

文章编号: 1006-6616 (2010) 04-0402-10

湖泊沉积物中风成和水成组分定量 判据的初步研究 ——以青海湖为例

董吉宝^{1,2}, 安芷生¹, 卢凤艳^{1,2}

(1. 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, 陕西 西安 710075;

2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 对青海湖沉积物进行物质来源进行聚类分析, 并对周边风成黄土与现代湖泊表层沉积物进行粒度分析, 在此基础上, 以青海湖周边典型风成黄土作为风成组分端元, 以青海湖表层沉积物作为水成组分端元, 首次利用已知端元的粒度分布特征对青海湖沉积物中典型粒度分布进行拟合, 进而估算了其中风成和水成组分的比例。结果表明, 青海湖沉积物粒度分布特征可分为三大类: 1. 水成组分占主导; 2. 风成组分占主导 (风成黄土主导); 3. 两者以不同比例混合。希望此方法能成为未来湖泊沉积物中不同组分的定量判据和古环境的解读提供新途径。

关键词: 青海湖; 粒度; 风成组分; 定量判据; 聚类分析

中图分类号: P588.2

文献标识码: A

沉积物的粒度特征记录了沉积环境、搬运动力等信息, 因而常被用于沉积物成因类型的判别^[1-4]。利用沉积物的粒度特征判别沉积环境的方法可分为定性法和定量法两大类。自上世纪 50、60 年代至今, 已有很多学者尝试以粒度特征定性-半定量地判别沉积环境, 并取得了丰硕的成果, 提出了许多不同的方法, 如 Q_1-Md-Q_3 法、概率累计曲线法、结构散点图法、判别函数法、C-M 图法、因子分析法、BP 神经网络的方法、分维值法^[1-2, 5-17]等等, 其中结构散点图法、判别函数法和 C-M 图法在国内的应用较多^[3-4, 18-20]。但随着研究的不断深入, 定性-半定量的方法已不能满足需求, 人们越来越希望定量地区分沉积环境中的不同来源的贡献比例, 其中, 以沉积物粒度数据为基础而进行的定量判别方面已取得了丰硕的成果, 并得到了广泛的运用^[21-33]例如, 孙东怀等^[21-26], 殷志强等^[27]、Prins M. A. 等^[29-33], 基于各自的理解, 建立了不同的定量分离方法。此外, 也有其他学者从地球化学角度做了积极有益的研究和探索^[34-35]。

以粒度数据为基础的定量判据研究虽已取得了不少成果, 但判别的方法和结果仍然存在不足之处, 有待进一步改进, 如基于不同的函数分布进行拟合的方法, 由于函数分布并不能完全代表真实环境中沉积物的粒度分布, 因此, 拟合的结果必然存在一定的偏差。基于此考虑, 本文试图以青海湖为例, 利用已知沉积类型的粒度数据作为端元, 定量判别湖泊沉积物

收稿日期: 2010-05-07

作者简介: 董吉宝 (1985-), 男, 博士研究生, 主要从事第四纪地质与便于变化研究, E-mail: dib@ieecas.cn.

中不同物源组分的比例，而国内至今尚未见此方法的报道。

1 端元的选择

湖泊作为流域的一个汇，其物质来源复杂，使得各种环境代用指标的解读复杂化，因此有必要加强湖泊沉积物中不同物源组分贡献的定量研究；此外，对于如何区分湖泊沉积物中不同组分的贡献，一直以来并没有得到很好的解决。因此，作者试图在已知物源作为端元的基础上，通过数学拟合的方法，实现定量判别湖泊沉积物中不同物源组分的比例。需要说明的是，在进行拟合之前，首先要分析确定端元的可靠性及其代表性。下面以青海湖为例，从物质来源分析和聚类分析两个方面确定分离端元。

1.1 物质的来源

青海湖是我国最大的内陆封闭湖泊，流域面积约 30000km²，湖泊面积 4400km²^[36]，由于其独特的地理位置及封闭的特性而备受研究者的关注。青海湖沉积物的主要来源包含水动力搬运的贡献（如河流的悬浮物）和风尘物质的输入（风成黄土）^[34-35]。毋庸置疑，前者的贡献主要是通过河流搬运的方式进入湖泊，而到达湖心的沉积物则主要为河流悬浮物；由于搬运动力的突然减弱，河流搬运的跃移组分则在河流入湖口附近沉积下来。关于风尘物质的贡献，青海湖周边大量风成黄土的堆积即可视为风成物质输入最好的佐证^[37-41]。最近有学者基于地球化学原理，探讨了现代青海湖表层沉积物中风成物质的贡献比例^[34-35]，但结果之间仍存在较大差异，有必要进行深入的研究。基于上述的分析及前人的研究结果，青海湖沉积物可视为两个主要端元组成，即水成组分端元和风成组分端元。

