

文章编号: 1000-5277(2009)05-0118-07

中国南方第四纪红土研究进展

陈秀玲, 李志忠, 靳建辉, 马 鹏, 李明辉

(福建师范大学地理研究所, 福建省亚热带资源与环境重点实验室, 福建 福州 350108)

摘要: 从红土成因、年代学研究、红土与古环境演变等方面, 对中国南方第四纪红土研究进展进行了详细论述与总结, 进而提出目前红土研究中存在的问题以及未来研究重点。

关键词: 红土; 第四纪; 环境演变; 中国南方

中图分类号: P534 **文献标识码:** A

Research Advance of Quaternary Red Earth in South China

CHEN Xiu-ling, LI Zhi-zhong, JIN Jian-hui, MA Peng, LI Ming-hui

(Institute of Geography, Fujian Normal University and Fujian Key

Laboratory of Subtropical Resources and Environment, Fuzhou 350108, China)

Abstract: Research advance on red earth in South China is particularly described and summarized from the aspects of the cause of red earth, chronology study, and paleo-environmental change and the questions in current red earth research and their solutions are also presented at the same.

Key words: red earth; Quaternary; environmental evolution; South China

中国南方红土是我国秦岭—淮河以南、青藏高原以东广泛分布的第四纪土状堆积, 是我国热带、亚热带地区第四纪以来季风气候环境下的产物, 是中国南方古环境演化与气候变迁的重要陆相沉积载体。近年来许多学者对我国南方第四纪红土的物质来源、地层学特征、土壤学特征、地球化学特征、磁学特征、生物特征等展开了广泛的探讨, 对我国南方红土的成因、年代学、古气候学等进行了深入系统的研究, 取得很多丰硕的成果, 但同时也在很多领域存在着争议。

1 红土的成因研究

近年来很多学者致力于中国南方红土的成因研究, 但我国南方红土的物质来源和成因类型至今尚未取得一致的认识。目前对我国南方红土物质来源有冲积、洪积、风积、坡麓堆积风化等不同看法^[1]。譬如, 陈云认为云南元谋红土可划分为风化壳型红土、地下水型红土、坡积型红土3种^[2]。尹秋珍等认为我国南方(安徽宣城)网纹红土是一种复合型的古土壤^[3]。袁宝印等则根据风化壳发育程度, 把我国第四纪松散沉积物上发育的南方红土划分为砖红土风化壳、红壤土风化壳和红化土风化壳3种类型^[4]。陆景岗认为深厚网纹红土的形成可能与新构造运动有关^[5]。

一些学者在肯定红土水成说的同时, 提出我国南方局部地区网纹红土可能与冰川、生物和砾石风化作用有关^[6-7]。但是, 我国亚热带南部和北部的红土物质来源可能是不同的。有的学者认为, 我国秦岭以南的第四纪红色粘土系全新世前的水成沉积物, 是高处古土壤和古风化壳被流水冲刷而下在河谷

收稿日期: 2009-05-30

基金项目: 福建省科技厅基金资助项目(2009R10039-4); 福建省自然科学基金资助项目(2009J05094; 2009J01208)

作者简介: 陈秀玲(1978—), 女, 福建长乐人, 讲师, 博士, 主要从事第四纪环境演变研究。

或低平处的堆积物^[1]。很多学者认为,我国南部广东省、华南地区的红土母质主要是水成的^[8-10]。

另外一些学者研究了我国北亚热带网纹红土后提出,我国亚热带北部长江中下游网纹红土大部分系风积成因^[11-17]。例如,杨达源等认为安徽宣城一带的网纹红土系风力搬运而来,与下蜀黄土同为风尘堆积^[11-12],胡雪峰对安徽向阳剖面高分辨率粒度分析结果表明,向阳剖面网纹红土具有原始风成沉积和后期强烈风化的双重特性^[13-14]。熊尚发等指出,我国南方红土与北方黄土同为风积成因,洪、冲积相的红土只不过是受流水改造的次生红土^[15]。李徐生等研究了江西鄱阳湖周边岗丘顶部几米厚的第四纪红色堆积地层后指出,其地层性状及沉积学特征与北方风成黄土及宁镇下蜀黄土有着很大的相似性,可以作为网纹红土具有风成特性的证据之一^[16]。此外,环洞庭湖地区网纹红土稀土元素(REE)分析则表明其稀土配分模式与黄土高原黄土和镇江下蜀黄土具有相似性,认为网纹红土可能是黄土高原黄土在中国东南部或南部的延伸^[17]。

近年来,江西、湖南、浙江等中亚热带地区第四纪红土的粒度、地球化学特征和稀土元素特征的分析也表明,中亚热带网纹红土母质与北方黄土—红粘土间存在物源联系,可能具有风成特性,并且经历了较强的风化成壤作用^[18-23]。例如,朱丽东等对江西、湖南、浙江等地更新世加积型红土REE含量和分布特征的研究,发现网纹红土母质与黄土高原黄土、镇江下蜀黄土、西峰第三纪红粘土的稀土配分模式非常一致,暗示网纹红土母质与北方黄土—红粘土间存在物源联系,因为这些网纹红土物质组成均匀,可能经历了高度混合,显示出较明显的风成特性^[18]。赣北等地的第四纪红粘土研究也表明,那里的红土属风尘堆积,是一种距离物源较远的粉尘堆积,沉积后可能经历了较强的风化成壤作用^[20-21]。熊尚发等沿着东亚冬季风主要路径之一,研究了自浑善达克南端的沙漠砂、北京附近的黄土与古土壤到赣北九江的红土样品,表明赣北红土具有远源风成堆积的粒度特征,并且具有沉积上的渐变过渡性^[20]。

杨立辉等对第四纪加积型红土的粒度研究表明,其特征与北方黄土以及风成沉积存在风成相似性^[21]。乔彦松等对成都平原地区双流胜利红土剖面样品的粒度、石英颗粒表面形态以及稀土元素分布模式系统分析结果表明,成都平原红土剖面中的成都粘土及网纹红土层属于风成成因^[22]。

最近研究结果也显示,我国南方红土可能具有多元成因的特点^[23-30]。例如,安徽、江西、湖南等地第四纪红土的REE特征/红土粒度组成和石英表面微形态等特征研究,发现红土母质既有风成起源的也有明显冲、洪积相成因的,红土成因具有多元性并存在空间差异,可能反映了我国南方第四纪环境的多样性和复杂性^[23-26]。乔彦松等对安徽宣城剖面的研究中,同时发现了风尘和河流沉积的粒度证据^[27],石英颗粒电子扫描电镜观察发现这个剖面沉积物的成因复杂,部分为北方季风带来,部分为河流相产物,且都经过强烈的后生改造作用^[28-29]。其他研究也发现,第四纪网纹红土剖面磁组构特征说明黄棕色土层的原始沉积环境与风尘沉积环境是一致的,网纹层磁组构特征与风成沉积的相应特征差别显著,但与部分水成沉积的相应特征有近似之处,初步推断网纹层可能为早期的风积物经后期水流改造的产物^[30]。

总体上看,我国亚热带北部,尤其是南岭以北区域的第四纪红土有较多风成成因的证据,而南岭以南的红土则主要与水动力的搬运沉积有关,反映了我国更新世冬季风粉尘传输的可能影响范围。

2 南方红土形成年代研究

在早期研究中,许多学者就从各个学科角度对我国南方红土的年代学进行不断的探索,例如,朱显谟从土壤发生学角度分析,认为红土的成土作用约需 2×10^4 a,网纹红土可能更长^[31]。刘东生等对比我国北方黄土—古土壤沉积序列认为,早更新世是我国南方红土发育时期,中更新世是南方红土最发育时期,形成网纹红土^[32]。席承藩从第四纪地层学和风化壳发育过程对比认为,第四纪红色风化壳底部砾石层的时代为 Q_1 ,网纹红土层为 Q_2 ,均质红土应属 Q_3 ,其发育时间可达100万年上下^[33]。陈云运用地层地貌对比分析,认为云南元谋盆地的红土主要形成于中更新世中期、晚更新世早期和全新世最佳期^[2]。从以上研究可知,尽管前期已有较多学者涉及我国南方红土年代学研究问题。但是,由于我国南方红土中生物化石贫乏,并且受到早期测年技术的限制,南方红土沉积序列的绝对年代问题并未

