

陕西老高川红粘土剖面 粒度磁化率特征及古环境意义

刘艳霖^{1,2} 岳乐平³ 帕拉提⁴

(1.中国科学院广州地球化学研究所有机地球化学国家重点实验室, 广东 广州 510640;

2.中国科学院研究生院, 北京 100039; 3.西北大学地质系, 陕西 西安 710069;

4.新疆大学资源与环境科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830046)

摘要: 陕西老高川红粘土剖面粒度表现出明显的三峰分布特征, 说明它是由多种成因组分所构成, 而且每种成因组分对整体的贡献率也不同。其粒度组成主要是以粉土粒级 ($5\sim 50\mu\text{m}$) 为主, 且 $10\sim 50\mu\text{m}$ 粒级含量高于 $5\sim 10\mu\text{m}$, $> 250\mu\text{m}$ 颗粒少见。除 $< 2\mu\text{m}$ 粒级含量变化相对稳定外, 其余粒级均表现出旋回起伏的特征。 $> 63\mu\text{m}$ 、 $> 30\mu\text{m}$ 及中值曲线变幅较大, 说明当时冬季风比较盛行, 而且变化强度比较大, 而 $< 2\mu\text{m}$ 粒级曲线变化相对稳定, 说明当时夏季风很弱, 而且没有太大变化。粒度曲线与野外岩性所得结论一致, 说明当时气候总体上是以干冷为背景, 但也有干冷与暖湿的交替。野外岩性上表现为粘土层与钙结核层相互交替, 粒度曲线上表现为峰谷旋回起伏的变化, 同时也有古生物与岩石学证据相佐证。磁化率曲线变化说明榆社期较保德期气候暖湿。

关键词: 陕西老高川; 红粘土; 粒度; 磁化率; 古环境

中图分类号: P532 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3657(2005)03-0496-06

红粘土为新近纪晚期一套土状堆积。位于陕西省府谷县老高川王大夫梁一带的三趾马红粘土是中国北方最具代表性的新近纪剖面之一, 该剖面出露良好、发育完整、层序清楚、厚度较大, 并富含哺乳动物化石。沉积颗粒物的粒径大小是其搬运介质的动力大小和特征的直接指示, 因而粒度分析是古气候研究的重要手段之一。而磁化率是物质磁化难易程度的一种量度, 其数值的高低与成土作用有一定的关系。笔者于 2003 年 7 月在老高川王大夫梁进行了连续采样并在实验室进行了粒度、磁化率测量及分析, 以望对三趾马红粘土的成因及古环境演化提供重要的参考资料。

1 样品的采集与测量

所有样品采自王大夫梁剖面 ($N39^{\circ} 12.907'$, $E110^{\circ} 31.206'$), 距府谷县西北约 60 km 处(图 1)。剖面平行不整合于侏罗系含煤地层之上, 其上为第四系黄土所覆盖, 剖面厚约 45 m。剖面共可划分为 18 层^[1], 几乎每层皆由棕红—褐红色粘土层与厚度为 20~100 cm 不等的土黄—灰白色钙质淀积层所组成。记录的古地磁极性可与 Cande95 古地磁年表中的

C4n.2n—C3n.3n 相对应^[2], 沉积了榆社期的下部地层和保德期的上部地层, 古地磁年龄为 4.7~8.0 Ma。

本次采样采取连续采样方法 (其中第 1 层与第 2a 层由于当地修路原因没有采到样品), 室内分割, 测样间隔选取为 4 cm, 共测样品 1003 个。全部样品在西北大学大陆动力学教



