

文章编号: 1009-3850(2004)01-0078-06

黄河中游新近系红粘土粒度特征及其古环境 ——以陕西府谷老高川为例

刘艳霖¹, 岳乐平², 帕拉提¹

(1. 新疆大学 资源与环境学院, 新疆 乌鲁木齐 830046; 2. 西北大学 地质系, 陕西 西安 710069)

摘要:黄河中游新近系红粘土粒度分布表现出明显的三峰分布,说明它是由多种成因组份构成,而且每种成因组份对整体的贡献率也不同。其粒度组成主要是以粉土粒级(5~50 μ m)为主,而250 μ m以上的颗粒少见。除小于1 μ m和小于2 μ 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。大于63 μ m和大于30 μ 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;而小于2 μ 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相一致,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,同时也有古生物证据与岩石学证据相佐证。

关键词:黄河中游;府谷;新近系;红粘土;粒度特征;古环境;陕西

中图分类号: P534.62.3

文献标识码: A

黄河中游是我国三趾马红粘土分布最广地区之一,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系剖面之一。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。自该剖面发现以来,已有大批诸如古生物、古地磁、碳氧同位素、孢粉组合、岩石学特征等研究成果问世。沉积颗粒物的粒径大小是搬运它的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。因此,笔者等人于2003年7月在该地区进行了连续采样并在实验室进行了粒度测量及分析,以望对三趾马红粘土的成因及新近纪古气候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°12.907',

E110°31.206'),距府谷县西北约60km处(图1)。剖面地层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45m,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20~100cm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Cande 95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4.7~8.0Ma。

本次采取连续采样方法(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,测量间隔选取为4cm,共测样品1003个。全部样品在西北大学大陆动力学教育部重点实验室进行测量,仪器选用英国Malvern仪器公司生产的最新型号Mastersizer 2000型激光粒度仪(量程0.02~2000 μ m,重复性优于0.5%,准确率优于1%)。测量

收稿日期: 2003-12-30

第一作者简介: 刘艳霖,女,1977年生,硕士研究生,从事资源环境与计算机应用研究。

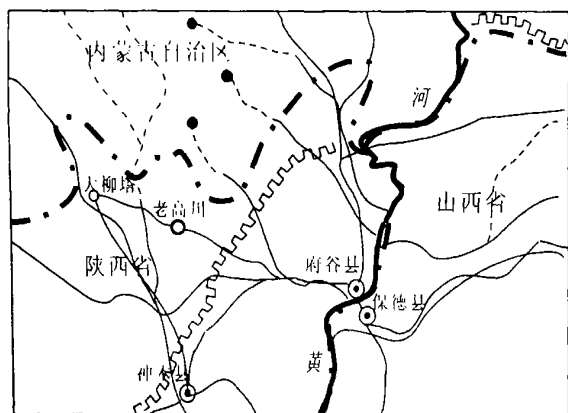


图1 老高川位置图

Fig. 1 Location of the Laogaochuan section

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很重要^[3]。本次前处理方法选用以下步骤:取样品0.5g放入烧杯中,加入10ml浓度为10%的双氧水煮沸,使其充分反应。冷却后加入10ml浓度为10%的HCl并煮沸,使其充分反应。然后给烧杯注满蒸馏水并静置24小时,抽去蒸馏水,加入10ml浓度为0.05mol/l的六偏磷酸钠分散剂并用超声波清洗机振荡10分钟后测量。测量全部采用手动测量法。

2 粒度分布特征

由于所测样品较多,图2只给出部分样品的频率分布图。经观察所有样品均表现出与图中所给出样品一致的特征。由图可知剖面底部的样品在大于

100 μm 的区域出现明显的峰值,这反映样品中混入了部分水成物质,对粒度分布造成了较大的影响,或者由于其靠近沙漠的特殊的地理位置所致。而其它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,粒度范围分别为直径2~20 μm (B)、20~100 μm (A)和0.04~1 μm (C)^[4]。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^[5]。

