

文章编号: 1000-0550(2003)03-0448-04

陕西旬邑新近纪红粘土微形态特征及其意义^①

薛祥煦^{1,3} 赵景波^{2,3}

1(西北大学地质系, 教育部大陆动力学重点实验室, 新生代地质与环境研究所 西安 710069)

2(陕西师范大学旅游与环境学院 西安 710062)

3(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)

摘要 研究证实, 新近系红土的土壤微形态特征也是判断古气候, 划分对比地层的可信指标之一。用此方法研究陕西旬邑下墙晚新生代剖面的新近系及第四系最底部的岩石微形态特征及古气候, 可将其分为4个大段, 自下而上第1大段, 约相当于6.8~5.3 Ma, 成壤作用以弱为主, 气候是在新近纪总体暖湿背景下的凉干阶段; 第2大段, 相当于5.3~4.2 Ma, 成壤作用以强为主, 是新近纪最为暖湿的阶段; 第3大段, 约相当于4.2~2.6 Ma, 成壤作用较弱, 气候由本阶段前中期较凉干变为后半期的较暖湿; 第4大段为进入2.6 Ma的第四纪初期, 成壤作用极弱, 气候由新近纪的总体暖湿突然变得凉干, 在四大段的基础上还可看出次一级的微形态及气候变化与波动。此外还可根据土壤微形态特征划分中、上新统及上新统、更新统的界线。

关键词 土壤微形态 古气候 地层 新近系红土 陕西旬邑

第一作者简介 薛祥煦 女 1935年出生 教授 地质学

中图分类号 P534.62 **文献标识码** A

利用土壤微形态特征判断成壤强度, 进而恢复古环境演变规律, 是研究黄土—古土壤沉积阶段环境变迁的有效方法之一^[1,2]。该原理和方法在近几年来被用于研究黄土层之下的新近系红土沉积序列的成壤强度和古气候环境演变^[3]。本文作者对陕西旬邑下墙新近系红土剖面的土壤微形态特征作了仔细观察后发现, 这一方法不论在恢复古气候环境和在地层划分与对比上都有重要意义。

1 样品采集及判断环境的原理简介

陕西旬邑新近系红土剖面位于旬邑县职田镇下墙村东沟内(35°14'N, 108°24.5'E), 新近系红土厚约90 m, 上覆有141.2 m厚的第四纪黄土—古土壤沉积, 底部与中生界暗红色砂岩不整合接触面之上有6~7 m厚的红土层被覆盖, 无法丈量、采样, 故实测与采样的新近系红土厚度仅为83.4 m。按岩性及磁化率特征, 将下墙所测224.6 m厚的整个晚新生代地层划分为20个层组。黄土—古土壤沉积序列最底部1.6 m厚的地层为第12层组, 新近系由上而下依次为第13层组至第20层组^[4](图1)。在第12至第20的9个层组中共采55个样品进行土壤微形态薄片的磨制和研究(其中, 第12层组采样2个, 第13层组采样23个, 14层组采样5个, 15层组7个, 16层组2个, 17层组6个, 18层组3个, 19层组3个, 20层组4个)。

在新近系顶部的第13层组中取样最多, 其原因是该段地层颜色深, 主要为红褐色, 似乎反映了当时的气候应较暖湿, 但第一次采样观察的结果却是成壤程度较弱, 似与颜色及磁化率的资料有矛盾, 为此又作了第二次较密集的取样。

本文在研究中分析判断成壤强度及古环境的原则大致是:

(1) 从粘化类型看, 淀积粘化代表湿润森林气候; 残积粘化反映半干旱气候; 无粘化通常为干旱气候。

(2) 从粘土胶膜看, 块状粘土胶膜形成于湿润森林气候; 无块状而呈流胶状粘土胶膜形成于湿润、半湿润气候; 如仅呈细小斑点状粘土胶膜, 则考虑为半干旱、半湿润气候所成。