图 1 老高川位置图

Fig.1 Position of Laogaochuan

收稿日期: 2003-12-12; 改回日期: 2005-03-15

基金项目: 国家自然科学基金项目 (49972004、40372202) 资助。

作者简介: 刘艳霖, 女, 1977 年生, 在读博士生, 从事环境科学研究; E-mail: liuyanlin736@163.com。

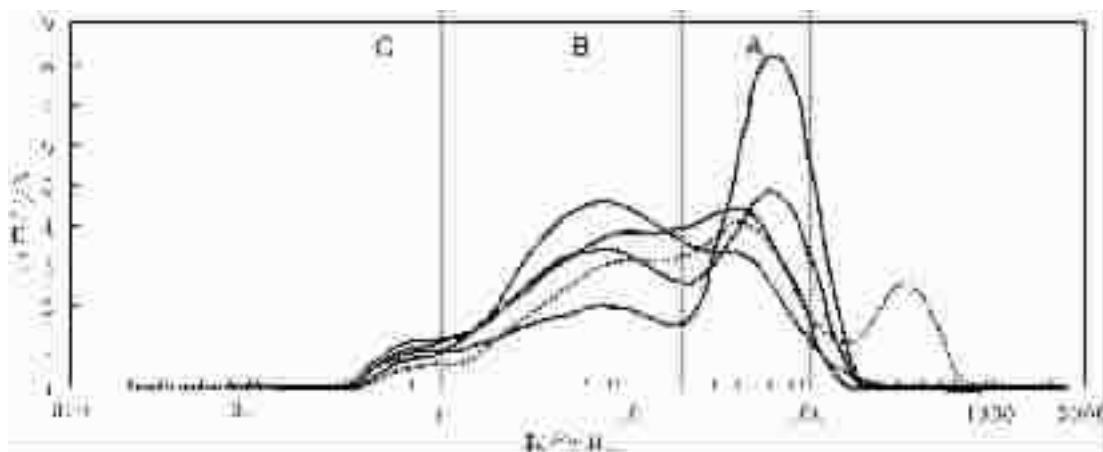


图 2 老高川剖面的粒度分布特征

Fig.2 Grains-size distribution characteristics of red clay at the Laoguoachuan section

育部重点实验室进行测量,磁化率测量选用南京师范大学生产的 MODEL-942 型磁化率仪,本次测量最后选用质量磁化率值,即仪器显示数值与样品质量的比值。粒度测量仪器选用英国 Malvern 仪器公司生产的最新型号 mastersizer2000 型激光粒度仪(量程 0.02~2000 μm ,重复性优于 0.5%,准确率优于 1%)。测量选用湿法测量。由于红粘土的颗粒总体上比黄土细、粘性大、成岩与成壤作用强,所以前处理方法的选取就很重要^[3],本次前处理方法选用以下步骤:取样品 0.5 g 放入烧杯中,加入 10 ml 浓度为 10% 的双氧水煮沸,使其充分反应。冷却后加入 10 ml 浓度为 10% 的盐酸并煮沸,使其充分反应,然后给烧杯注满蒸馏水并静置 24 h,抽去蒸馏水,加入 10 ml 浓度为 0.05 mol/l 六偏磷酸钠分散剂并用超声波清洗机振荡 10 min 后测量,测量全部采用手动测量法。

2 剖面粒度分布特征

搬运介质的动力大小和搬运方式是决定沉积物粒度组成的两个基本因子,对于同一搬运方式而言,具有一定动力分布的流体所搬运的沉积物质的粒度总体上是单因子随机事件的集合,并且其数字特征服从自然界的某种分布函数。这种单成因组分的频率分布为具有不同对称型、不同曲线形态的单峰(即单众数)光滑连续线。沉积学研究早就发现介质中由于搬运方式不同所产生的多成因组分的存在^[4]。按照统计分布的数学规律,多组分的总体分布函数即为各组分分布原型函数与组分百分比乘积的和函数。这一数学规律的存在,使得多组分的总体分布频率曲线表现为与组分相对应的多峰分布的连续光滑曲线。所以根据频率分布曲线上分布的众数(峰)即可确定总体分布的组分数。

研究区红粘土样品的粒度频率曲线(图 2)可见,其粒度分布范围一般为 0~200 μm ,粒度总体分布为负偏态非对称分布,众数粒径一般在 20~100 μm 之间,并以这个众数为中

心向粗粒及细粒减小,但一个明显的变化特征是自众数粒径向粗粒端减小的速率比向细粒端快得多,并且向粗粒端的减小是一个相对平滑的过程,而在变细的一端这种变化并不是一个平滑的过程。一般在 2~20 μm 处存在一个明显的平台,即出现第二个众数,接着在 0.3~1 μm 处出现第三个众数。剖面底部的样品(图中虚线曲线)在 >100 μm 的区域出现明显的峰值,这反映了样品中混入了部分水成物质或者由于其靠近沙漠的特殊地理位置,对粒度分布造成了较大的影响所造成。而其他层样品粒度分布都存在 3 个明显的峰值,分别处在 0.04~1 μm 、2~20 μm 、20~100 μm 。Patterson 等^[5]的研究表明,源于土壤风蚀过程的大气粉尘粒子,其粒度分布实际上是 3 个呈对数分布的粒度方式的组合,粒度范围分别介于直径 2~20 μm (B)、20~100 μm (A)和 0.04~1 μm (C),其中 B 代表正常情况下均存在的粉尘,A 代表与中等程度搬运相关联的粉尘,可能与尘暴搬运的粉尘粒子关系最为密切,C 代表本底气溶胶粒子的沉积物^[4]。