该剖面的粒度分布正好与Patterson等研究提出的大气粉尘3个模式对应良好。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,具有一定力分布的流体所搬运的沉积物质的粒度总体实际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。这种单成因组份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份的存在^[3]。由统计分布的数学规律得知,多组份的总体分布函数即为各组份分布原型函数与组分百分比乘积的函数。这一数学规律的存在,使得多组份的总体分布在频率曲线上表现为与组份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。红粘土的这种三峰分布的特点正说明红粘土是由三成因的组份所组成,其中其峰

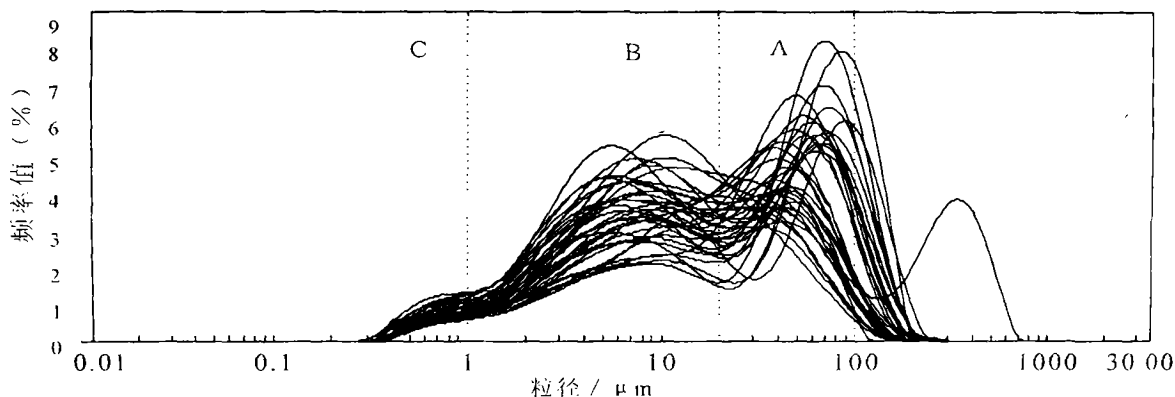


图2 老高川剖面的粒度分布特征

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

值的高低正说明此种成因对样品整体的贡献率的大小,在不同的地质年代不同成因的组份对样品整体贡献率也是不一样的。

3 粒度组成特征

通过对千余件样品测量后分析可见,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。

(1) 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%。

(2) 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。