1.2 聚类分析结果

为进一步确证上述的推理并确定端元，我们对青海湖南盆湖心 1A 孔沉积物粒度进行了快速聚类分析，聚类数设为三类，并将聚类结果与已知沉积物类型的粒度分布进行对比，以判别聚类结果可能的实际指示意义。聚类分析结果见图 1。图 1A 显示了聚类为三类的结果；图 1 B、C 分别为 Cluster1、Cluster2 与现代青海湖表层沉积物（表层 4cm）和青海湖周边典型风成黄土的粒度分布特征对比图。对比结果表明，Cluster 1 与现代表层沉积物的粒度分布非常的相似，而 Cluster 2 则与周边黄土的粒度分布几乎完全重叠在一起，据此可以认为，Cluster 1 和 Cluster 2 可分别视为水成组分和风成组分沉积占主导，而 Cluster 3 则视为两者以不同比例混合后的结果。聚类分析结果与上述推理一致，均表明青海湖沉积物主要由水成组分和风成组分组成。然而聚类分析只能做到定性地区分沉积物类型，也即风成为主、水成为主或两者混合。因此，我们试图利用两个已知端元的粒度分布特征，即表层沉积物和周边典型风成黄土的粒度分布特征，分别作为水成组分端元和风成组分端元，对青海湖 1A 孔沉积物的粒度分布进行拟合，进而估算两个端元贡献的比例。

2 端元拟合的可行性

虽然上述分析表明青海湖沉积物主要包含水成组分和风成组分，但在进行端元拟合分析前，仍然需分析端元拟合的可行性。显然，以粒度为基础进行端元分析的前提条件是各个端元的粒度分布之间要存在明显差异性；倘若各个端元之间的差异性很小，则无法确定合理的端元个数，因而，拟合结果也就失去了意义。为此，我们利用前人使用的定性方法，分析判