该剖面的粒度分布与 Patterson 等研究提出的大气粉尘 3 个模态对应良好。红粘土的这种三峰分布的特点正说明红粘土是由 3 种成因的组分组成,而且不同年代的样品其第一众数与第二众数出现的位置不同,若第一众数(峰)出现在 A 说明当时尘暴搬运较其他方式强烈,若其出现在 B 说明当时尘暴搬运这种成因的颗粒要低于 A 成因情况下的颗粒。因此,众数峰值的高低说明此种成因对样品整体贡献率的大小,在不同的地质年代即不同的层位上,不同成因的组分对样品整体贡献率是不一样的。

3 剖面粒度组成及磁化率特征

通过对千余件样品测量分析(图 3~4),整个剖面仅在剖面底部第 2 层下部含有粒径大于 250 μm 的颗粒,其余各层几乎未见到粒径大于 250 μm 的颗粒。

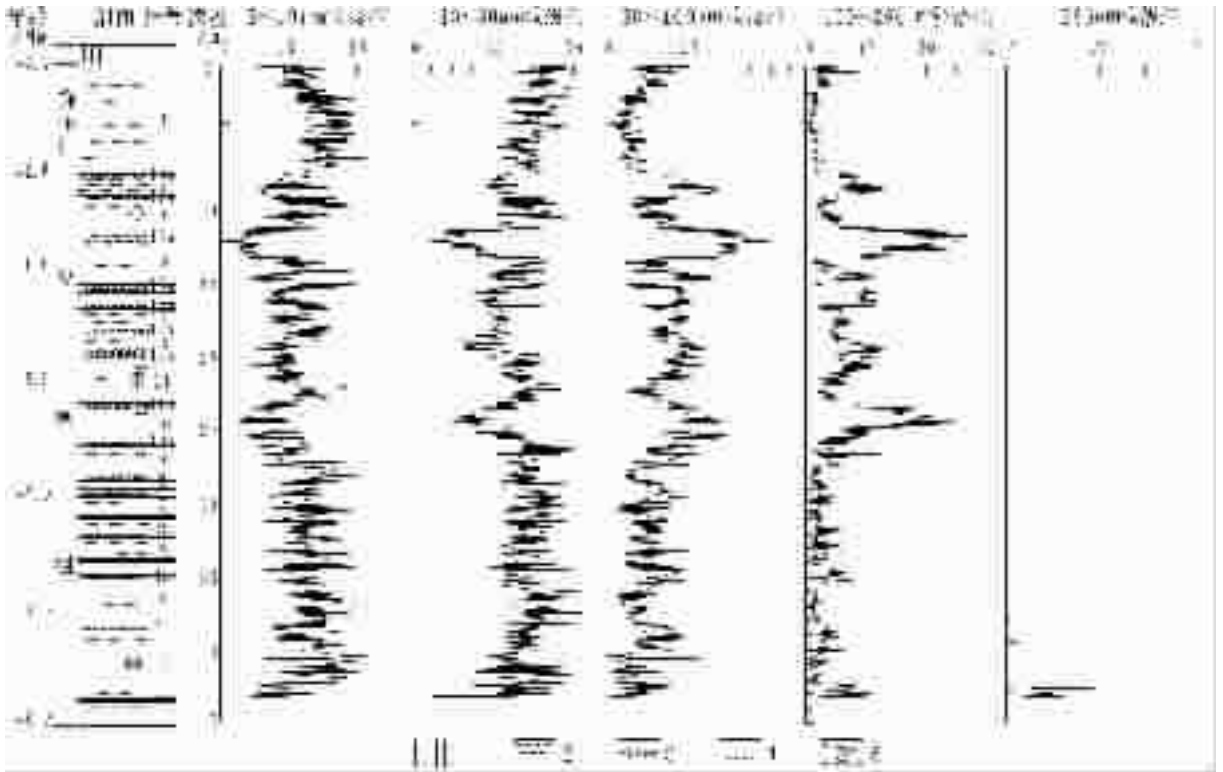


图3 老高川新近系红粘土剖面粒度曲线

1—黄土;2—红粘土;3—结核层;4—砂岩;5—化石点

Fig.3 Grain-size curves for the Neogene red clay at the Laogaochuan section

1—Loess;2—Red clay;3—Concretionary layer;4—Sandstone;5— Fossil site

100~250 μm 粒级含量变化较大,上部化石产出层位 16 层的下部 16a 层含量高达 21.80%,中部化石产出层 11 层的下部 11a 层也达到了 11.42%,其余各层含量从 0.98%~9.89% 不等,但均小于 10%。

50~100 μm 粒级含量变化也较大,落在 9.30%~38.44% 之间,平均为 17.91%,其中 16a 层含量仍占首位。

10~50 μm 粒级为本剖面粒度组成中含量最高的粒级,平均占到 36.5%,为红粘土众数粒级。

1~5 μm 粒级是红粘土另一重要粒级,落在 10.57%~28.89% 之间,平均含量为 20.88%。