(3) 从颗粒排列看, 颗粒定向排列越明显, 表明粘化、淋滤、成壤作用越强; 反之, 如排列无方向性, 则代表淋滤、成壤作用弱。

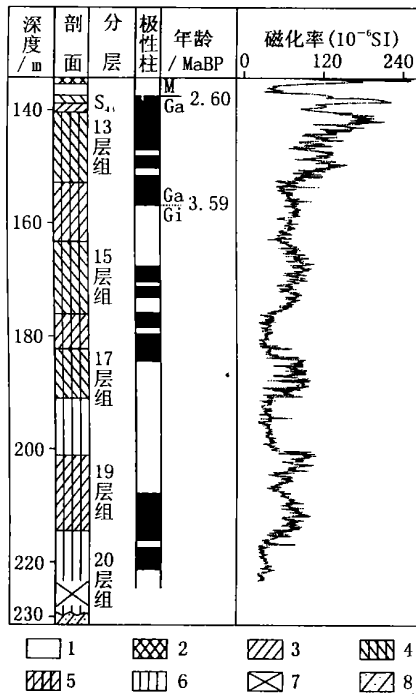
(4) 方解石类型, 如为原生方解石, 指示了气候干旱或偏干旱; 如为次生方解石晶粒, 晶粒粗大者比晶粒细小者形成的气候偏湿润。

2 下墙新近系红土剖面土壤微形态特征

根据上述原则, 对55个样的薄片作详细观察描述

^① 中国科学院黄土与第四纪地质国家重点实验室开放基金资助项目(SKLLQG0219)

收稿日期: 2002-07-25 收修改稿日期: 2002-11-11



1. 黄土; 2. 古土壤; 3. 过渡层; 4. 红褐色层组;
5. 棕红色层组; 6. 棕色层组; 7. 坡积物; 8. 白垩纪砂岩

图1 旬邑下墙新近系地层

剖面及磁化率(古地磁年代据文献^[4])

Fig. 1 Strata profile and susceptibility of Neogene at Xiaqiang in Xunyi region

后将其分成四类,即成壤程度极弱,气候偏干旱的;成壤程度弱气候属半干旱,半湿润的;成壤作用中等,气候偏潮湿或湿润的;成壤作用强,气候湿润的。新近系及其上覆第四系最底部的9个层组中成壤程度及分类情况,由下而上依次为:

(1) 第20层组,4个样的成壤作用,极弱者1个,弱者2个,中等者1个,未见成壤作用强的。它们各自所占百分比分别为25%,50%,25%及0。

(2) 第19层组,3个样的成壤作用,极弱者1个,弱者1个,中等者1个,没有成壤作用强的,其各自所占百分比分别为33.3%,33.3%,33.3%及0。

(3) 第18层组,取样3个,其中成壤作用,极弱者1个,弱者1个,中等者1个,未见有成壤作用强的,其各自所占百分比与第19层组的相同。

(4) 第17层组,6个样的成壤作用,极弱者1个,其余5个皆为成壤作用强的。这样,成壤作用极弱者仅占16.6%,成壤作用弱或中等者皆为0,而成壤作用强的比例高达71.5%。

(5) 第16层组,2个样中,1个为成壤作用极弱的,另一个为中等的,各自占50%,未见成壤作用弱或

强的。

(6) 第15层组,取样7个,其中成壤作用极弱者1个,弱者1个,无中等者,其余5个皆为成壤作用强的,从成壤作用由极弱到强,其所占比例依次为14.3%,14.3%,0%,71.5%。显然,本层组成壤作用强的样品所占比例与第17层组几乎一样,占绝对优势。

(7) 第14层组,共5个样,其中成壤作用极弱者4个,另一为弱,未见成壤作用中等及强者。其所占比例依次为80%,20%,0%,0。

(8) 第13层组,取样两次,共23个样品,其中成壤极弱者14个,弱者6个,中等1个,强者2个,它们所占比例依次为60.9%,26.1%,4.35%,8.65%。成壤极弱与弱者共占87%,说明本层成壤程度总体上是较差的。本层虽也有2个样品属成壤作用强者,但所占比例有限,且皆出现在该剖面的148m深度之上,即距今3.2Ma之后的新近系顶部层位。