解决。

最近10年来,随着TL、ESR和古地磁等测年方法的运用,关于第四纪红土的年代学研究得到长足的发展,并初步建立了中国南方红土地层序列。

于振江等通过对安徽省沿江地区的网纹红土岩性、地球化学特征、古地磁和热释光测年等综合研究,认为其发育年龄介于0.45~2.5 Ma B.P.之间,底界年龄与我国北方午城黄土的底界基本一致^[34]。众多学者对安徽宣城第四纪红土剖面进行了热释光、光释光年代测定、ESR年代学和古地磁测年研究以及综合对比,结果表明我国南方红土序列砾石层、网纹层和均质红土层分别形成于早更新世晚期、中更新世早期和中更新世晚期,形成年龄分别约为大于800,800~400,400~100 ka B.P.之间^[27,35-39]。

施雅风通过对江西鄱阳湖滨地带红土沉积的古地磁测量,推算出其网纹红土下伏的红色“泥砾层”年龄为800~1 000 ka B.P.^[40]。蒋复初等对江西九江地区红土剖面的磁性地层学和热释光年龄研究表明,该剖面自下而上铁质网纹红土沉积于1 232~869 ka B.P.;网纹红土大约沉积于869~392 ka B.P.;红色粘土沉积于391~101 ka B.P.^[41]。李长安等认为江西修水地区网纹红土形成于早更新世末(约0.9 Ma B.P.)至晚更新世初(约0.1 Ma B.P.)^[42]。刘育燕对该地区红土剖面岩石磁学研究也表明,红土沉积的底界年龄可能大于0.78 Ma,即早于中国北方黄土的L8黄土层^[43]。顾延生对修水地区网纹红土的古地磁测试与热释光年龄分析表明,该区网纹红土形成时代为800~100 ka B.P.^[44]。这些结果与安徽宣城和庐山地区以及余江县地区的网纹红土的研究结果一致^[36-38,45-48]。

毛龙江对浙江上山文化遗址的红土沉积研究表明,其网纹红土形成于中更新世晚期173 ka B.P.左右^[17]。关康年利用热释光法测定了湖北省新洲县网纹红土底部的年龄,测定结果为660 ka B.P.,阳逻地区网纹红土下伏砾石层为920 ka B.P.^[49]。黄姜依等研究南京老虎山下蜀土剖面发现网纹红土形成时代为1 000~400 ka B.P.^[50]。

袁宝印等认为南方地区在700~400 ka B.P.之间曾广泛形成具网纹红土的风化壳,与S₅-S₄气候极端湿热阶段相对应^[51]。上述测年研究结果说明,我国南方网纹红土发育盛期在中更新世,其时代跨度可以从早更新世末一直延续到晚更新世初。一般认为,下伏砾石层年龄大于850 ka B.P.,网纹红土形成于850~400 ka B.P.,均质红土形成于400~100 ka B.P..

3 南方红土与古环境演变研究

我国南方红土能否反映环境演变并进而恢复南方第四纪环境演化历史,对此不同学者存在不同意见。有学者认为南方第四纪冰期风尘堆积通量低,间冰期水热活动强烈,间冰期的生物气候条件可破坏绝大部分前冰期,乃至上一个间冰期留下的沉积物,其间有大量缺失层位或重叠的沉积剖面,所以对古环境的重建必然失真,重建区域环境演变的可行性存在争议^[14,52-53]。但是大部分学者仍然认为,我国南方红土是对当时气候环境某种程度和规模的响应,记录了南方第四纪以来的气候变化和环境变迁,其存在的多个“沉积-成土”旋回反映了气候的冷暖或干湿交替,为研究古气候变迁提供了依据^[11,16,35,44,54-75]。

朱照宇等依据野外实测资料,将雷琼地区热带红土划出5个发育期次,之后对广东西南部雷州半岛一带多层红土风化层与砂泥质沉积层叠置的剖面提出了6个红土-沉积旋回,代表了气候的旋回变迁^[8,54]。邵家骥通过对苏南及沿江地区网纹红土的岩性、孢粉组合等研究表明,沉积时期有7次温湿-干凉的气候波动^[56]。蒋复初等发现江西九江地区红土显示出准0.4 Ma的周期变化,这与黄土高原、青藏高原构造层和地球公转轨道偏心率变化所反映的准0.4 Ma构造气候旋回基本一致^[41]。赣江流域网纹红土的孢粉分析也表明,中更新世气候变化存在7个冷暖干湿气候旋回^[63]。顾延生研究江西修水网纹红土的植硅石分出了10个气候变化阶段^[64]。李长安将该剖面的植硅石与磁化率和地球化学气候标志对比,在距今约0.9~0.1 Ma的网纹红土中识别出6个气候旋回,并将其与黄土-古土壤和深海氧同位素气候旋回进行对比^[42]。

近年来,分子化石的研究在红土研究中开始崭露头角,江西修水、浙江长兴、安徽宣城等地区的更新世网纹红土分子化石记录研究所反映的生物气候波动可与深海氧同位素曲线4~20阶段进行对

比^[65-68]。例如,对江西星子叶家垄组网纹红土研究认为,这里的红土沉积可分为下部3个旋回和上部3个旋回,6个旋回反映每次加积后经历了一期湿热气候下的风化阶段^[44,61],植硅石和孢粉研究则发现该区经历了温凉、干冷、温凉、暖湿4个气候阶段^[62]。虽然磁性性质在南方红土中的影响因素较为复杂,红土的环境磁学研究需要新的思路和方法^[57,69],但仍有不少研究认为第四纪红土中的磁性性质可以作为研究第四纪环境变化的手段之一^[26,35,57,70-72]。例如,岳阳市月山红土剖面磁化率分析显示,洞庭盆地气候从中更新世早期到全新世存在干凉—湿热—干凉—湿热的转变^[26]。对南京雨花台红土剖面的低频磁化率研究表明,区域气候由湿热向温凉转变的总体特征^[72]。

结合土壤地层学、磁化率、全氧化铁和碳同位素等测定手段,许多学者研究了安徽宣城红土沉积,结果表明该区自中更新世以来经历了7—8次冷暖变化,与黄土高原黄土—古土壤系列具有一致的气候旋回特征^[11,16,57-60]。尹秋珍等对安徽宣城网纹红土进行了微观研究,表明红土沉积期经历了多阶段的气候波动,白色网纹形成时期指示中更新世夏季风极强盛期^[73]。熊尚发等认为九江剖面下部网纹红土的风化强度大大高于剖面上部的褐黄色土,可能暗示中更新世晚期以来存在较为普遍的气候恶化(干冷)趋势^[76]。郑琰明等认为南方网纹红土不是在持续的湿热背景下形成的,其间可能经历了相对冷湿或凉干的气候波动^[38]。朱丽东认为浙江金衢盆地红土粒度的纵向变化旋回和趋势可能指示中更新世以来南方气候的不稳定性和气候逐渐变干冷的趋势^[19]。

赵其国等概述了我国南方红土的形成时期,将中更新世以来的沉积物—红土(古土壤)划分为8个沉积旋回,认为代表了8个大的气候旋回,与我国北方黄土—古土壤系列具有明显的可比性^[35]。黄镇国等将华南红色风化壳发育划分为6个期次,并通过研究南方红土的自然地带变迁及红土期、构造期及气候期的耦合关系,认为我国华南红土期是气候周期性变化的反映,并受全球气候变化,青藏高原隆升影响,与季风环流的形成与发展是分不开^[55]。杨浩、乔彦松等将我国南方的网纹红土剖面与洛川黄土—古土壤序列的标准剖面对比,发现有较好的一致性和对应性,与深海氧同位素气候曲线具有很好的可对比性^[36,39]。此外,多种地球化学指标在红土地层学与环境重建研究中,不断揭示出“热中见凉”的多旋回气候特征和多期红土化作用^[17,24,35,48,51,59],中国南方红土是湿热条件下的产物,其沉积相的细微变化同样受全球气候波动的影响,与中国北方的黄土—古土壤序列一样,能够记录过去全球气候的规律性变化,是全球变化研究值得注意的信息载体^[58]。

综上所述,关于我国南方红土研究,虽然还存在一定的争议,但是大部分学者认为利用地貌学、地层学、地球化学、土壤学、古地磁学和年代学等方法对南方第四纪红土进行综合研究,可以建立红土分布区的气候、构造环境演变序列,对全面认识我国第四纪气候变化过程,青藏高原抬升、东亚季风演化规律以及全球变化纬度效应均具有重要的意义。

