, *et al.*. Clay Mineral, Chemical Characteristics and Environmental Record of the Multi-stage Laterite at Yingfengling Section, Leizhou Peninsula[J]. *Geochimica*, 1999, 28(3): 281~ 288. [徐义芳,朱照宇,文启忠,等.雷州半岛英峰岭剖面红土的粘土矿物和化学特征与成土环境关系[J].地球化学,1999,28(3):281~ 288.]
- [9] Xi Chengfan. On the Red Weathering Crusts of Southern China[J]. *Quaternary Sciences*, 1991, (1): 1~ 8. [席承藩.论华南红色风化壳[J].第四纪研究,1991,(1):1~ 8.]
- [10] Zhu Zhaoyu, Zheng Honghan, Zhang Guomei, *et al.*. The Developmental Stages of Red Soils and Their Weathering Minerals in the Tropics of South China[J]. *Quaternary Sciences*, 1991 (1): 18~ 27. [朱照宇,郑洪汉,张国梅,等.华南热带红土期及风化矿物初步研究[J].第四纪研究,1991,(1):18~ 27.]
- [11] Huang Zhenguo, Zhang Weiqiang, Chen Junhong. The Red Earth Periods in China[J]. *Tropical Geography*, 1998, 18(1): 34~ 41. [黄镇国,张伟强,陈俊鸿.中国的红土期[J].热带地理,1998,18(1):34~ 41.]
- [12] Xie Yuping. Quaternary Geology & Geomorphology[M]. Beijing: Geology Press, 1994. 26~ 33. [谢宇平.第四纪地质学及地貌学[M].北京:地质出版社,1994.26~ 33.]
- [13] Zeng Yunfu, Xia Wenjie. Sedimentary Petrology[M]. Beijing: Geology Press, 1986. 8~ 18. [曾允孚,夏文杰.沉积岩石学[M].北京:地质出版社,1986.8~ 18.]
- [14] Huang Zhenguo, Zhang Weiqiang, Chen Junhong, *et al.*. The Red Weathering Crusts in South China[M]. Beijing: Ocean Press, 1996. 1~ 8, 178~ 233. [黄镇国,张伟强,陈俊鸿,等.中国南方红色风化壳[M].北京:海洋出版社,1996.1~ 8,178~ 233.]
- [15] Liao Shifan. The Discussion on the Meaning of the Weathering[J]. *Guizhou Geology*, 1997, 14(1): 64~ 70. [廖士范.关于风化作用涵义的探讨[J].贵州地质,1997,14(1):64~ 70.]
- [16] H. W. Nesbitt, G. M. Young. Prediction of Some Weathering Trends of Plutonic and Volcanic Rocks Based on Thermodynamic and Kinetic Considerations[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1984, 48: 1523

- ~ 1534.
- [17] Gu Shangyi, Mao Jianquan, Zhang Qihou. Interaction between Weathering Profile and Groundwater Evidenced by Dacite Weathering Profile of Jiaonong, Guangxi[J]. *Journal of Guizhou University of Technology (Natural Science Edition)*, 2002, **31**(2): 48~ 52. [顾尚义, 毛健全, 张启厚. 广西叫弄英安岩风化剖面与地下水作用的证据[J]. 贵州工业大学学报(自然科学版), 2002, **31**(2): 48~ 52.]
- [18] Huang Zhenguo, Zhang Weiqiang. Coupling Relationship between the Red Earth Evolution, Climate Change and Tectonic Movement in China [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2000, **55**(2): 200~ 208. [黄镇国, 张伟强. 中国红土期气候期构造期的耦合[J]. 地理学报, 2000, **55**(2): 200~ 208.]
- [19] Cui Zhijiu, Li Deven, Feng Jinliang, *et al.*. The Covered Karst, Weathering Crust and Karst (Double-level) Planation Surface [J]. *Science in China (Series D)*, 2002, **45**(4): 366~ 379. [崔之久, 李德文, 冯金良, 等. 覆盖型岩溶、风化壳与岩溶(双层)夷平面[J]. 中国科学(D), 2001, **31**(6): 510~ 519.]
- [20] Gao Quanzhou, Cui Zhijiu, Tao Zhen, *et al.*. The Property, Age and Formation Environment of Palaeokarst in Qinghai-Xizhang Plateau. *Journal of Geographical Sciences*, 2002, **12**(2): 144~ 152.
- [21] Xu Haijin, Ma Changqian, Liu Fan, *et al.*. Differences of Granitic Weathering at the Northern and Southern Feet of Dabie Mountains, Central China: Implication for Tectonic and Climatic Environments[J]. *Science in China (Series D)*, 2003, **46**(7): 641~ 651. [续海金, 马昌前, 刘凡, 等. 大别山南、北坡花岗岩风化作用的差异及其构造、气候环境意义[J]. 中国科学(D辑), 2002, **32**(5): 415~ 422.]
- [22] Zhu Lijun. Aluminum Substitution of Goethite from Laterite in Carbonate Rock-Distributed Areas[J]. *Geology-Geochemistry*, 1997, (1): 42~ 45. [朱立军. 碳酸盐岩地区红土针铁矿中铝对铁的置换作用及其环境意义[J]. 地质地球化学, 1997, (1): 42~ 45.]
- [23] Lu Jinggang. Soil Geology[M]. Beijing: Geology Press, 1997. 128~ 132 [陆景冈. 土壤地质学[M]. 北京: 地质出版社, 1997. 128~ 132]
- [24] W. H. Bryan, L. J. H. Teakle. Pedogenic Inertia—a concept in soil science. *Nature*. 1949, **164**: 969.
- [25] Yao Xiaofeng, Guo Zhengtang, Zhao Xiao, *et al.*. Discovery of Red Paleosol and Its Indication on Uplift of Tibet Plateau at East Feet of Yulong Mountain [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2000, **45**(15): 1671~ 1676. [姚小峰, 郭正堂, 赵希涛, 等. 玉龙山东麓古红壤的发现及其对青藏高原隆升的指示. 科学通报, 2000, **45**(15): 1671~ 1676.]
- [26] Sun Dianqing, Wu Xihao. The Preliminary Study on Quaternary Tectonics-climate Cycle in China [A]. In: The Quaternary Research Committee of China. Quaternary Research in China (Vol. 7) [C]. Beijing: Science Press, 1986. 2~ 9. [孙殿卿, 吴锡浩. 中国第四纪构造—气候旋回的初步研究. 见: 中国第四纪研究委员会. 中国第四纪研究(第7卷). 北京: 科学出版社, 1986. 2~ 9.]
- [27] Zhu Zhaoyu, Ding Zhongli, Han Jingai. Activations of Neotectonics and Drastic Changes in Climate [J]. *Quaternary Sciences*, 1994, (2): 56~ 65. [朱照宇, 丁仲礼, 汉景泰. 新构造活化与气候恶化[J]. 第四纪研究, 1994, (2): 56~ 65.]
- [28] Ding Zhongli, Liu Tunsheng, Liu Xiuming, *et al.*. 37 Climate Cycles from 2.5 Ma yr B.P. [J]. *Chinese Science Bulletin*, 1989, (19): 1494~ 1496. [丁仲礼, 刘东生, 刘秀铭, 等. 250万年以来的37个气候旋回[J]. 科学通报, 1989, (19): 1494~ 1496.]
- [29] G. Ruffet, C. Innocent, A. Michard, *et al.*. A Geochronological $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ and $^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$ Study of K-Mn Oxides from the Weathering Sequence of Azul, Brazil [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 1996, **60**: 2219~ 2232.