所选粒度曲线中只有 $2\ \mu\text{m}$ 粒级曲线变化相对稳定, $2\ \mu\text{m}$ 的颗粒所占含量则多集中于 9% 左右。

其他粒级曲线则均表现出巡回起伏的特征,而且表现出很好的相关性。5~10 μm 粒级变化与 10~50 μm 粒级变化相同,呈正相关。50~100 μm 粒级的变化与 100~250 μm 粒级的变化呈正相关。 >63 μm 粒级变化、>30 μm 粒级变化与中值粒径三者呈正相关。磁化率曲线与 $2\ \mu\text{m}$ 粒级变化呈正相关。

因此,本区三趾马红粘土所表现出来的总体特征为:①以粉土粒级(5~50 μm)为主,平均占到 52.17%。且 10~50 μm

粒级含量高于 5~10 μm , >250 μm 颗粒少见;②除 $2\ \mu\text{m}$ 粒级含量变化相对稳定外,其余粒级均表现出巡回起伏的特征;③化石产出层底部的钙淀积层与剖面底部第 2 层粒度相对较粗;④保德组(2~17 层)较静乐组(18 层)变化剧烈。⑤静乐组(18 层)磁化率值明显高于保德组(2~17 层)。

4 古气候及古环境意义

前人在研究黄土-古土壤剖面时,已提出中值粒径大致反映冬季风强度的相对变化;粗颗粒含量排除了与成壤作用有关的粘土成分,是比较好的冬季风代用指标;$2\ \mu\text{m}$ 粘土粒与风化成壤作用密切相关,间接地指示了夏季风强度的变化^[6,7]。质量磁化率代表了与成壤作用密切相关的来自大洋的暖湿夏季风的强度,视为东亚夏季风变迁的替代性指标。与黄土堆积一样,其下伏的红土堆积已被许多研究者认为属于风成^[8,9],因此,在探讨该区气候演变规律时,也主要选择中值、>63 μm 、>30 μm 、$2\ \mu\text{m}$ 及质量磁化率 5 组数据。

观察这几组粒级曲线变化(图 4),其特征为:①除 $2\ \mu\text{m}$ 的曲线外,其余 3 条均表现出良好的相关性,并且都表现出跌宕起伏、变化剧烈的特征,而 $2\ \mu\text{m}$ 的曲线变化相对稳定;