4 红土研究的问题与展望

尽管到目前为止,红土研究已经取得了很大的进展,但仍然存在许多问题有待进一步的研究与探讨:(1)红土成因研究。如前所述,我国南方红土的成土母质,成因上可分为水成和风成两类,多数学者认为南岭以南的红土主要与水动力的搬运沉积有关,而南岭以北的亚热带北部第四纪红土则存在更多的风成成因证据,但是,究竟东亚冬季风粉尘传输影响范围的南界界定在何处目前却不得而知,应加强对相关敏感区域的研究。(2)红土测年和技术手段问题。关于中国南方第四纪红土年代研究虽然取得了丰硕的成果,各家测年结论也大体一致,但由于不同测年技术分辨率和覆盖的时间尺度不同,不同类型红土沉积的具体测年结果仍然存在不少差别。因此,建立完整的红土年代序列,必须在野外地貌地层学判断基础上,综合运用古地磁、ESR和TL/OSL3种方法进行系统断代。(3)红土中古环境记录与全球变化研究。从第四纪红土沉积中提取高分辨率气候环境演变信息,并与深海样同位素和黄土记录进行更加精确的综合对比是目前红土研究中的一个热点问题,这些重大问题的解决必须采用沉积学、年代学、元素地球化学等学科理论和沉积相模式进行系统综合研究,尽可能采用新技术新方法,才能获得新的突破,推动第四纪红土学的发展。

参考文献:

- [1] 朱显谟. 中国南方的红土和红色风化壳 [J]. 第四纪研究, 1993, 13 (1): 75—84.
- [2] 陈云. 元谋盆地的第四纪红土 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 1994, 14 (1): 75—86.
- [3] 尹秋珍, 郭正堂. 中国南方的网纹红土与东亚季风的异常强盛期 [J]. 科学通报, 2006, 51 (2): 186—193.
- [4] 袁宝印, 夏正楷, 李保生, 等. 中国南方红土年代地层学与地层划分问题 [J]. 第四纪研究, 2008, 28 (1): 1—13.
- [5] 陆景冈. 土壤地质学 [M]. 北京: 地质出版社, 1997: 97—130.
- [6] 席承藩. 关于中国红色风化壳的几个问题 [J]. 中国第四纪研究, 1965, 4 (2): 42—54.
- [7] 李驭亚. 华南第四纪网纹红土虫状白斑的成因探讨 [J]. 地质评论, 1965, 23 (2): 144—145.
- [8] 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, 15 (3): 267—275.
- [9] 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: 174—234.
- [10] 冯志刚, 王世杰. 中国南方红土的研究进展 [J]. 山地学报, 2003 (1): 641—646.
- [11] 杨达源, 韩辉友, 周旅夏, 等. 安徽宣城地区中晚更新世风尘堆积与环境变迁 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 1991, 11 (2): 97—104.
- [12] 杨达源. 中国东部的第四纪风尘堆积与季风变迁 [J]. 第四纪研究, 1991, 11 (4): 345—360.
- [13] Hu X F, Yuan G D, Guo Z T. Origin of Quaternary red clay of southern Anhui Province [J]. *Pedosphere*, 1998, 8 (3): 267—272.
- [14] 胡雪峰, 沈铭能, 方圣琼. 皖南网纹红土的粒度分布特征及古环境意义 [J]. 第四纪研究, 2004, 24 (2): 160—166.
- [15] Xiong S F, Sun D H, Ding Z L. Aeolian origin of the red earth in Southeast China [J]. *Journal of Quaternary Science*, 2002, 17 (2): 181—191.
- [16] 李徐生, 杨达源, 鹿化煜, 等. 皖南第四纪风尘堆积序列粒度特征及其意义 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 1997, 17 (4): 73—80.
- [17] 毛龙江, 莫多闻, 杨兢红, 等. 环洞庭湖地区网纹红土中稀土元素的地球化学特征 [J]. 环境化学, 2008, 27 (2): 222—225.
- [18] 朱丽东, 周尚哲, 叶玮, 等. 网纹红土稀土元素地球化学特征的初步研究 [J]. 中国沙漠, 2007, 27 (2): 194—200.
- [19] 朱丽东, 叶玮, 周尚哲, 等. 金衢盆地第四纪红土沉积粒度组成特征 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 2006, 26 (4): 111—116.
- [20] 熊尚发, 丁仲礼, 刘东生. 赣北红土与北京邻区黄土及沙漠砂的粒度特征对比 [J]. 科学通报, 1999, 11 (44): 1216—1219.
- [21] 杨立辉, 叶玮, 朱丽东, 等. 第四纪加积型红土与黄土的风成相似性探讨 [J]. 干旱区地理, 2008, 31 (3): 341—347.
- [22] 乔彦松, 赵志中, 李增悦, 等. 成都平原红土堆积的风成成因证据 [J]. 第四纪研究, 2007, 27 (2): 286—294.
- [23] 叶玮, 杨立辉, 朱丽东, 等. 中亚热带网纹红土的稀土元素特征与成因分析 [J]. 地理科学, 2008, 28 (1): 40—44.
- [24] 胡雪峰, 龚子同. 江西九江泰和第四纪红土成因的比较研究 [J]. 土壤学报, 2001, 38 (1): 1—9.
- [25] 胡雪峰, 朱煜, 沈铭能, 等. 南方网纹红土多元成因的粒度证据 [J]. 科学通报, 2005, 50 (9): 918—925.
- [26] 来红州, 莫多闻, 李新坡. 洞庭盆地第四纪红土地层及古气候研究 [J]. 沉积学报, 2005, 23 (1): 130—137.
- [27] 乔彦松, 郭正堂, 郝育振, 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 [J]. 科学通报, 2003, 48 (13): 1465—1469.
- [28] 夏应菲, 杨浩. 电子自旋共振 (ESR) 方法在第四纪红土年代学研究中的应用 [J]. 江苏地质, 1997, 21 (4): 220—223.
- [29] 夏应菲, 杨浩. 安徽宣城第四纪红土剖面石英颗粒扫描电镜观察 [J]. 南京师大学报: 自然科学版, 1998, 21 (1): 120—124.
- [30] 朱宗敏, 杨文强, 林文蛟, 等. 安徽宣城第四纪网纹红土的磁组构特征及其意义 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 2006, 26 (4): 105—110.
- [31] 朱显谟. 江西红壤之气候问题 [J]. 中国土壤学会会志, 1948, 1 (1): 51—56.
- [32] 刘东生, 刘敏厚, 吴子荣, 等. 第四纪地质问题 [M]. 北京: 科学出版社, 1964: 1—64.