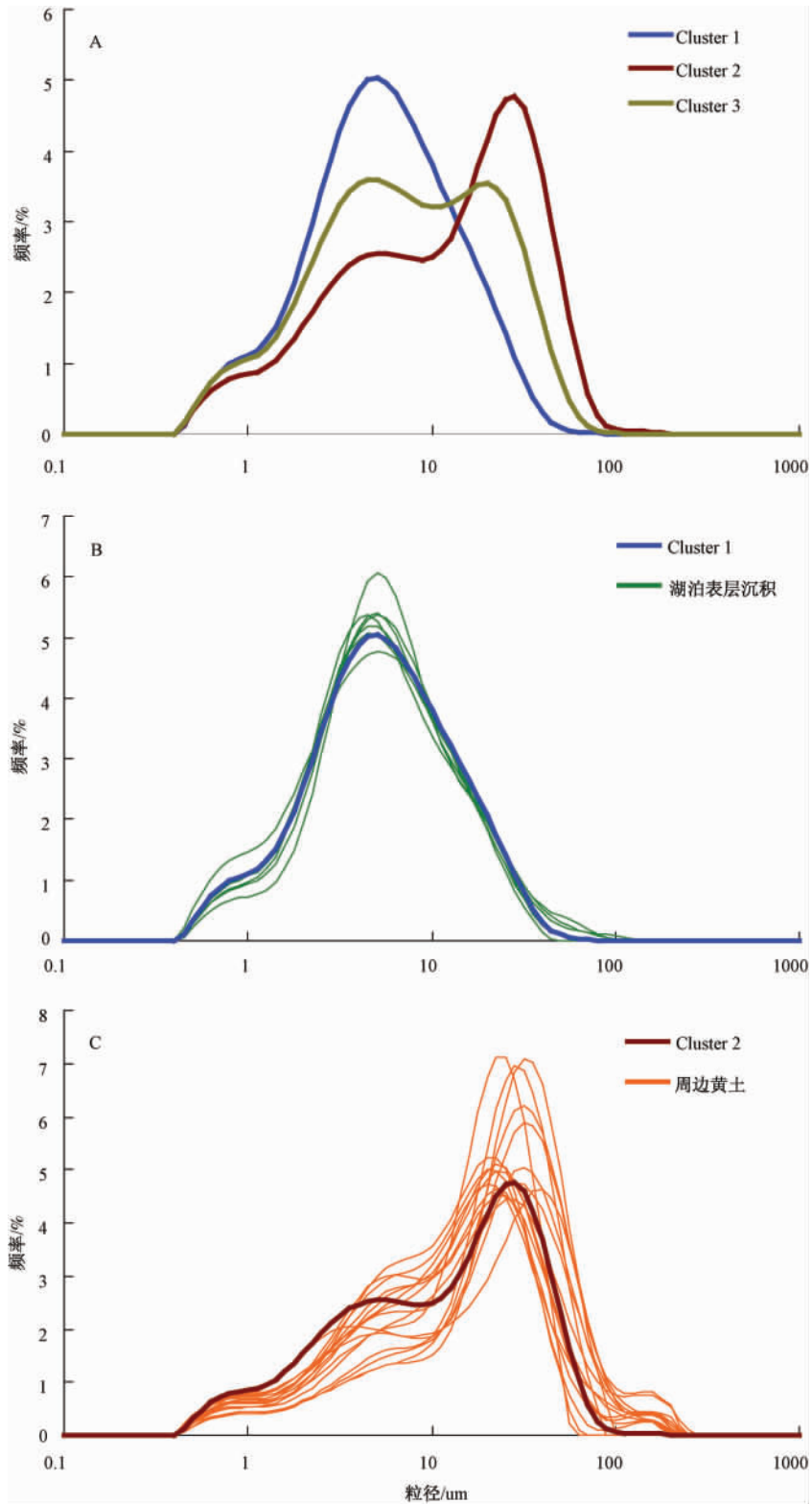


图1 聚类分析结果及其与青海湖表层沉积物和周边黄土粒度分布特征对比

Fig. 1 Results of cluster analysis and its comparison with grain size distributions of surface lake sediments and loess deposits around Lake Qinghai

A: 聚类分析结果; B: Cluster 1 与青海湖表层沉积物粒度分布特征对比; C: Cluster 2 与青海湖周边黄土粒度分布特征对比

别上述两个端元之间的差异性是否明显。

在粒度频率分布图中（图 1B、C），典型风成黄土呈不对称双峰分布，粒度偏粗，分布范围较宽；而湖泊表层沉积物（水成组分）则呈单峰分布，粒度偏细，有较长的粗尾，整体分布范围较窄，由此可见，两者的频率分布特征之间有显著不同之处。在粒度结构参数散点图中（图 2），前者的标准偏差较大且较离散，呈正偏态，偏度值较大；而后者的标准偏差则较小且相对集中，偏度值在 0.2 ~ -0.2 之间，呈近似正态分布；两者在粒度参数散点图中分布在两个相互并不重叠的区域，也指示了两者之间存在明显差异性。同时，我们还利用常用的风成和水成沉积物判别公式^[3,7,19]计算了两者判别值大小，虽然计算结果与前人将判别值 < -2.7411 作为风成和水成沉积物的判别界限存在一定差异，但从图 3 中可见，青海湖周边的典型风尘黄土的判别值大都小于 -2.7411，而青海湖表层沉积物的判别值则相对较稳定，全部小于 -10，是否可以 -10 作为风成和稳定湖相沉积的界限，还有待进一步