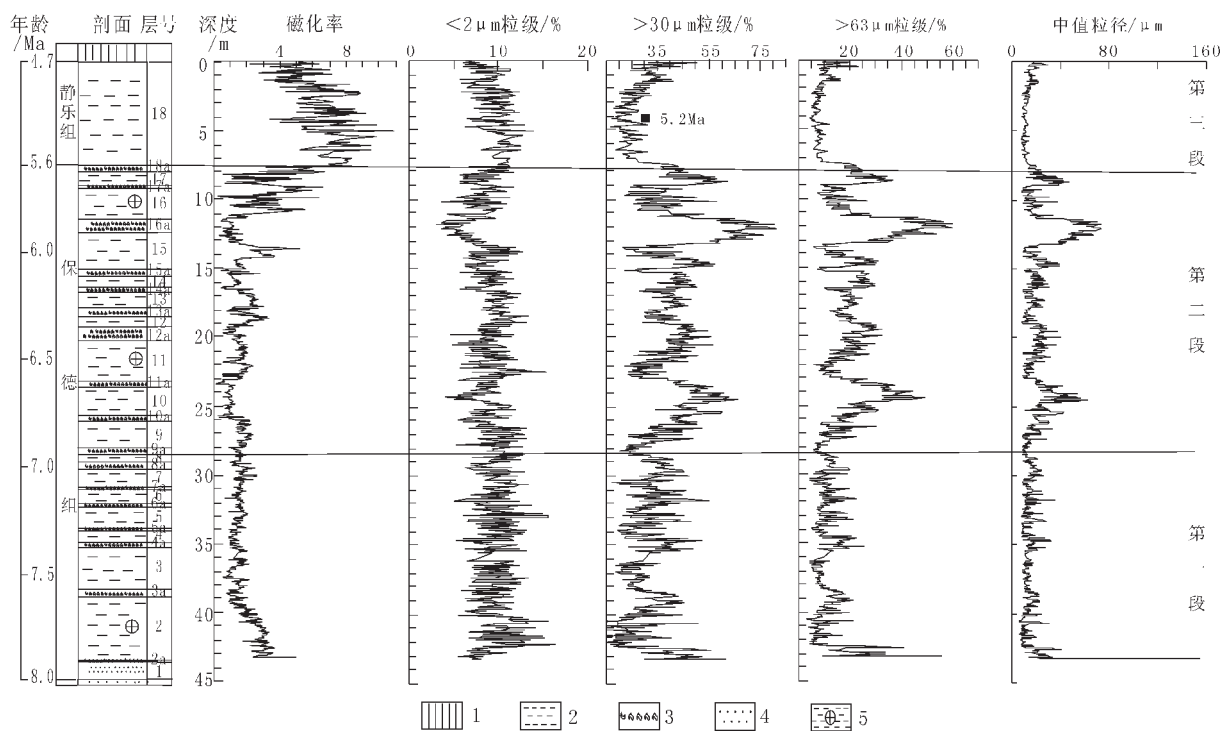


图 4 老高川剖面古气候代用指标的变化曲线

1—黄土;2—红粘土;3—结核层;4—砂岩;5—化石点;

Fig.4 Curves of the paleoclimatic substitute indexes

1—Loess; 2—Red clay; 3—Concretionary layer; 4—Sandstone; 5—Fossil site

②这几条粒度曲线均可进一步将其由下向上划分为 3 段,除 $<2\ \mu\text{m}$ 曲线外,其余 3 条显示较为清楚:第一段(1~8 层)古地磁年龄 6.9~8.0 Ma,第二段(9~17 层)古地磁年龄 5.6~6.9 Ma,第三段(18 层)古地磁年龄为 4.7~5.6 Ma。

第一段特点是除最底部 1 m 多表现出颗粒特别粗外,以上部分 $>63\ \mu\text{m}$ 、 $>30\ \mu\text{m}$ 及中值曲线表现出峰谷交替的特点,虽然峰谷相差不如第二段,但是这种差异还是清晰可见的。该段 $<2\ \mu\text{m}$ 粒度曲线基本上在 9% 左右做高频低幅变化,没有呈现出峰谷的变化,这种特征说明当时冬季风强度已经有了较明显的变化,而夏季风则很弱。需要提到的是其底部颗粒特别粗,究其成因应该是该区为近源区,它地处陕西最北面的府谷县,靠近物源区,由于重力的作用,粗颗粒必然先沉降下来,而较细的颗粒则随风沉降到再远的地方,当然也可以考虑是否有流水的作用。

第二段是该剖面上变化最为剧烈的一段,清晰可见 7 峰 6 谷,峰谷的变化差别极其明显。第一个比较明显的峰出现在深度为 24.51 m 处, $>63\ \mu\text{m}$ 粒度含量达到 49.12%。第二个最高峰出现在 12.15 m 处, $>63\ \mu\text{m}$ 粒度含量达到 63.2%。第三个峰出现在 8.74 m 处, $>63\ \mu\text{m}$ 粒度含量达到 36.73%。 $<2\ \mu\text{m}$ 粒度曲线在这 3 个峰处也有较好的体现,表现为含量的减少。