- [33] 席承藩. 论华南红色风化壳 [J]. 第四纪研究, 1991, 11 (1): 1—8.
- [34] 于振江, 黄多成. 安徽省沿江地区网纹红土和下属土的形成环境及其年龄 [J]. 安徽地质, 1996, 6 (3): 48—55.
- [35] 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, 15 (2): 107—116.
- [36] 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 [J]. 土壤学报, 1996, 33 (3): 293—300.
- [37] 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.
- [38] 郑琰明, 周尚哲, 康建成, 等. 南方网纹红土及其形成环境的初步探讨 [J]. 嘉应学院学报: 自然科学, 2005, 23 (3): 79—83.
- [39] 乔彦松, 郭正堂, 郝青振, 等. 安徽宣城黄土堆积的磁性地层学与古环境意义 [J]. 地质力学学报, 2002, 8 (4): 369—375.
- [40] 施雅风, 崔之久, 李吉均, 等. 中国东部第四纪冰川与环境问题 [M]. 北京: 科学出版社, 1989: 460.
- [41] 蒋复初, 吴锡浩, 肖华国, 等. 九江地区网纹红土的时代 [J]. 地质力学学报, 1997, 3 (4): 27—32.
- [42] 李长安, 顾延生. 网纹红土中的植硅石组合及其环境意义的初步研究 [J]. 中国地质大学学报, 1997, 22 (2): 195—198.
- [43] 刘育燕, 林文姣, 朱宗敏, 等. 南方红土中的磁极倒转以及磁化率变动记录 [J]. 地质科技情报, 2003, 22 (3): 33—36.
- [44] 顾延生. 江西修水第四纪网纹红土的形成时代和古气候学研究 [D]. 中国地质大学硕士学位论文, 1996: 13—16.
- [45] 黄慰文. 南方砖红壤层的早期人类活动信息 [J]. 第四纪研究, 1991, 11 (4): 373—379.
- [46] 朱诚. 对庐山东麓第四纪沉积物物源及新构造运动的新认识 [J]. 地理学报, 1995, 50 (1): 41—50.
- [47] 杨立辉, 叶玮, 朱丽东, 等. 中国南方第四纪红土的形成时代 [J]. 热带地理, 2005, 25 (4): 293—297.
- [48] 隋淑珍, 姚小峰. 中国南方第四纪红土地层 [J]. 第四纪研究, 2000, 20 (2): 411—417.
- [49] 关康年, 黄宁生. 鄂东阳逻地区早更新世砾石层研究 [A]. 中国第四纪研究委员会, 中国科学院广州地质新技术研究所. 中国第四纪南北对比与全球变化 [C]. 广州: 广东高等教育出版社, 1993: 64.
- [50] 黄姜依, 方家骅, 邵家骥, 等. 南京下蜀黄土沉积时代的研究 [J]. 地质论评, 1988, 34 (3): 240—247.
- [51] 袁宝印, 叶莲芳. 雷公壘的地层年代学研究 [J]. 科学通报, 1979, 24 (6): 271—273.
- [52] 胡雪峰, 程天凡, 巫和听. 南方网纹红土内是否可能存在多个“沉积—成土”过程的旋回 [J]. 科学通报, 2003, 48 (9): 969—975.
- [53] 陆景冈. 新构造运动影响下的网纹红土 [M]. 北京: 农业出版社, 1991: 19—201.
- [54] 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): 8—27.
- [55] 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.
- [56] 邵家骥. 苏南及沿江地区柏山组、下蜀组的时代及成因 [J]. 江苏地质, 1999, 23 (1): 10—16.
- [57] 杨浩, 夏应菲, 赵其国, 等. 红土系列剖面的磁化率特征与古气候冷暖变换 [J]. 土壤学报, 1995, 32 (S2): 195—196.
- [58] 李小平, 夏应菲, 杨浩. 安徽宣城第四纪红土剖面的全氧化铁含量及其古环境意义 [J]. 江苏地质, 1998, 22 (3): 183—185.
- [59] 卢升高. 中国南方红土环境磁学 [J]. 第四纪研究, 2007, 27 (6): 1016—1022.
- [60] 李徐生, 杨达源, 鹿化煜, 等. 皖南风尘堆积序列氧化物地球化学特征与古气候记录 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 1999, 19 (4): 75—80.
- [61] 李吉均. 中国东部山地第四纪冰期气候问题 [J]. 地理学报, 1983, 38 (4): 438—442.
- [62] 王伟铭, 虞子冶, 杨浩. 江西星子县第四纪红土层的植硅石和孢粉研究及意义 [J]. 微体古生物学报, 1997, 14 (1): 41—48.
- [63] 杨怀仁, 徐蓉, 杨达源, 等. 长江中下游环境变迁与地生态系统 [M]. 南京: 河海出版社, 1995: 113—127.
- [64] 顾延生, 李长安, 章泽军. 植硅石分析在第四纪环境研究中的应用 [J]. 地质科技情报, 1997, 16 (4): 55—58.
- [65] 谢树成, 易轶, 刘育燕, 等. 中国南方更新世网纹红土对全球气候变化的响应: 分子化石记录 [J]. 中国科学 D 辑, 2003, 33 (5): 411—417.
- [66] 梁斌, 谢树成, 顾延生, 等. 安徽宣城更新世红土正构烷烃分布特征及其古植被意义 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2005, 30 (2): 129—132.
- [67] 王志远, 喻建华, 顾延生, 等. 浙江长兴更新世红土中的分子化石及其古环境意义 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 2002, 22 (1): 97—102.

- [68] 朱丽东, 周尚哲, 叶玮, 等. 中国南方红土沉积与环境变化研究 [J]. 浙江师范大学学报: 自然科学版, 2005, 28 (2): 206—210.
- [69] 吉云平, 夏正楷. 不同类型沉积物磁化率的比较研究和初步解释 [J]. 地球学报, 2007, 28 (6): 541—549.
- [70] 卢升高, 董瑞斌, 俞劲炎, 等. 中国东部红土的磁性及其环境意义 [J]. 地球物理学报, 1999, 42 (6): 764—771.
- [71] 卢升高. 第四纪红土的磁性与氧化铁矿物学特征及其古环境意义 [J]. 土壤学报, 2000, 37 (2): 182—191.
- [72] 袁大刚, 张甘霖. 雨花台红土的磁化率特征及其古环境意义 [J]. 土壤, 2008, 40 (1): 110—113.
- [73] Yin Q Z, Guo Z T. Mid—Pleistocene vermiculated red soils in southern China as an indication of unusually strengthened East Asian monsoon [J]. Chinese Sci Bull, 2006, 51 (2): 213—220.
- [74] 乔彦松, 郭正堂, 郝青振, 等. 安徽宣城黄土堆积的磁性地层学与古环境意义 [J]. 地质力学学报, 2002, 8 (4): 369—375.
- [75] 王芳, 周尚哲, 康建成, 等. 中国网纹红土研究进展 [J]. 烟台师范学院学报: 自然科学版, 2006, 22 (1): 63—68.
- [76] 熊尚发, 丁仲礼, 刘东生. 南方红土网纹: 古森林植物根系的土壤学证据 [J]. 科学通报, 2000, 45 (12): 1317—1321.
- [77] 顾延生, 肖春娥, 章泽军, 等. 中国南方红土的研究进展 [J]. 华东师范大学学报: 自然科学版, 2002 (1): 69—77.
- [78] 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.
- [79] 杨元根, 刘丛强, 袁可能, 等. 南方红土形成过程及其稀土元素地球化学 [J]. 第四纪研究, 2000, 20 (5): 469—480.

(责任编辑: 黄家瑜)

(上接第 111 页)

4 建议

(1) 主动得分技术是衡量球队整体实力的重要指标, 它不仅能反映出队伍的进攻水平, 同时也能反映出队伍的防守能力^[5]. 因此, 中国女排要成为超级强队, 必须技术全面, 攻守平衡, 并具备出色的主动得分能力.

(2) 中国女排还应拓宽全队进攻的点和面, 加强队员个人扣球突破能力和个人扣球战术意识的训练, 强化队员身体素质和心理素质的训练, 减少伤病的发生.

(3) 要有针对性地加强集体和个人拦网能力, 要在保证发球稳定性的同时, 进一步提高全队及个人发球的战术攻略.

参考文献:

- [1] 尹沛, 王霞. 第 28 届奥运会中国女子排球队得失分情况的比较研究 [J]. 中国体育科技, 2005, 41 (3): 79—82.
- [2] 肖勇, 屈东华. 中国女排参加第 28 届奥运会成功夺冠的技战术因素分析 [J]. 四川体育科学, 2006 (1): 95—98.
- [3] 高宝龙. 从第 15 届世界女排锦标赛得分分布探讨中国女排的得分能力 [J]. 北京体育大学学报, 2007, 30 (10): 1426—1428.
- [4] 王幼华. 对中外女排近年世界大赛各项技术指标的比较分析 [J]. 南京体育学院学报: 自然科学版, 2004, 3 (4): 23—24.
- [5] 丁世聪, 张红松, 丁世勇. 从主动得分效果看雅典奥运会女排三甲现状 [J]. 西安体育学院学报, 2005, 22 (3): 88—90.

(责任编辑: 余 望)

作者: [陈秀玲](#), [李志忠](#), [靳建辉](#), [马鹏](#), [李明辉](#), [CHEN Xiu-ling](#), [LI Zhi-zhong](#), [JIN Jian-hui](#), [MA Peng](#), [LI Ming-hui](#)

作者单位: [福建师范大学地理研究所, 福建省亚热带资源与环境重点实验室, 福建, 福州, 350108](#)

刊名: [福建师范大学学报 \(自然科学版\)](#) 

英文刊名: [JOURNAL OF FUJIAN NORMAL UNIVERSITY \(NATURAL SCIENCE EDITION\)](#)

年, 卷(期): 2009, 25(5)

被引用次数: 0次

参考文献(79条)