(3) 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%。

从所选粒度曲线中(图3)发现,只有小于1 μm

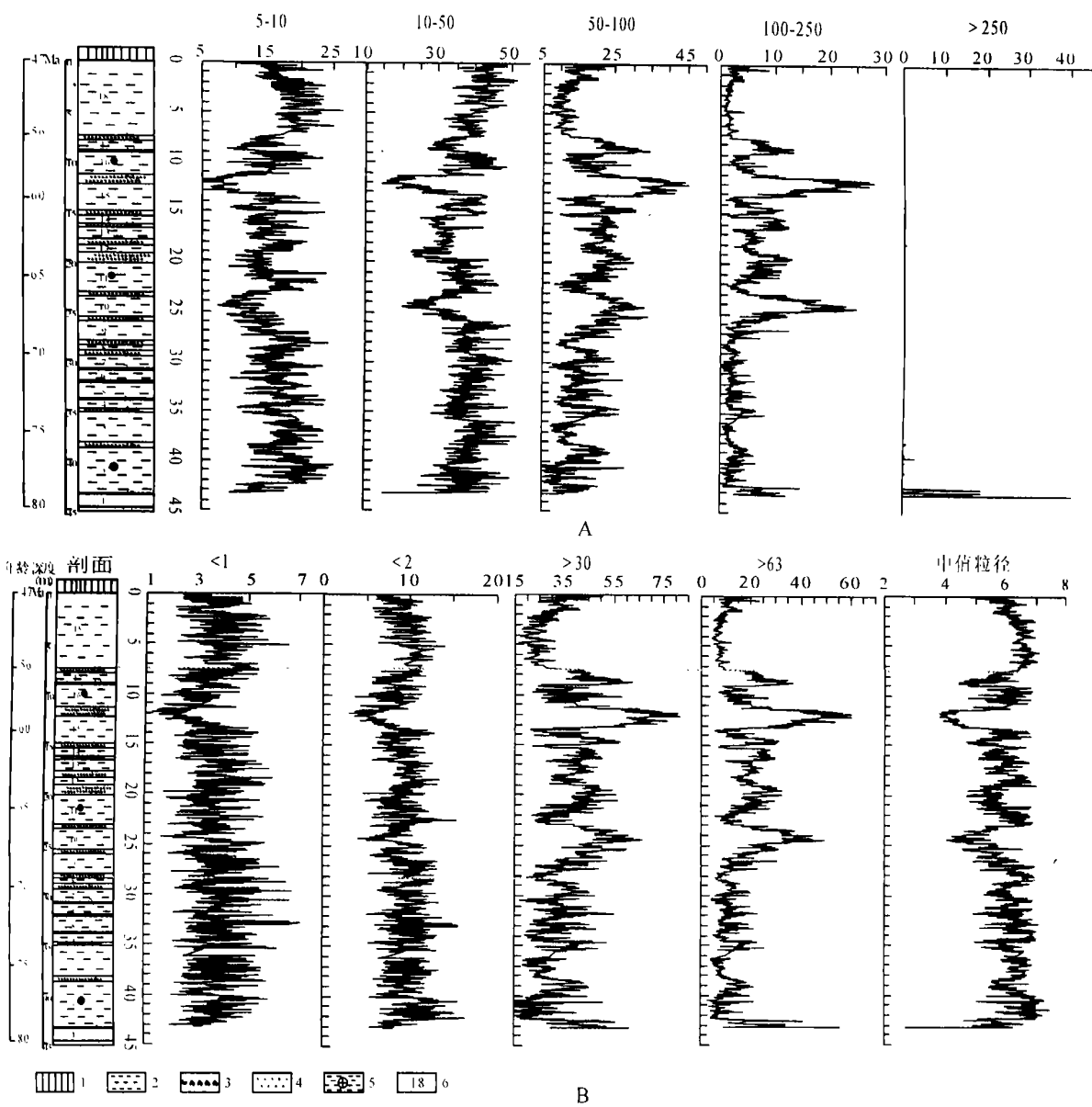


图3 老高川新近系红粘土剖面粒度曲线
1.黄土; 2.红粘土; 3.结核层; 4.砂岩; 5.化石点; 6.层号

Fig. 3 Grain-size curves for the Neogene red clay from the Laogaochuan section
1= loess; 2= red clay; 3= concretionary layer; 4= sandstone; 5= fossil site; 6= bed number

和小于 $2\mu\text{m}$ 粒级曲线变化相对稳定, 其中小于 $1\mu\text{m}$ 的颗粒所占含量多集中于 $3\% \sim 4\%$, 小于 $2\mu\text{m}$ 的颗粒所占含量则多集中于 9% 左右。

其它粒级曲线则均表现出旋回起伏的特征, 而且表现出很好的相关性。大于 $50\mu\text{m}$ 各粒级含量的减少与小于 $50\mu\text{m}$ 各粒级含量的增加往往同时出现, 呈明显的负相关; 大于 $20\mu\text{m}$ 粒级变化与小于 $20\mu\text{m}$ 粒级变化也呈负相关; $5 \sim 10\mu\text{m}$ 粒级变化与 $10 \sim 50\mu\text{m}$ 粒级变化相同, 呈正相关; $50 \sim 100\mu\text{m}$ 粒级的变化与 $100 \sim 250\mu\text{m}$ 粒级的变化呈正相关; 大于 $63\mu\text{m}$ 粒级变化与大于 $30\mu\text{m}$ 粒级变化呈正相关。