(9) 第12层组,本层为第四系最底部,取样2个,全为成壤作用极弱者。

综上所述,从土壤微形态特征考虑,下墙晚新生代剖面中的新近系及第四系最下部地层,由下而上可归纳为4大段:

(1) 第1大段,包括第20、第19、第18层组,相当地下墙晚新生代剖面深度191.7m以下的地层,其古地磁年龄为距今6.8~5.3Ma^[4]。它们的成壤作用主要是极弱和弱的级别,土壤微形态特征一般是粘土和粉砂除少数情况皆不具定向排列,粘土胶膜不明显,只见斑点状残积粘土胶膜,孔隙内有时见次生的细粒方解石充填,该段未发现任何代表湿润森林气候的块状和流胶状胶膜。

(2) 第2大段,由17、第16及第15层组组成,为下墙剖面深度164~191.7m之间的地层,其古地磁测定年龄为距今5.3~4.2Ma^[4]。是成壤作用最强的一段,特别是其中的第17与第15层组尤为明显,成壤作用强的样品均占80%以上。其微形态特征主要表现为粘土与粉砂都有明显的定向排列,粘土胶膜发育,以淋滤沉积型为主,常含发育极好的流胶状及块状粘土胶膜,次生方解石以细晶为主,少数呈现粗的粒状,所有这些都反映了该地层在形成时处于较湿热的亚热带气候下。

(3) 第3大段,包括第14及第13层组,为下墙剖面深度141.2~164.3m之间的地层,其古地磁年龄约为距今4.2~2.6Ma^[4]。本段的成壤作用强度以极弱和弱者占主导。如上所述,仅在剖面第13层组的148m深度以上才出现少量成壤作用强的样品。反映了本段气候主要为半干旱,仅在其晚期才能转为半湿

润。

(4)第4大段,为第12层组,即下墙剖面深度141.2 m以上第四系最底部地层,其古地磁年龄为距今2.6 Ma以后^[4]。其成壤作用极弱,微形态特征是不见或仅偶见残积型粘土胶膜。这些特点反映了从新近纪转入第四纪时,气候变得寒冷、干旱。

3 从粒度及地化指标等看土壤微形态所反映的气候的可靠性

从地层岩性看,上述第1大段为较粗的浅色层;第二大段为细粒红色层段;第3大段为较细粒的红褐色层;第4大段为粗粒的黄土层。粒度分析资料反映4段不同的特征:第一大段相对较粗;第2大段最细;第3大段又稍粗;第4大段突然变得更粗。粒度的粗细在 $> 63\mu\text{m}$ 、 $> 30\mu\text{m}$ 及中值 μm 的粒度曲线上表现得并不很明显,但在 $< 2\mu\text{m}$ 的曲线上,4大段的特点和区别却表现得很突出^[5]。由此判断,粒度的变化当主要受夏季风强弱的变化控制。地化分析资料也反映了4个不同层段的特征,第2大段最为湿润,而与其相邻的上下两大段则是比较干凉,第4大段地化资料也反映了气候环境突然变得干冷^[5]。岩性、粒度及地化资料与前述的土壤微形态特征所反映的气候特征基本一致,它充分说明土壤微形态特征同样可作为分析判断古气候的手段之一,其结论是可信的。值得提出的是,同一剖面的磁化率曲线虽亦划分出如其他气候代用指标划分的4个不同特点的气候阶段,即第1大段,相当于剖面深度191.7 m以下,磁化率以低为主的低—高一低段;第2大段,深度191.7~164.0 m,磁化率以高为主的高—低—高段;第3大段深度164.0~141.2 m,磁化率由低—最高段;第4段,141.2 m以上的第四系最底部磁化率突然降低段。从磁化率曲线看似似乎第3大段磁化率最高处应是气候最暖湿时期,这与土壤微形态特征反映的第2大段是最暖湿阶段的结论不一致,同时也与其他资料所得结论有很大矛盾。经研究,磁化率在第3大段的更高可能与其下的潜育化作用有关^[6]。综合研究各项分析结果,正确的结论应该是:第1大段的气候以干凉为主;第2大段的气候最为暖湿;第3大段偏干凉,其后半期(距今约3.2 Ma之后)变得较暖湿,它意味着夏季风由其前半期的较弱到后半期变得较强烈;第4大段的气候从第3大段的较暖湿突然变得干冷。