1. 朱显谟 [中国南方的红土和红色风化壳](#) [期刊论文] - [第四纪研究](#) 1993(01)
2. 陈云 [元谋盆地的第四纪红土](#) 1994(01)
3. 尹秋珍, 郭正堂 [中国南方的网纹红土与东亚季风的异常强盛期](#) [期刊论文] - [科学通报](#) 2006(02)
4. 袁宝印, 夏正楷, 李保生 [中国南方红土年代地层学与地层划分问题](#) [期刊论文] - [第四纪研究](#) 2008(01)
5. 陆景冈 [土壤地质学](#) 1997
6. 席承藩 [关于中国红色风化壳的几个问题](#) 1965(02)
7. 李驭亚 [华南第四纪网纹红土虫状白斑的成因探讨](#) 1965(02)
8. 朱照宇, 王俊达, 黄宝林 [红土@黄土@全球变化](#) [期刊论文] - [第四纪研究](#) 1995(03)
9. 黄镇国, 张伟强, 陈俊鸿 [中国南方红色风化壳](#) 1996
10. 冯志刚, 王世杰 [中国南方红土的研究进展](#) [期刊论文] - [山地学报](#) 2003(01)
11. 杨达源, 韩辉友, 周旅夏 [安徽宣城地区中晚更新世风尘堆积与环境变迁](#) 1991(02)
12. 杨达源 [中国东部的第四纪风尘堆积与季风变迁](#) [期刊论文] - [第四纪研究](#) 1991(04)
13. Hu X F, Yuan G D, Guo Z T [Origin of Quaternary red clay of southern Anhui Province](#) 1998(03)
14. 胡雪峰, 沈铭能, 方圣琼 [皖南网纹红土的粒度分布特征及古环境意义](#) [期刊论文] - [第四纪研究](#) 2004(02)
15. Xiong S F, Sun D H, Ding Z L [Aeolian origin of the red earth in Southeast China](#) 2002(02)
16. 李徐生, 杨达源, 鹿化煜 [皖南第四纪风尘堆积序列粒度特征及其意义](#) 1997(04)
17. 毛龙江, 莫多闻, 杨兢红 [环洞庭湖地区网纹红土中稀土元素的地球化学特征](#) [期刊论文] - [环境化学](#) 2008(02)
18. 朱丽东, 周尚哲, 叶玮 [网纹红土稀土元素地球化学特征的初步研究](#) [期刊论文] - [中国沙漠](#) 2007(02)
19. 朱丽东, 叶玮, 周尚哲 [金衢盆地第四纪红土沉积粒度组成特征](#) [期刊论文] - [海洋地质与第四纪地质](#) 2006(04)
20. 熊尚发, 丁仲礼, 刘东生 [赣北红土与北京邻区黄土及沙漠砂的粒度特征对比](#) [期刊论文] - [科学通报](#) 1999(44)
21. 杨立辉, 叶玮, 朱丽东 [第四纪加积型红土与黄土的风成相似性探讨](#) [期刊论文] - [干旱区地理](#) 2008(03)
22. 乔彦松, 赵志中, 李增悦 [成都平原红土堆积的风成成因证据](#) [期刊论文] - [第四纪研究](#) 2007(02)
23. 叶玮, 杨立辉, 朱丽东 [中亚热带网纹红土的稀土元素特征与成因分析](#) [期刊论文] - [地理科学](#) 2008(01)
24. 胡雪峰, 龚子同 [江西九江泰和第四纪红土成因的比较研究](#) [期刊论文] - [土壤学报](#) 2001(01)
25. 胡雪峰, 朱煜, 沈铭能 [南方网纹红土多元成因的粒度证据](#) [期刊论文] - [科学通报](#) 2005(09)
26. 来红州, 莫多闻, 李新坡 [洞庭盆地第四纪红土地层及古气候研究](#) [期刊论文] - [沉积学报](#) 2005(01)
27. 乔彦松, 郭正堂, 郝青振 [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](#) [期刊论文] - [科学通报](#) 2003(13)
28. 夏应菲, 杨浩 [电子自旋共振\(ESR\)方法在第四纪红土年代学研究中的应用](#) 1997(04)
29. 夏应菲, 杨浩 [安徽宣城第四纪红土剖面石英颗粒扫描电镜观察](#) [期刊论文] - [南京师大学报 \(自然科学版\)](#)

1998 (01)

30. [朱宗敏](#), [杨文强](#), [林文姣](#) [安徽宣城第四纪网纹红土的磁组构特征及其意义](#) [期刊论文] - [海洋地质与第四纪地质](#) 2006 (04)

31. [朱显谟](#) [江西红壤之气候问题](#) 1948 (01)

32. [刘东生](#), [刘敏厚](#), [吴子荣](#) [第四纪地质问题](#) 1964

33. [席承藩](#) [论华南红色风化壳](#) [期刊论文] - [第四纪研究](#) 1991 (01)

34. [于振江](#), [黄多成](#) [安徽省沿江地区网纹红土和下属土的形成环境及其年龄](#) 1996 (03)

35. [赵其国](#), [杨浩](#) [中国南方红土与第四纪环境变迁的初步研究](#) [期刊论文] - [第四纪研究](#) 1995 (02)

36. [杨浩](#), [赵其国](#), [李小平](#) [安徽宣城风成沉积一红土系列剖面ESR年代学研究](#) 1996 (03)

37. [刘良梧](#), [龚子同](#) [古红土的发育与演变](#) [期刊论文] - [海洋地质与第四纪地质](#) 2000 (03)

38. [郑琰明](#), [周尚哲](#), [康建成](#) [南方网纹红土及其形成环境的初步探讨](#) [期刊论文] - [嘉应学院学报](#) 2005 (03)

39. [乔彦松](#), [郭正堂](#), [郝青振](#) [安徽宣城黄土堆积的磁性地层学与古环境意义](#) [期刊论文] - [地质力学学报](#) 2002 (04)

40. [施雅风](#), [崔之久](#), [李吉均](#) [中国东部第四纪冰川与环境问题](#) 1989

41. [蒋复初](#), [吴锡浩](#), [肖华国](#) [九江地区网纹红土的时代](#) [期刊论文] - [地质力学学报](#) 1997 (04)

42. [李长安](#), [顾延生](#) [网纹红土中的植硅石组合及其环境意义的初步研究](#) 1997 (02)

43. [刘育燕](#), [林文姣](#), [朱宗敏](#) [南方红土中的磁极倒转以及磁化率变动记录](#) [期刊论文] - [地质科技情报](#) 2003 (03)

44. [顾延生](#) [江西修水第四纪网纹红土的形成时代和古气候学研究](#) 1996

45. [黄慰文](#) [南方砖红壤层的早期人类活动信息](#) [期刊论文] - [第四纪研究](#) 1991 (04)

46. [朱诚](#) [对庐山东麓第四纪沉积物物源及新构造运动的新认识](#) [期刊论文] - [地理学报](#) 1995 (01)

47. [杨立辉](#), [叶玮](#), [朱丽东](#) [中国南方第四纪红土的形成时代](#) [期刊论文] - [热带地理](#) 2005 (04)

48. [隋淑珍](#), [姚小峰](#) [中国南方第四纪红土地层](#) [期刊论文] - [第四纪研究](#) 2000 (02)

49. [关康年](#), [黄宁生](#) [鄂东阳逻地区早更新世砾石层研究](#) 1993

50. [黄姜依](#), [方家骅](#), [邵家骥](#) [南京下蜀黄土沉积时代的研究](#) [期刊论文] - [地质论评](#) 1988 (03)

51. [袁宝印](#), [叶莲芳](#) [雷公墨的地层年代学研究](#) 1979 (06)

52. [胡雪峰](#), [程天凡](#), [巫和听](#) [南方网纹红土内是否可能存在多个“沉积-成土”过程的旋回](#) [期刊论文] - [科学通报](#) 2003 (09)

53. [陆景冈](#) [新构造运动影响下的网纹红土](#) 1991

54. [朱照宇](#), [郑洪汉](#), [张国梅](#) [华南热带红土期及风化物初步研究](#) [期刊论文] - [第四纪研究](#) 1991 (01)

55. [黄镇国](#), [张伟强](#) [中国红土期气候期构造期的耦合](#) [期刊论文] - [地理学报](#) 2000 (02)

56. [邵家骥](#) [苏南及沿江地区柏山组、下蜀组的时代及成因](#) 1999 (01)

57. [杨浩](#), [夏应菲](#), [赵其国](#) [红土系列剖面的磁化率特征与古气候冷暖变换](#) 1995 (z2)

58. [李小平](#), [夏应菲](#), [杨浩](#) [安徽宣城第四纪红土剖面的全氧化铁含量及其古环境意义](#) 1998 (03)

59. [卢升高](#) [中国南方红土环境磁学](#) [期刊论文] - [第四纪研究](#) 2007 (06)

60. [李徐生](#), [杨达源](#), [鹿化煜](#) [皖南风尘堆积序列氧化物地球化学特征与古气候记录](#) [期刊论文] - [海洋地质与第四纪地质](#) 1999 (04)