因此, 该区三趾马红粘土所表现出来的总体特征为: (1) 以粉土粒级($5 \sim 50\mu\text{m}$, 平均占到 52.17%) 为主, 且 $10 \sim 50\mu\text{m}$ 粒级含量高于 $5 \sim 10\mu\text{m}$, 而大于 $250\mu\text{m}$ 的颗粒少见; (2) 除小于 $1\mu\text{m}$ 和小于 $2\mu\text{m}$ 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; (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) 较榆社期(18 层) 变化剧烈。

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; 小于 $2\mu\text{m}$ 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]。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, 在用粒度资料探讨新近纪该区气候演变规律时, 也主要选择中值、 $> 63\mu\text{m}$ 、 $> 30\mu\text{m}$ 及 $< 2\mu\text{m}$ 四组粒径的数据。

观察这几组粒级曲线变化(图 3B), 其特征为: (1) 除小于 $2\mu\text{m}$ 的曲线外, 其余 3 条均表现出良好的相关性, 并且都表现出跌荡起伏、变化剧烈的特征; (2) 这几条粒度曲线均可进一步将其由下向上划分为 3 段, 除小于 $2\mu\text{m}$ 曲线外, 其余 3 条显示较为清楚。第一段(1—8 层) 古地磁年龄为 $6.9 \sim 8.0\text{Ma}$; 第二段(9—17 层) 古地磁年龄为 $5.6 \sim 6.9\text{Ma}$; 第三段(18 层) 古地磁年龄为 $4.7 \sim 5.6\text{Ma}$ 。

第一段除最底部 1m 多表现出颗粒特别粗外, 以上部分大于 $63\mu\text{m}$ 和大于 $30\mu\text{m}$ 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。该段小于 $2\mu\text{m}$ 粒级曲线基本上在 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, 由于靠近物源区, 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 24.51m 处, 大于 $63\mu\text{m}$ 粒级含量达到 49.12% 。第二个最高峰出现在 12.15m 处, 大于 $63\mu\text{m}$ 粒级含量达到 63.2% 。第三个峰出现在 8.74m 处, 大于 $63\mu\text{m}$ 粒级含量达到 36.73% 。小于 $2\mu\text{m}$ 的曲线在这 3 个峰处也有较好的体现, 表现为含量的减少。这一段说明当时冬季风已经很盛行。从 $100 \sim 250\mu\text{m}$ 粒级曲线可见, 除正常状态下的冬季风搬运颗粒外, 其中冬季风沙尘暴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, 但大于 $63\mu\text{m}$ 和大于 $30\mu\text{m}$ 及中值曲线总体表现为开始缓慢减少, 在深度为 4.42m 处(古地磁年龄约为 5.2Ma) 又开始缓慢增加。这个特征在小于 $2\mu\text{m}$ 粒级曲线上也有较好对应。而且该段的小于 $2\mu\text{m}$ 含量较前段有所增加, 在野外观察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。从 4.42m (古地磁年龄 5.2Ma) 开始, 大于 $63\mu\text{m}$ 和大于 $30\mu\text{m}$ 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^[10], 因为北极冰盖形成时期 $5 \sim 6\text{Ma}$ 也正是该区红粘土剖面相对降温变干的时期。