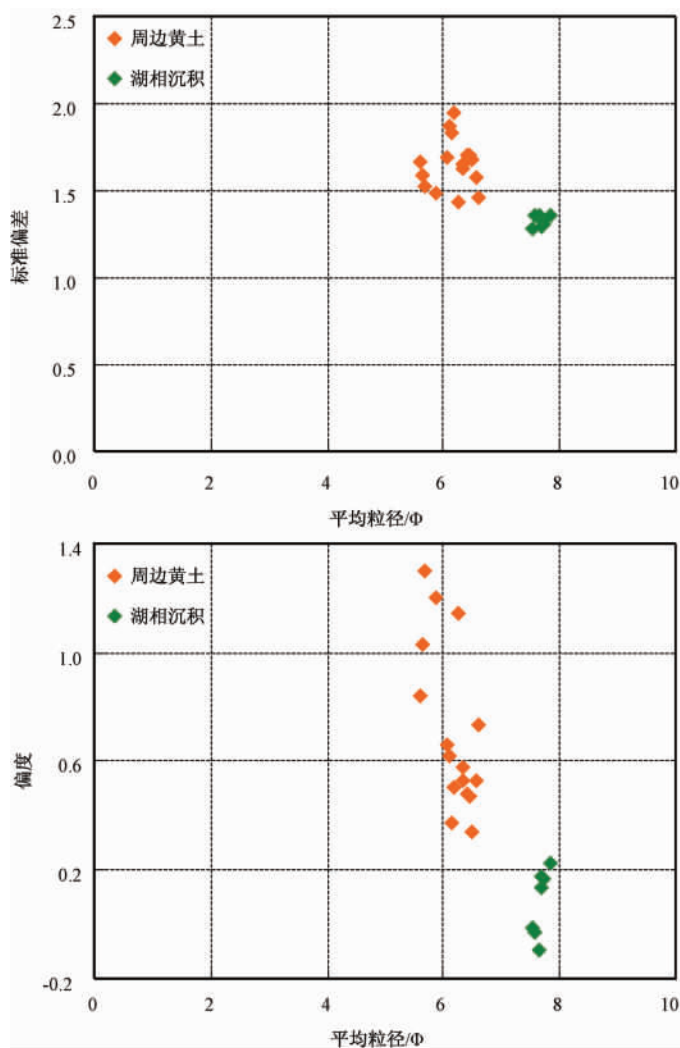


图 2 湖泊表层沉积物和周边黄土粒度结构参数散点图

Fig. 2 Standard Deviation and Skewness vs. Mean Grain Size (Φ) of surface lake sediments and loess deposits around Lake Qinghai

的研究。综合上述表明,本文所选择的两个端元之间存在着显著的差异性,符合端元分析的前提条件,可以进行端元拟合。

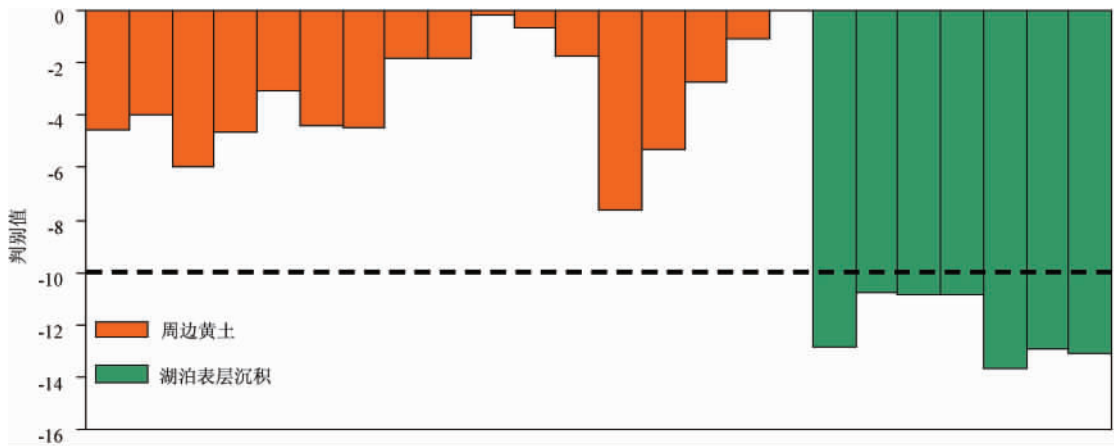


图3 湖泊表层沉积物和周边黄土判别值

Fig. 3 Discriminant values of surface lake sediments and loess deposits around Lake Qinghai