61. [李吉均](#) [中国东部山地第四纪冰期气候问题](#) [期刊论文] - [地理学报](#) 1983 (04)

62. [王伟铭](#), [虞子冶](#), [杨浩](#) [江西星子县第四纪红土层的植硅石和孢粉研究及意义](#) 1997 (01)

63. [杨怀仁](#), [徐馨](#), [杨达源](#) [长江中下游环境变迁与地生态系统](#) 1995

64. 顾延生, 李长安, 章泽军 [植硅石分析在第四纪环境研究中的应用](#) 1997 (04)
65. 谢树成, 易铁, 刘育燕 [中国南方更新世网纹红土对全球气候变化的响应: 分子化石记录](#) [期刊论文]-[中国科学d辑](#) 2003 (05)
66. 梁斌, 谢树成, 顾延生 [安徽宣城更新世红土正构烷烃分布特征及其古植被意义](#) [期刊论文]-[地球科学-中国地质大学学报](#) 2005 (02)
67. 王志远, 喻建华, 顾延生 [浙江长兴更新世红土中的分子化石及其古环境意义](#) [期刊论文]-[海洋地质与第四纪地质](#) 2002 (01)
68. 朱丽东, 周尚哲, 叶玮 [中国南方红土沉积与环境变化研究](#) [期刊论文]-[浙江师范大学学报 \(自然科学版\)](#) 2005 (02)
69. 吉云平, 夏正楷 [不同类型沉积物磁化率的比较研究和初步解释](#) [期刊论文]-[地球学报](#) 2007 (06)
70. 卢升高, 董瑞斌, 俞劲炎 [中国东部红土的磁性及其环境意义](#) [期刊论文]-[地球物理学报](#) 1999 (06)
71. 卢升高 [第四纪红土的磁性与氧化铁矿物学特征及其古环境意义](#) [期刊论文]-[土壤学报](#) 2000 (02)
72. 袁大刚, 张甘霖 [雨花台红土的磁化率特征及其古环境意义](#) [期刊论文]-[土壤](#) 2008 (01)
73. Yin Q Z, Guo Z T [Mid-Pleistocene vermiculated red soils in southern China as an indication of unusually strengthened East Asian monsoon](#) 2006 (02)
74. 乔彦松, 郭正堂, 郝青振 [安徽宣城黄土堆积的磁性地层学与古环境意义](#) [期刊论文]-[地质力学学报](#) 2002 (04)
75. 王芳, 周尚哲, 康建成 [中国网纹红土研究进展](#) [期刊论文]-[烟台师范学院学报 \(自然科学版\)](#) 2006 (01)
76. 熊尚发, 丁仲礼, 刘东生 [南方红土网纹: 古森林植物根系的土壤学证据](#) [期刊论文]-[科学通报](#) 2000 (12)
77. 顾延生, 肖春娥, 章泽军 [中国南方红土的研究进展](#) [期刊论文]-[华东师范大学学报 \(自然科学版\)](#) 2002 (01)
78. 徐义芳, 朱照宇, 文启忠 [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](#) [期刊论文]-[地球化学](#) 1999 (03)
79. 杨元根, 刘丛强, 袁可能 [南方红土形成过程及其稀土元素地球化学](#) [期刊论文]-[第四纪研究](#) 2000 (05)

相似文献(10条)

1. 期刊论文 杨立辉, 叶玮, 朱丽东, 崔嫄, 王俊荆, 李凤全, YANG Lihui, YE Wei, ZHU Li-dong, CUI Qiang, WANG Jun-jing, LI Feng-guan [第四纪加积型红土与黄土的风成相似性探讨](#) -[干旱区地理](#) 2008, 31 (3)

粒度分析表明, 第四纪加积型红土的粒度组成特征与黄土相似, 其粒度组成以50 μm 以下的粉沙和粘土组分为主, 并且10~50 μm 的风尘基本组份含量与黄土类似, 该类型红土粒度组成存在明显的由北向南粘粒含量增加的空间变化规律; 粒度组成的频率曲线研究表明, 第四纪加积型红土主要呈现双峰和多峰的特征, 表明其搬运营力的多元性, 与西风区黄土类似; 该类红土的稀土元素丰度以及Sr、Nd同位素组成也与北方风尘沉积相似。因此提出该类红土可称之为加积型红土, 它与北方风尘沉积存在风成相似性。

2. 期刊论文 朱宗敏, 杨文强, 林文姣, 刘育燕, ZHU Zong-min, YANG Wen-qiang, LIN Wen-jiao, LIU Yu-yan [安徽宣城第四纪网纹红土的磁组构特征及其意义](#) -[海洋地质与第四纪地质](#) 2006, 26 (4)

安徽宣城第四纪网纹红土剖面黄棕色土层和网纹层的K、P、E、F、L、q等磁组构参数特征显示, $i3>60^\circ$ 样品的磁组构特征有效降低了后期风化作用的影响, 可近似代表黄棕色土层和网纹层的原生磁组构特征。黄棕色土层的原生磁组构特征显示它形成于沉积动力强度弱而稳定、事件沉积偶尔发生的沉积环境; 该层磁组构参数的平均值及组合参数特征均与风成黄土-古土壤沉积的相应特征十分吻合, 表明其原始沉积环境与风尘沉积环境一致, 从而为黄棕色土层的风成成因提供了沉积动力特征上的证据。网纹层形成于沉积动力强度大、稳定性相对较差的沉积环境; 该层的磁组构特征与风成沉积的相应特征差别显著, 但与部分水成沉积的相应特征有近似之处, 结合该层物质组成上的风成特性, 初步推断网纹层可能为早期的风积物经后期水流改造的产物。

3. 学位论文 杨立辉 [中国南方第四纪红土中结核的理化特征及形成环境](#) 2006

随着全球变化研究的深入, 有关红土成因、发育期次、年代学、磁性地层学、古气候学以及红土与全球变化关联等一系列重大问题得到了深入探讨和研究, 这对于认识我国第四纪气候变化过程和全球变化的纬度效应均具有重要意义。

中亚热带第四纪红土沉积剖面中含有多层结核淀积层, 结核作为土壤发育过程中与温度、水分、氧化还原条件息息相关的新生体, 包含有第四纪红土发育过程中多次淋溶-淀积信息。本文围绕南方红土中结核的理化特性展开研究, 揭示其发育过程中记录的环境信息。论文对红土结核的形态学研究、物质组成研究和形成环境研究, 初步得到以下结论。

(1) 在野外工作的基础上, 选择宣城、九江、金华、安吉、长沙等地的典型第四纪红土沉积剖面采集红土结核样品, 并通过对红土结核粒径、形状、颜色、表面光滑度、内部构造等形态指标的统计分析, 将南方第四纪红土中结核分为规则结核和不规则结核两类。规则结核呈球状或椭球状, 黑色或黑褐色, 表面光滑, 内部具同心圆状环带构造, 且环带数目与结核粒径的大小无关; 不规则结核呈棒状、片状或板状, 多黄褐色或灰黄色, 内部无环带构造, 表面粗糙。

(2) 红土结核为铁锰结核。其化学组成以 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 MnO 为主, 平均含量分别为48.24%、11.78%、14.27%、5.97%, 与母质化学组成相比, 锰、铁氧化物明显富集, 两者的富集倍数分别是2.2倍和30.3倍; Si、Al含量较母质低; K、Mg、Na、Ca等元素含量与母质差别不大。结核主要元素

含量由高到低的排序为SiO₂>Fe₂O₃>Al₂O₃>MnO>TiO₂>K₂O>MgO>CaO；母质主量元素的排序为SiO₂>Al₂O₃>Fe₂O₃>K₂O>TiO₂>MgO>MnO>CaO；黑色结核的Fe/Mn比值较同一剖面的不规则结核低。结核中微量元素相对于母质有较明显的富集。微量元素富集倍数由大到小的排序是

：Pb(22.1)>Co(19.4)>Ba(7.0)>As(4.6)>Ni(3.0)>P(2.2)>Cu(2.2)>W(2.2)>Sc(2.0)>Zn(1.8)>V(1.6)；元素间的相关分析表明，Mn与许多微量元素Sc、Co、Cu、Zr、Mo、Ba、Pb呈显著正相关。铁锰结核稀土元素总量平均值为843.3mg/kg，明显高于红土母质稀土总量平均值173.1mg/kg。结核的稀土分布模式显示，结核中轻稀土富集，Eu负异常的斜率为负值的分布模式，尤以Ce的富集最明显，这与Mn对Ce⁴⁺的专性吸附有关。