在岩性、磁化率、粒度及地化等曲线中除反映了上述气候的大段变化外,尚可看出次一级的气候冷暖、干湿的旋回变化^[4],在微形态资料中也有大致同步变化规律存在,特别是第2大段在暖湿气候背景上的暖湿

—干凉—暖湿变化,所有资料都显示得非常清楚。新近系红土堆积时是在暖湿背景上暖湿与凉干交替的气候特点,与第四纪黄土—古土壤序列堆积是在冷干背景上的冷干与暖湿交替的气候特征显著不同,这在新近系红土微形态资料中同样表现明显。如前所述,在所有新近系的岩石薄片中均未看到原生方解石存在,普遍看到的都是反映气候偏湿偏暖环境下生成的次生方解石。

4 土壤微形态变化在地层划分对比上的意义

关于新近系与第四系的界线,以下墙剖面为例,已有文专门论述^[7]。至于新近系内中新统与上新统界线,也曾提出过以下墙剖面中第18层组与第17层组间的界线为界的意见^[4],并将这一界线与泾川剖面第3层底^[8]、西峰剖面48 m深度磁化率峰值处^[9]、灵台任家坡剖面第3层^[6]、府谷老高川剖面第2层段底^[10]等进行对比,他们的古地磁年龄大致都在距今5.3 Ma左右。当时并未与佳县红土剖面进行对比,但在近期研究土壤微形态特征时发现,前人在佳县剖面上的RC7与RC5两层厚层红色强发育红土^[3]应与旬邑剖面中的第17层组与第15层组颜色特红的强成壤红土组合相当,只不过RC7底界的年龄似乎不是距今3.5 Ma左右,而应是后来强小科对该剖面再研究得出的5.3 Ma左右^[11]。从佳县的实例说明,在进行地层划分时仅根据单一的磁性资料是不够完备的,应把地层、岩石地层(包括微形态)、粒度等许多资料进行综合分析,才能得到更接近实际的结果。前人对蓝田段家坡剖面的磁性年龄亦有不同解释^[9],是否也可以从多方面作工作,以便求得令人信服的更科学的见解。

5 结论

(1) 根据岩石微形态特征判断成壤强度,进而分析和判断古环境是可行的。陕西旬邑下墙晚新生代新近系红土及第四系最底部黄土沉积也可按其土壤微形态特征划分为4大段,由下而上,第1大段的成壤作用以弱为主,当时气候以凉干为主;第2大段成壤作用以强为主,在4大段中气候最为暖湿;第3大段成壤作用较弱,其后期稍有增强,气候由前期凉干到后期变得较暖湿;第4大段的成壤作用极弱,气候突然变为冷干。在新近纪气候以暖湿为主第四纪以冷干为主的背景下除有如上所述的4个大阶段的气候变化外,还有次一级暖湿与凉干和冷干与暖湿的波动。

(2) 从与佳县新近系红土剖面的对比中进一步看出,尤其在新生代地层的划分与对比中,最好采取多

种手段进行研究, 综合分析各方面资料、成果。

致谢 邱世祥教授参与了本项工作, 作了大量室内外观察与研究; 李永项和于学峰同志参与部份野外采样工作, 于学峰还协助作图等, 作者对他们付出的辛勤劳动致以最衷心的感谢。

参考文献(References)