这一段的特征说明当时冬季风已经很盛行,从 $100\sim 250\ \mu\text{m}$ 粒度曲线可见,除正常状态下的冬季风搬运颗粒外,其中冬季风尘搬运的颗粒含量也是很大的。这一段总体还是以干冷为背景,当然在气候适宜期也出现过比较暖湿的环境,16 层为化石产出层位,其化石主要是一些生活在森林环境的低冠动物化石,说明当时气候是比较暖湿的。

第三段没有前两段旋回起伏的变化,但 $>63\ \mu\text{m}$ 、 $>30\ \mu\text{m}$ 及中值曲线总体表现为开始缓慢减少,在深度为 4.42 m 处(古地磁年龄约为 5.2 Ma)又开始缓慢增加。这个特征 $<2\ \mu\text{m}$ 粒度曲线也有较好对应。而且这一段的 $<2\ \mu\text{m}$ 含量较前段有所增加,其磁化率值的增幅更加明显。在野外从岩性观察也得到很好的证明。这一层整体比前 17 层颜色都要鲜红,说明其成壤强度比较好。在第三段红粘土比较细、比较红及磁化率值比较高的特点,在灵台^[10]、泾川^[11]、旬邑^[12]红粘土剖面的相应层段上同样存在着,说明黄土高原在沉积相当于老高川剖面第 18 层时,普遍处于暖湿的气候条件。从 4.42 m(古地磁年龄 5.2 Ma)开始, $>63\ \mu\text{m}$ 、 $>30\ \mu\text{m}$ 及中值曲线开始增加,除与青藏高原的隆升使得冬季风强度又开始缓慢变强外,可能也与当时北极冰盖的形成有关^[12],通过与近北极太平洋海区 ODP883 孔 γ 射线测井曲线的对比证实了这一看法,北极冰

盖形成时期 5~6 Ma^[13]也正是该区红粘土剖面相对降温变干的时期。

红粘土这种在野外岩性表现为粘土层与钙结核层相互交替,在粒度曲线上表现为峰谷旋回起伏的特征正是古气候波动演变的体现,也正说明该区红粘土是在不完全相同的古气候和古环境条件下的沉积,因此必然有干冷、暖湿之别,与第四纪黄土-古土壤序列有着类似的情况。大量资料表明青藏高原隆起是东亚地区气候变迁的重要驱动力,尤其对亚洲古季风环流的变迁有着重要意义。当青藏高原抬升到一定的高度时,势必会使东亚季风形成。东亚季风的形成便造就了红粘土以上这些特征,而红粘土就成为了古气候演变的很好的信息载体。

纵观粒度曲线三段的特征,中值、 $>63\mu\text{m}$ 、 $>30\mu\text{m}$ 3 条曲线变化剧烈说明该区当时冬季风比较盛行,而且冬季风变化比较剧烈。而 $<2\mu\text{m}$ 曲线变化不明显,说明当时夏季风还比较弱,而且变化强度也很小。所以其气候总体上应该为在比较干冷的气候背景上有干冷与暖湿的交替。这一点从岩石学方面已经得到很好的印证。样品的 X 射线分析结果表明,粘土矿物以蒙脱石(平均 36.3%)和伊利石为主^[14],而蒙脱石、伊利石为主的粘土矿物组合反映了一个相对干旱少雨的自然环境^[15]。另外碎屑中既有微晶或泥晶方解石又有次生的微晶—细晶亮晶方解石,光性定向粘粒既有淀积光性定向粘粒又有残积—淀积光性定向粘粒,说明该区红粘土形成过程中既有湿润气候和森林环境出现,也有干旱和半干旱—半湿润气候和疏林草原环境出现,即气候总体上为在比较干冷的气候背景下,有干冷与暖湿的交替。同时孢粉和古生物化石也可以为此提供佐证,因为在该剖面上既发现有耐干旱的 *Artemisiaepollenites*, *Chenopodipollis* 等草本植物,又有 *Caryapollenites*, *Betulaceipollenites* 等木本阔叶植物和喜湿性植物,既有生活在疏林草原的 *Chilotherium*, *Acerorhinus*, *Dinocrocuta*, *Hipparion*, *Palaeotragu*, *Samotherium*, *Gazella* 等动物又有 *Eostylocerus*, *Muntiacus*, *Cervavitus novorossiae*, *C. demissus*, *Procapreolus latifrons*, *Eomellivora* 低冠的林栖动物。