(3) 结核中Fe、Mn、Ce等变价元素的明显富集，揭示了红土结核形成于氧化还原交替的环境。酸性红土母质在淡水条件下，存在大量可溶态Fe²⁺和Mn²⁺离子或溶胶，为铁锰结核的形成发育提供了丰富的成核物质；在脱水条件下，Fe²⁺和Mn²⁺被氧化成Fe³⁺和Mn⁴⁺，使Fe³⁺和Mn⁴⁺处于过饱和而结晶沉淀。根据结晶动力学理论，红土中Fe²⁺和Mn²⁺被快速氧化时，Fe³⁺和Mn⁴⁺结晶速度快，多形成不规则状结核，内部无环带状物质分异；相反，红土中Fe²⁺和Mn²⁺被缓慢氧化时，Fe³⁺和Mn⁴⁺结晶速度慢，易形成规则状结核，结核内部的环带状构造明显。可见，规则形态的结核形成于相对稳定的环境；不规则结核的形成于环境剧烈变化的时期。

此次研究通过野外调查和室内分析相结合的方法，对第四纪红土中发育的铁锰结核做了较详细的研究，掌握了大量的第一手资料。将第四纪红土中铁锰结核作为提取环境变化信息的载体研究。研究结果证明这是正确的可行，为第四纪红土研究提供一个新的研究方法；将结核的外部形态做了系统的统计描述，找出了一般的规律；通过结晶动力学理论，将铁锰结核的形态与环境变化联系起来，为后来的研究奠定一定的基础。

4. 期刊论文 [黄翡,熊尚发](#) [江西九江第四纪红土中的植物硅酸体及孢粉](#) -[微体古生物学报](#)2001, 18(2)

九江第四纪红土中植物硅酸体、孢粉记录表明：该地红土是湿热环境下的产物；红土形成时期发育了亚热带常绿阔叶阔叶类植被；九江第四纪红土中植物硅酸体保存不如中国北方黄土。古土壤A层被侵蚀及铁、铝氧化物的高含量可能是造成红土中植物硅酸体保存不佳的主要原因；亚热带植被中乔木类植物硅酸体抗溶解力弱；红土中禾本科植物硅酸体保存与风化指标、全有机碳成正比；禾本科植物硅酸体总量自剖面底部(网纹红土)顶部(褐黄土层)逐渐增多，可能暗示中更新世晚期以来存在较为普遍的气候恶化趋势，气候总体向变冷、变干方向发展；红土剖面5m及3.0m左右古土壤A层的出现及剖面风化指标与元素地球化学特征表明：该地红土经历了堆积与风化同时进行的加积型风化过程。

5. 期刊论文 [朱丽东,叶玮,周尚哲,李风全,杨立辉,沈叶琴,ZHU Li-dong,YE Wei,ZHOU Shang-zhe,LI Feng-quan](#).

[YANG Li-hui,SHEN Ye-qin](#) [金衢盆地第四纪红土沉积粒度组成特征](#) -[海洋地质与第四纪地质](#)2006, 26(4)

浙江金衢盆地第四纪红土分布广泛，是开展红土与全球变化研究的理想场所之一。汤溪红土沉积剖面的粒度组成研究表明：砂(>63 μm)含量极少，平均1.58%，粉砂(4~63 μm)和黏粒(<4 μm)为众数粒组，其含量的平均值分别为48.51%和49.91%，频率曲线呈双峰式，推测红土母质具风成特性，沉积后经历了较强的风化成壤作用；均质红土与网纹红土具有相似的粒度分布特征，但网纹红土的分选更为复杂，底部有近源物质的混入；汤溪红土粒度的纵向变化旋回和纵向变化趋势，可能指示了中更新世以来南方气候的不稳定性和气候逐渐变干冷的趋势。

6. 学位论文 [朱丽东](#) [中亚热带加积型红土及其所记录的第四纪环境变化探讨](#) 2007

全球气候变化与区域响应研究是当今科学界广为关注的研究课题。本文关注中国南方红土区红土沉积与环境变化研究热点，选择中国南、北方交接地带中亚热带长江中下游气候变化敏感区，以加积型第四纪红土沉积为研究载体，利用沉积学、土壤学、环境地球化学和年代学等研究方法，就其加积性特征、沉积环境、风化特征、理化性质展开系统研究和面上区域对比研究。在此基础上选择典型剖面进行ESR年代学研究，探讨中亚热带该类红土自第四纪以来的环境演化记录，为更大范围内红土与古环境记录的对比研究提供依据。在赣、浙、皖、湘等省境内大量野外工作的基础上，点面结合共获得7个红土剖面的各类分析样品1460余块，在实验室内完成粒度、磁化率、土壤色度、PH、主微量元素、稀土元素、粘土矿物、显微镜观察、ESR年代等测试分析。初步得到以下主要结论：

1、各剖面红土粒度组成有较好的一致性，显示风成特性。红土粒度分布范围一般在0~250 μm，不含>2mm的砾石，粉砂(4~63 μm)为优势粒级，各剖面平均值变化于48.12%~71.31%之间，10~63 μm粒组充当第一众数粒级，各剖面平均含量为26.59%~45.05%，第一众数峰位于5~6 φ(30~15 μm)处，对应于红土“基本粒级”。此外，样品粘粒(<4 μm)含量高，各剖面介于27.57%~50.1%，充当第二众数峰位置，第二众数峰位于9 φ附近(2 μm)或10 φ~11 φ之间(1~0.5 μm)，指示红土区经历的较强风化成土作用。比较发现，该类红土在粒度组成、分布、图解参数特征值方面均与北方黄土相似，却明显不同于湿热气候条件下因黏化造成的风化残积相红土，其沉积母质显示风成特性，同时经历较强的风化成壤作用。

空间上，加积型红土粒度分布呈有规律的变化。沿皖南、浙北—赣北、浙中——湖南一线，粉砂含量自北向南减少，粘粒含量则有所增加，中值粒径和平均粒径由粗变细。位于北部的沙河、九江、宣城、安吉剖面按照自西向东的位置关系，还存在粉砂含量向东递减，平均粒径向东变细趋势。该趋势与冬季风向南推进并势力渐弱的场特征和风化程度向南增强的趋势相吻合。

2、各剖面红土元素地球化学特征和粘土矿物组成具有较好的一致性。SiO₂、2>、Al₂O₃、2>0<3>和Fe₂O₃、2>0<3>合计占85.19%~92.68%，K₂O、Na₂O、2>0、CaO、MgO大量淋失，与上陆壳(UCC)平均组成相比，富Ti、Fe、Al，贫K、Na、Ca、Mg。铁氧化物含量明显高于上陆壳平均值；SiO₂、2>与(Fe₂O₃、2>0<3>+Al₂O₃、2>0<3>)线性负相关关系明显，显示红土化、强盐基淋失和脱硅富铝化特征。常量元素含量由大到小依次为：Si、Al、Fe、K、Ti、Mg、Ca、Na、Mn、P。<4 μm粒级的矿物组成中含有较多的石英、云母和高岭土，其次为长石、赤铁矿和针铁矿，部分样品含有绿泥石、伊利石和蒙脱石混层矿物。红土REE总量127.7~275.4 ug·g⁻¹，平均175.1 u·g·g⁻¹。铁盘和铁锰结核的REE富集异常，385.46~1641.60ug·g⁻¹，平均823.33ug·g⁻¹，网纹层内“蠕虫状”白色斑纹的REE丰度略高于红土基质。然而所有样品的球粒陨石标准化REE分布模式都非常一致，表现为斜率为负值的，La-Eu曲线较陡、Eu-Lu曲线较缓、轻稀土(LREE)富集Eu亏损型。代表性元素g⁻¹ 87Sr/< 86>sr值介于0.722001~0.727741之间，多数样品该值大于0.725000，< 143>Nd/< 144>Nd比值0.511989~0.512098，ε Nd(0)介于-10.54~12.66之间。相比之下，红土REE配分模式、反映物源的Eu/Sm、Sm/Nd、La/Nd、Eu/Eu* (δ Eu)等特征参数、判别函数DF、物源指数PI值和Sr、Nd同位素值均与北方风尘沉积物相似。该类红土的沉积母质也经过多次搬运和高度混合，后期风化使REE分馏更复杂。

3、为九江地区JL红土剖面为典型剖面，开展了ESR年代学研究，利用剖面中上部获得的7个有效ESR年代数据，结合“粒度年龄模型”建立了该剖面2.1~0.23Ma的沉积时间序列和环境演化时间标尺，为进一步探讨更新世红土早、中更新世环境演化特征奠定了年代框架。按照年代标尺，网纹红土形成于2.1~0.44Ma，棕黄色土沉积于0.44~0.23Ma。