红粘土在野外岩性表现为粘土层与钙结核层的相互交替, 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。新近纪当青藏高原抬升到有意义的高度时, 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,而红粘土也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、大于 $63\mu\text{m}$ 、大于 $30\mu\text{m}$ 三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。而小于 $2\mu\text{m}$ 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^[1],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^[14]。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。既发现有耐干旱的 *Artemisiaepollenites*、*Chenopodipollis* 等草本植物,又有如 *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*、*Palaeotragus*、*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) 红粘土频率分布均表现出明显的三峰分布,说明其为3种成因组份所组成,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($5\sim 50\mu\text{m}$)为主,且 $10\sim 50\mu\text{m}$ 粒级含量高于 $5\sim 10\mu\text{m}$,大于 $250\mu\text{m}$ 颗粒少见。除小于 $1\mu\text{m}$ 、小于 $2\mu\text{m}$ 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)较榆社期(18层)变化剧烈。

(3) 大于 $63\mu\text{m}$ 和大于 $30\mu\text{m}$ 及中值曲线变幅

大,说明当时冬季风比较盛行,而且变化强度比较大,而小于 $2\mu\text{m}$ 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大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4.42m处(古地磁年龄约为5.2Ma)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相一致,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,同时也有古生物证据与岩石学证据相佐证。

参考文献:

- [1] 张云翔,薛祥熙,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.
- [2] CANDE S C, KENT D V. Revised calibration of the geomagnetic polarity timescale for the Late Cretaceous and Cenozoic[J]. Journal of Geophysical Research, 1995, 100(B4): 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.
- [4] PATTERSON E M, GILLETE D A. Commonalities in measured size distribution for aerosols having a soil-derived component[J]. Journal of Geophysical Research, 1977, 82: 2074—2082.
- [5] ASHLEY G M. Interpretation of polynodal sediments[J]. The Journal of Geology, 1978, 86(4): 411—421.
- [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.
- [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, 1998, 28(3): 278—283.
- [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.
- [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.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 田均良. 黄土高原土壤地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1994. 27—43.

Grain-size distribution and palaeoenvironmental significance for the Neogene red clay in the middle reaches of the Huanghe River: An example from the Laogaochuan section in Fugu, Shaanxi

LIU Yan-lin¹, YUE Le-ping², Palati¹
(1. Xinjiang University, Urumqi 830046, Xinjiang, China; 2. Northwest China University, Xi'an 710069, Shaanxi, China)

Abstract: The Neogene red clay represented by the Laogaochuan section in the middle reaches of the Huanghe River exhibits a trimodal grain-size distribution, with dominant silt-sized particles (5 to 50 μm) and rare particles greater than 250 μm . The contents of particles less than 1 μm and 2 μm are relatively stable. The other grain sizes display a pattern of cyclic relief. The curves for the particles greater than 63 μm , 30 μm and median sizes are highly variable, implying that the Neogene climates were once cold and dry, and the winter monsoons were once highly variable in strength and prevailed over the study area. The stable variations in the curves for the particles less than 2 μm suggest that the summer monsoons were then very weak and less variable in strength. The observations of the grain-size curves for the Neogene red clay from the study area are generally supported by the lithologic and palaeontologic evidences.

Key words: middle reaches of the Huanghe River; Fugu; Neogene; red clay; grain size; palaeoenvironment; Shaanxi

资料简介

云南易田-新山铅锌银矿评价预查地质报告

行政区域: 云南省西双版纳州勐腊县
完成单位: 云南省地调院第五地质调查所
内容简介: 本次评价在前人工作的基础上对铅锌矿作了系统的总结, 结合异常查证发现了新的矿点, 根据《固体矿产预查暂行规定》要求, 已达预查工作程度。该项目的评价采用了 1:5 万土壤测量入手, 同时兼顾各矿区(点)民采资料的收集和矿占大比例尺电法测量、辅以少量探矿工程解剖异常, 控制矿体的方法。即物化探先行, “面中求点, 点上突破”的方法。评价结果提交两个可供进一步普查的矿产地: (1) 易田普查矿产地: 已估 Pb+Zn 333+334 资源量 712336.42 吨; (2) 麻芋林普查矿产地: 334 Pb+Zn 资源量 318148.32 吨。

(由中国地质调查局西南资料分馆提供)