- 郭正堂, Fedoroff N, 刘东生. 130 Ma 来黄土—古土壤序列的典型微型特征与古气候事件[J]. 中国科学(D 辑), 1996, 26(5): 392~398 [Guo Z T, Fedoroff N, Liu D S. Typical micromorphology and paleoclimatic events in loess-paleosol sequences since 130Ma[J]. Sciences in China (series D), 1996, 26(5): 392~398]
- 赵景波. 陕西黄土高原 500kaBP 前后的古土壤与气候带迁移[J]. 地理学报, 2001, 56(3): 323~331 [Zhao J B. The paleosol and migration of climate zone about 500 ka BP in the Loess Plateau, Shaanxi[J]. Acta Geographica Sinica, 2001, 56(3): 323~331]
- 丁仲礼, 孙继敏, 朱日祥等. 黄土高原红粘土成因及上新世北方干旱化问题[J]. 第四纪研究, 1997, 17(2): 147~156 [Li D L, Sun J M, Zhu R X, et al. Origin of red clay in the Loess Plateau and drying of north China[J]. Quaternary Sciences, 1997, 17(2): 147~156]
- 薛祥煦, 张云翔, 岳乐平. 黄土高原一个连续的晚新生代剖面及其划分与对比[J]. 地层学杂志, 2001, 25(2): 81~86 [Xue X X, Zhang Y X, Yue L P. A continuous profile of Late Cenozoic era and its division and correlation in the Loess Plateau [J]. Journal of Stratigraphy, 2001, 25(2): 81~86]
- 薛祥煦, 岳乐平, 张云翔, 王建其等. 陕西旬邑新近系化学地层及环境[J]. 地层学杂志, 2002, 26(2): 81~86 [Xue X X, Yue L P, Zhang Y X, Wang J Q, et al. Chemical strata and environment of Neogene in Xunyi of Shaanxi [J]. Journal of Stratigraphy, 2002, 26(2): 81~86]
- 丁仲礼, 孙继敏, 杨石岭等. 灵台黄土—红粘土序列的磁性地层及粒度记录[J]. 第四纪研究, 1998, 18(1): 86~94 [Z. L. Ding, J. M. Sun, S. L. Yang, et al. A record of magnetostratigraphy and particle size in loess-red clay in Lingtai [J]. Quaternary Sciences, 1998, 18(1): 86~94]
- 薛祥煦, 岳乐平, 王建其. 从陕西旬邑上新生界剖面看黄土高原新近系/第四系界线[J]. 地层学杂志, 2001, 25(3): 161~165 [Xue X X, Yue L P, Wang J Q. Boundary between Neogene and Quaternary from a profile upper Cenozoic group in Xunyi of Shaanxi [J]. Journal of Stratigraphy, 2001, 25(3): 161~165]
- 杨石岭, 侯圣山, 陈明杨等. 中国黄土高原红粘土的磁性地层及其与灵台剖面的对比[J]. 第四纪研究, 2000, 20(5): 423~434 [Yang S L, Hou S S, Chen M Y, et al. Magnetostratigraphy of red clay of Late Tertiary and correlation between it and Lingtai profile [J]. Quaternary Sciences, 2000, 20(5): 423~434]
- 孙东怀, 刘东生, 陈明杨等. 泾川晚第三纪红粘土序列的磁性地层与气候变化[J]. 中国科学(D 辑), 1997, 27(3): 265~270 [Sun D H, Liu D S, Chen M Y, et al. Magnetic stratigraphy and climatic change of red clay in the Loess Plateau of China [J]. Science in China (series D), 1997, 27(3): 265~271]
- 薛祥煦, 张云翔, 岳乐平. 陕西府谷老高川三趾马动物群的发现及时代分期[J]. 科学通报, 1995, 40(5): 447~449 [Xue X X, Zhang Y X, Yue L P. Discovery of Hipparion fauna and its division of time in the Laogaochuan in Fugu of Shaanxi [J]. Chinese Science Bulletin, 1995, 40(5): 447~449]
- Qing X K, Li Z X, McA Powell C, Zheng H B. Magnetostratigraphic record of the Late Miocene onset of monsoon and Pliocene uplift of northern Tibet [J]. Earth and Planetary Science Letters, 2001, 187: 83~97

Characteristics and Significance of the Micromorphology of Neogene Red Clay of Xunyi, Shaanxi Province

XUE Xiang-xu^{1, 3} ZHAO Jing-bo^{2, 3}

1(The Key Laboratory of Continental Dynamics of the Ministry of Education

Department of Geology, Institute of Cenozoic Geology and Environment Northwest University, Xi'an 710069)

2(College of Tourism and Environmental Science Shaanxi Normal University, Xi'an 710062)

3(Institute of Earth Environment State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Chinese Academy of Sciences Xi'an 710075)