4、在综合分析各种环境指标的基础上，更新世红土的环境演化特征可以被划分为几个时段：

早更新世中期(网纹红土底部1<、3>层，2.1~1.75Ma)，该时段中国亚热带气候条件较为适宜，总体为暖湿环境。但表现为低幅高频气候振荡和后期暖湿程度减弱特征，气候具有不稳定性。该时期与黄镇国所指的Q<、1>< 2>红土期相对应，也可与北方午城黄土中部细粒古土壤组合W<、s-2>形成期的适宜气候事件进行对比，奥都维古地磁正极性亚期事件也记录于该时段，之后气候转凉。此时的亚热带环境具有中国北方和中国南方之间的过渡特征，既不太中部地区相对干旱寒冷的严酷性大陆气候，也不如华南气候那样湿热。早更新世晚期(剖面1<、2>~3层段，1.75~0.78Ma)，记录了1.75~1.15Ma、1.43~1.15Ma、0.93~0.15Ma三个气候温凉期和1.58~1.43 Ma、1.15~0.93Ma为两个相对湿热带，冬、夏季风呈阶段性强弱交替态势，前期偏干凉后期偏暖湿，气候的低幅高频振荡仍然存在。气候温凉时段母质增粗，风化成壤作用变差。三个温凉期可分别对应于1.7Ma“青藏高原C幕”隆升及北方1.2Ma、0.8Ma两个干冷孢粉气候事件和L<、15>和L<、9>两个砂质黄土层形成期。贾拉米洛事件则记录于1.15~0.93Ma暖期末，此处环境指标变化明显，可对应“昆仑-黄河运动A幕”隆升。

中更新世早期(剖面4~5层段，0.78~0.44Ma)为暖湿环境，夏季风增强，夏季降水增多。环境指标峰谷变化不同于之前的低幅高频振荡，表现为低频大幅特征，可能是中亚热带气候变化主导周期发生转型的信号。对应于Q<、2>< 1>红土期、北方S<、5>成壤期、华北平原发生海侵事件和东部海平面上升。然而，该层段环境指标并没有揭示出比早更新世晚期更好的环境条件，也不一定是网纹发育的最盛期。

中更新世晚期(剖面6~8层段，0.44~0.23Ma)气候转为干凉，网纹红土发育中断，上覆下蜀类沉积，包括两个黄土层和之间的一个古土壤层。黄土层显示低磁化率、低红化率、低Rb/Sr比、低CIA、低粘土含量；古土壤层则显示相对较高磁化率、Rb/Sr比、红化率、CIA和粘土含量。水热条件以古土壤层更优。可与北方黄土的L<、4>、S<、3>、L<、3>进行对比。

7. 期刊论文 [卢升高,Lu Sheng-gao](#) [第四纪红土的磁性氧化铁矿物学特征及其古环境意义](#) -[土壤学报](#)2000, 37(2)

应用矿物磁测、X-衍射和电镜技术对浙江省第四纪红土的磁性氧化铁矿物学特征进行了研究。结果表明，均质层和网纹层的磁化率(x)、频率磁化率(x fd)、软剩磁(Soft IRM)、非滞回剩磁(ARM)、饱和等温剩磁(SIRM)和剩磁矫顽力(B₀CK)等磁性参数存在明显差异，均质层的磁化率和饱和等温剩磁分别是网纹层的6倍和4倍；第四纪红土的磁化率主要由风化成土作用产生的超顺磁性颗粒(SP)和稳定单畴颗粒(SSD)贡献，它们的磁化率值与频率磁

化率和非滞后剩磁呈显著正相关；均质层中DCB处理后的磁化率和x fd损失量明显高于网纹层，其DCB处理损失的磁性主要是次生的SP和SSD颗粒，DCB处理后损失的磁化率与频率磁化率呈指数正相关；根据均质层的IRM获得曲线、剩磁矫顽力、X-衍射和透射电镜观察证明红土中的氧化铁矿物组成主要是圆片状的赤铁矿、鱼鳞状的磁赤铁矿和针状的针铁矿。对红土磁性成因的物理机制进行了讨论，初步认为第四纪红土中磁性矿物的数量、粒度、类型等特征的变异指示了红土化作用的变异，可作为研究第四纪环境变化的手段之一。

8. 期刊论文 [胡雪峰](#). [龚子同](#). [HU Xue-feng](#). [GONG Zi-tong](#) [江西九江泰和第四纪红土成因的比较研究](#) -[土壤学报](#)

2001, 38 (1)

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。

9. 学位论文 [彭莎莎](#) [江西九江红土堆积的磁性地层学及其成因研究](#) 2009

中国南方广泛分布的红土堆积是热带-亚热带地区长期湿热气候条件下的风化产物，是中国南方重要的第四纪地层，蕴含了大量北亚热带-热带地区第四纪古气候变迁和古环境演化信息，在第四纪古气候、古环境研究方面具有十分重要的意义。本文选取了江西九江地区红土堆积，运用磁性地层学、沉积学、地球化学方法与第四纪黄土、古土壤、川西黄土及河、湖相样品对比对九江红土剖面的磁性地层与母质成因进行了探讨，为进一步提取古环境信息奠定基础。

九江剖面的B/M界限位于网纹红土的中下部，距顶15.5m处，且剖面底未出现贾拉米洛上界，据此推断该剖面底界年龄应该在八九十万年左右，表明当时该区环境发生了很大的变化。

九江剖面20m以上蜀土、网纹红土在粒度分布特征、各粒度参数上与第四纪黄土、古土壤及川西黄土相近，以黄土粒级(5~50 μm)为主，与河、湖相样品相比差距较大，指示了九江剖面20m以上蜀土、网纹红土母质与第四纪黄土、古土壤及川西黄土一样都为风尘堆积，20m以下网纹红土在粒度特征方面与第四纪黄土、古土壤及川西黄土相距较远，粗颗粒含量高，在粒度分布频率曲线上与河流相样品一样呈现多峰，是非风尘堆积特点。九江红土与第四纪黄土、古土壤相比含有更多的细颗粒成分，形成这一差别的原因可能是由于九江红土沉积后经过了更为强烈风化作用所致。

地球化学研究结果表明，九江下蜀土、网纹红土经历了较第四纪黄土、古土壤更为强烈的化学风化作用，已经基本完成早期去Na、Ca阶段，进入中期去K阶段，化学风化强度从第四纪黄土→第四纪古土壤→九江下蜀土→九江网纹红土依次增强，说明第四纪期间中国南方气候比北方更为湿热，而且中国南方在第四纪期间气候逐渐趋向于干冷。九江下蜀土、网纹红土与第四纪黄土、古土壤化学成分相近，指示了九江下蜀土、网纹红土在搬运过程中各种矿物成份高度混合，表现出典型的风尘堆积特征，但相比之下，九江红土稀土元素参数特征与川西黄土更为相似，指示了九江红土与川西黄土在物质来源上更为相近。

10. 期刊论文 [彭淑贞](#). [郭正堂](#). [Peng Shuzhen](#). [Guo Zhengtang](#) [风成三趾马红土与第四纪黄土的粘土矿物组成异同及其环境意义](#) -[第四纪研究](#)2007, 27 (2)

文章基于X射线衍射、热分析和理化分析,对西峰三趾马红土的粘土矿物组成进行较系统研究,并与上覆第四纪黄土和古土壤样品进行对比.结果表明,二者的粘土矿物类型相似,以伊利石为主,其次是绿泥石、蒙脱石和高岭石;但伊利石结晶度明显低于第四纪黄土,而与发育较好的第四纪古土壤(如S4和S5)相当;三趾马红土中的粘土矿物组成主要为碎屑成因,成壤作用只对伊利石结晶度有明显影响.根据现代土壤粘土矿物地带性分布规律,三趾马红土的粘土矿物组合指示了大约6Ma以来,我国北方黄土高原地区一直处于温带半湿润-半干旱的环境条件下,以后的气候主要在此范围内波动.但伊利石结晶度的变化指示了晚中新世-上新世总体比第四纪较高的风化成壤强度,体现了较强的夏季风效应.

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_fjsfdxxb200905025.aspx

授权使用: 西北大学(xaxbdx), 授权号: f3cf17b6-133a-40fa-99d8-9e9c00df32e0

下载时间: 2011年3月4日