Problems in the Paleoenvironmental Reconstruction of Laterite in South China

Feng Zhi-gang^{1,2}, Wang Shi-jie¹

(1. The State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, CAS, Guiyang 550002, China;

2. The graduate school, CAS, Beijing 100039, China)

Abstract: With Successful recovery of loess-paleosol sequence on Quaternary paleoenvironmental change in North China, lateritic research on paleoenvironment and global change has been gradually becoming a hotspot in South China. Despite surveying research results over the last ten years, there are still a few questions. Some conclusions are not satisfactory and provide no forceful theoretic supports from the genetic mechanism, such as follows:

First, There is a difference about understanding of weathering crust formation mechanism. The basis of the paleoenvironmental reconstruction of weathering crust is to correctly catch on the forming processes and the focus is the role and status of groundwater, i. e., whether groundwater should be considered as a weathering factor, which bears on the debate. We think that groundwater shouldn't become a factor of weathering action. Especially, from the angle of weathering crust's being the information carrier of environmental change, groundwater can neither record the environmental information, nor modify and destroy environmental records.

Second, whether red weathering crust can record the history of environmental change. As the information carrier of paleoenvironmental change, red weathering section may record environmental evolution history, namely, the oldest weathering section top carries the environmental information at the beginning of forming weathering crust, and the interface between bedrock and weathering crust represents weathering characteristics under modern weathering condition. But, owing to superposition of different weathering stages on the same section, migration of elements or minerals within profile during weathering process, weathering action making equilibrium with micro-environment inside profile not local atmospheric environment, and also appearance of 'pedogenic inertia' phenomenon during weathering, to abstract environmental information from different layers in red weathering crust and further deduce Quaternary paleoenvironmental change, is very difficult and challenging.

Third, whether laterite-deposition cycles can reflect evolution of paleoclimate. Being different from that loess-paleosol sequence is the direct result in the condition of paleo-monsoon alternative change per se, the weathering intensity of deposit on which red weathering section is developed is more weak than laterite, but this can't make out that deposit was formed in cold stage. Because deposit is formed in aqueous condition and laterite or red weathering section in aerial condition, laterite-deposit sequence was formed in two kinds of different genetic backgrounds and difference in weathering indices between laterite and deposit has no unambiguous climate indicative meaning. In addition, whether laterite makes equilibrium with environment before new deposit overlying, up to now, can't be identified and saperated effectively.

Last, whether paleoenvironmental records between laterite and loess is comparable. Accurate dating is the basis of profile correlation. Because dating of weathering section hasn't been resolved all the while, we can't make a affirmative answer about comparability between red weathering section including laterite-deposition cycles and loess-paleosol sequence at what scale of time and space.

In conclusion, Quaternary paleoenvironmental research in South China is full of difficulty, but extensive laterite bears sufficient paleoenvironmental information. Our aim to put forward previous questions is to well resolve them in future, and lateritic paleoenvironmental research in South China will be shoulder heavy responsibilities.

Key words: South China; laterite; red weathering crust; paleoenvironmental reconstruction; problems