5 结 论

(1)红粘土粒度频率均表现出明显的三峰分布,说明多为第(3)种成因组分所组成,每种组分对整体的贡献率大小不等。

(2)红粘土粒度组成主要以粉土粒级(5~50 μm)为主,且 10~50 μm 粒级含量高于 5~10 μm , $>250\mu\text{m}$ 颗粒少见。除 $<2\mu\text{m}$ 粒级含量变化相对稳定外,其余粒级均表现出旋回起伏的特征。化石产出层底部的钙淀积层与剖面底部第 2 层粒度相对较粗。各粒级曲线保德组(2~17 层)较静乐组(18 层)变化剧烈。静乐组(18 层)磁化率值明显高于保德组(2~17 层)。

(3) $>63\mu\text{m}$ 、 $>30\mu\text{m}$ 及中值曲线变化幅度大,说明当时冬季风比较盛行,而且变化强度比较大,而 $<2\mu\text{m}$ 粒级曲线变化相对稳定,说明当时夏季风很弱,而且没有太大变化。剖

面底部较粗颗粒的含量很多,说明此区靠近物源区,由于重力作用,较粗的颗粒必然先沉降,当然也不排除流水的作用。在第 18 层 4.42 m 处(古地磁年龄约为 5.2 Ma)有一次比较明显的降温变干,除与当时冬季风增强有关外,可能也与北极冰盖的形成有关。

(4)粒度曲线与野外岩性所得结论一致,即当时气候总体上是干冷为背景,但也有干冷与暖湿的交替。在岩性上表现为粘土层与钙结核层相互交替,在粒度曲线上表现为峰谷旋回起伏的变化,同时也有古生物与岩石学证据相佐证。磁化率曲线变化说明榆社期较保德期气候暖湿。

参考文献(References):

- [1] 张云翔,薛祥煦,岳乐平. 陕西府谷老高川新第三纪“红层”的划分与时代[J]. 地层学杂志, 1995, 20(3): 214~219.
Zhang Yunxiang, Xue Xiangxu, Yue Leping. Age and division of Neogene “Red Bed” of Laogaochuan, Fugu county, Shaanxi [J]. Journal of Stratigraphy, 1995, 20(3): 214~219 (in Chinese with English abstract).
- [2] Cande S C, Kent D V. Revised calibration of the geomagnetic polarity time scale for the Late Cretaceous and Cenozoic [J]. Journal of Geophysical Research, 1995, 100: 6093~6095.
- [3] 鹿化煜, 苗晓东, 孙有斌. 前处理步骤与方法对风成红粘土粒度测量的影响 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 2002, 22(3): 129~135.
Lu Huayu, Miao Xiaodong, Sun Youbin. Pretreatment methods and their influences on grain-size measurement of Aeolian “red clay” in north China [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2002, 22(3): 129~135 (in Chinese with English abstract).
- [4] Ashley G M. Interpretation of polymodal sediments [J]. The Journal of Geology, 1978, 86(4): 411~421.
- [5] Patterson E M, Gillette D A. Commonalities in measured size distribution for aerosols having a soil-derived component [J]. Journal of Geophysical Research, 1977, 82: 2074~2082.
- [6] 鹿化煜, 安芷生. 洛川黄土粒度组成的古气候意义 [J]. 科学通报, 1997, 42(1): 66~69.
Lu Huayu, An Zhisheng. Paleoclimatic significance of grain-size composition of loess at Luochuan [J]. Chinese Science Bulletin, 1997, 42(1): 66~69 (in Chinese).
- [7] 鹿化煜, 安芷生. 黄土高原黄土粒度组成的古气候意义 [J]. 中国科学(D 辑), 1998, 28(3): 278~283.
Lu Huayu, An Zhisheng. Paleoclimatic significance of grain-size composition of loess in the loess plateau [J]. Science in China (Series D), 1998, 28(3): 278~283 (in Chinese).
- [8] 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, (2): 147~157.
Ding Zhongli, Sun Jimin, Zhu Rixiang, et al. Eolian origin of the red clay deposits in the loess plateau and implication for Pliocene climatic changes [J]. Quaternary Sciences, 1997, (2): 147~157 (in Chinese with English abstract).
- [9] 鹿化煜, 安芷生. 黄土高原红粘土与黄土-古土壤粒度特征对