Abstract This study has certified that investigating the characteristics of micromorphology of Neogene red clay is also one of the effective methods to analyze the paleoclimate, and correlate and subdivide the strata. According to the characteristics of micromorphology of Neogene red clay developed at Xiaqiang Village, Xunyi County, Shaanxi Province, the Neogene paleoclimate of that area could be subdivided into four stages ranging from the bottom to the top. The first stage is around 6.8~5.3 Ma B. P. In this stage, the pedogenesis is generally weak; most of the grains are without directional arrangement; and the clay film is not clear. From these facts, we imagine the climate of that time was in a situation of cool-dry under the background of Neogene general climate of warm-humid. The second one is around 5.3~4.2 Ma B. P., with strong pedogenesis, directional arrangement of grains and well-developed drape-type clay film. The climate of this stage might be the warmest and the most humid in all four stages. The third one is almost in 4.2~2.6 Ma B. P., and the pedogenesis in this stage is generally weak, with only a

(Continued on page 481)

00 ka B.P. to 65.90 ka B.P. have been obtained through TIMS-U series dating of 11 samples and carbon and oxygen isotopic analysis of 79 samples from No.1 stalagmites in the south part of Guizhou. The No.1 stalagmite began to grow before 109.00 ka B.P. and stopped to grow after 65.90 ka B.P., its average growth rate is 4.58mm/100a and is the sediment of the late Pleistocene. The study of No.1 stalagmite section in the Qingxin cave reveals that its age and isotope records can be compared with the oxygen isotopic records of deep-sea cores or sediments at 5a, 5b and 5c phase of V stage and IV stage and Lishi Loess beds(L2) in the north of China. The carbon and oxygen isotopic records of stalagmite reveal that these two stages between 109.0~102.5 ka B.P. and 86.6~82.0 ka B.P. represented the warm-humid climatic environment and indicated the strong influence of the Asian (Southeast) summer monsoon, the rainfall increased more, the $\delta^{18}\text{O}$ trended to low or negative and the air temperature rose. The stage from 102.5 ka B.P. to 86.6 ka B.P. represented the cold-cool semi-arid and warm-cool humid climatic environment and indicated that the Asian (Southeast) summer monsoon was gradually weak, the meteoric water was decreased gradually, the $\delta^{18}\text{O}$ was much heavier, and the air temperature gradually decreased. And the stage from 78.92 ka B.P. to 65.90 ka B.P. represented the dry-cold climatic environment and indicated that the Asian (Southeast) winter monsoon and the Northwest cold air mass were strengthened, the meteoric water was decreased gradually, the $\delta^{18}\text{O}$ was much heavier, and the air temperature went down quickly, and is the cold beginning period of the last glacial period.

In addition, we have determined that the termination point of the last interglacial period is 78.92 ± 0.7 ka B.P., and this age is the beginning point of the last glacial period at the same time and can be taken as the boundary age of MIS4/5 according to the precise dating age of TIMS-U series and the records of carbon and oxygen isotopes from No.1 stalagmite of Qixin cave in Guizhou. The determination of the record chronological is not only of stratigraphic significance, but also is chronological significance.

Key words stalagmites, TIMS-U series ages, paleoclimate, termination point of the last interglacial period, Qingxin cave of the south Guizhou

(Continued from page 451)

little strong one appeared in this late period. We consider that the main climate condition of this stage was first semi-arid, then changed to semi-humid. The fourth one is after 2.6 Ma B.P., which had entered the Quaternary. In this stage, the pedogenesis is extremely weak, with very few remained optical clay film. These characteristics reflect the climate of this stage was very cold and dry quite different from its previous Neogene general Climate. Within each of these four Paleoclimatic stages, the micromorphology also clearly shows the climatic sub-changes and sub-fluctuations. Moreover, the boundary between the Miocene and the Pliocene, and also that between the Pliocene and the Quaternary could be determined at the beginning (or bottom) of the second stage (or part), and beginning (or bottom) of the fourth stage (or part), respectively.

Key words micromorphology, paleoclimate, Neogene red clay, Shaanxi Province