- 比——红粘土风成成因的新证据[J]. 沉积学报, 1999, 17(2): 226~232.
- LU Huayu, An Zhisheng. Comparison of grain - size distribution of red clay and loess - paleosol deposits on Chinese Loess Plateau [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1999, 17(2): 226~232 (in Chinese with English abstract).
- [11] 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.
- Ding Zhongli, Sun Jimin, Yang Shiling, et al. Magnetostratigraphy and grain-size record of loess-red clay sequence at Lingtai [J]. Quaternary Sciences, 1998, 18(1): 86~94 (in Chinese with English abstract).
- [12] 薛祥熙, 鹿化煜, 周杰. 陕西旬邑新近系红土剖面粒度组成的古气候意义[J]. 沉积学报, 2002, 20(1): 118~123.
- Xue Xiangxi, Lu Huayu, Zhou Jie. Paleoclimatic significance of grain-size composition of Neogene Red Earth at Xunyi, Shaanxi Province [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2002, 20(1): 118~123 (in Chinese with English abstract).
- [13] DeMonocal P. Wireline logging of the North Pacific transect [J]. JOIDES Journal, 1993, 19(1): 29.
- [14] 罗静兰, 张云翔. 黄河中游三趾马红粘土的岩石学研究及古气候意义——以陕西府谷老高川三趾马红粘土剖面为例[J]. 沉积学报, 1999, 17(2): 214~220.
- Luo Jinglan, Zhang Yunxiang. Petrologic study on the Late Neogene *Hipparion* red clay in the middle reaches of the Yellow River and implications for climatic evolution [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1999, 17(2): 214~220 (in Chinese with English abstract).
- [15] 田均良. 黄土高原土壤地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1994. 27~43.
- Tian Junliang. Edaphic Geochemistry on Loess Plateau [M]. Beijing: Science Press, 1994. 27~43 (in Chinese with English abstract).
- [11] 杨石岭, 侯圣山, 王旭, 等. 泾川晚第三纪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 Shiling, Hou Shengshan, Wang Xu, et al. Completeness and continuity of the late Tertiary red clay sequence in northern China: evidence from the correlation of magnetostratigraphy and pedostratigraphy between Jingchuan and Lingtai [J]. Quaternary Sciences, 2000, 20(5): 423~434 (in Chinese with English abstract).

Characters of grain-size and susceptibility of the Neogene Laogaochuan red clay section, Shaanxi, and its paleoenvironment significance

LIU Yan-lin^{1,2}, YUE Le-ping³, Parati⁴

(1. State key Laboratory of organic Geochemistry, Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, Guangdong, China;

2. Graduate student school of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China;

3. Geology Department, Northwest University, Xi'an 710069, Shaanxi, China;

4. College of Resources and Environment, Xinjiang University, Urumuqi 830046, Xinjiang, China)

Abstract: Sample analyses show that the Neogene red clay at the Laogaochuan section exhibits a trimodal grain-size distribution, suggesting that the red clay is composed of components of multiple origins and that components of different origins make different contributions to the total. The silt-sized grains (5–50 μm) are predominant, of which the content of grains of 10–50 μm in size is higher than that of grains of 5–10 μm and grains >250 μm in size are rare. The mean, >63 μm and >30 μm grain-size curves are highly variable, while the <2 μm grain-size curve is relatively stable. The features indicate that the Neogene climate was mainly dry and cold and the winter monsoons had once changed greatly in strength and prevailed over the study area and that the summer monsoons were relatively weaker with little change. The changes of the grain-size curves are supported by the lithologic and biologic evidence, suggesting that the climate then was mainly dry-cold and sometimes alternately warm-wet and cool-dry. The lithology in the field is manifested by alternation of clay beds with calcic concretionary beds and the grain-size curves are manifested by fluctuations of peaks and valleys. The susceptibility curve shows that the climate of the Yushean Stage was warmer and wetter than that of the Baodean Stage.

Key words: Laogaochuan; red clay; grain-size; susceptibility; paleoenvironment

About the first author: Liu Yan-lin, female, born in 1977, D.Sc. candidates, specialized in, environmental science; E-mail: liuyanlin736@163.com