3 定量分离的实现

3.1 定量分离的算法

具体算法的核心是以最小二乘法原理,用两组已知端元的粒度频率分布曲线拟合所有实测的粒度频率分布曲线,在拟合过程中计算两个端元的比例。具体表达式可用矩阵形式表示如下:

$$M \times B = X$$

其中 M 为已知端元矩阵 (100×2 矩阵), B 系所求端元的比例 (2×1 矩阵), X 为实测数据 (100×1 矩阵)。

在 Matlab7.0 软件中实现具体的计算和拟合,并输出两个端元的比例。每个样品拟合计算的次数则取决于两组端元的个数,即两组端元个数的乘积。本文每个样品的拟合计算次数为 $7 \times 19 = 133$ 次,7 个现代青海湖表层沉积物作为水成组分端元,19 个周边典型黄土作为风成组分端元,以拟合残差为最小值时两个端元的比例作为最终的输出结果。拟合残差为每个样品各个粒级的拟合结果与相应的实测结果之差的绝对值之和,具体公式为

$$Residual = \sum_{i=1}^n |x_{\bar{i}} - x_{ii}|,$$

其中 $x_{\bar{i}}$, x_{ii} 分别为拟合结果和实测结果中第 i 粒级的百分含量。

3.2 定量判别的结果

所有样品拟合结果的统计分析表明,本研究的拟合残差平均约为 8%。主要拟合结果见图 4,可知拟合结果(红色虚线)与实测结果(黑色实线)重合性较好,拟合残差较小,说明端元拟合的效果比较理想。同时拟合估算结果表明,青海湖沉积物粒度分布特征可归为三大类:1. 水成组分占主导(图 4A, C),其中水成组分贡献达 87.3% 和 71.3%; 2. 风成组分占主导(风成黄土主导,图 4B),风成组分可达 63.3%; 3. 两者以不同比例混合(图

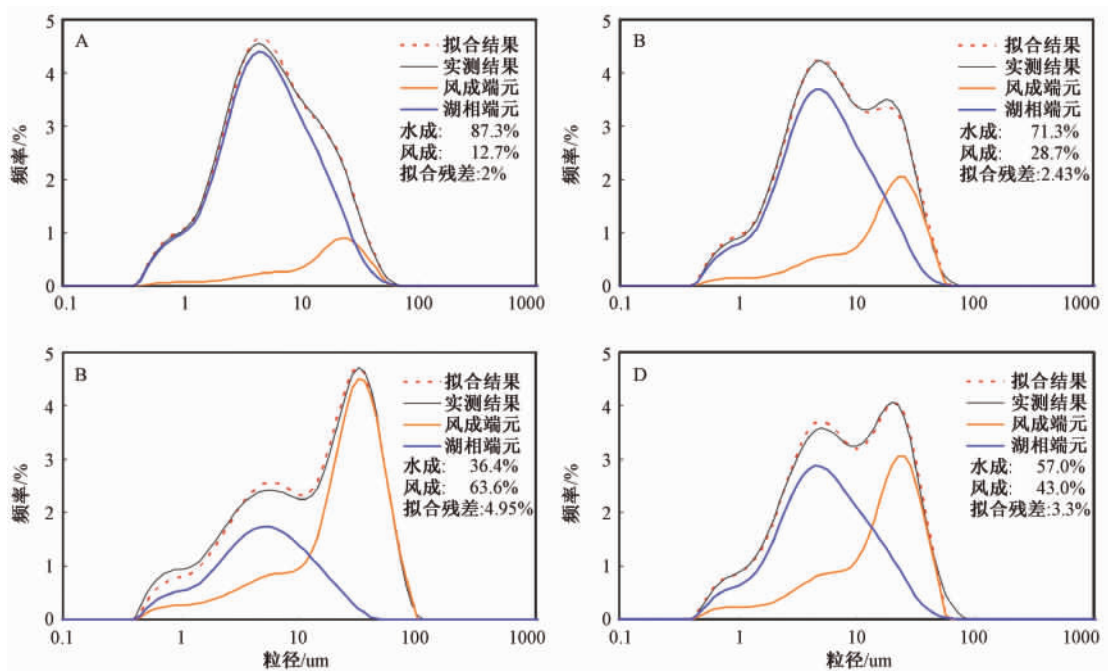


图4 端元拟合结果

Fig. 4 Results of end-member fitting

4D)。其中钻孔上部沉积物主要为水成组分占主导，拟合估算的风成组分含量与 Xu H et al. (2010)^[34] 研究结果相似，这表明端元拟合的结果是可靠的。

由于本研究只是初步探讨，所使用的两组端元的个数相对较少，尤其是风成端元个数较少，对拟合残差影响较大。因为风成端元的粒度频率分布波动较大，当使用的风成端元的个数较少时，可能无法包含较全的风成组分的信息，因而，对拟合结果影响较大，使得拟合残差偏大。而水成端组分元标准偏差小，粒度频率分布相对比较集中，所以对拟合的影响也相对较小。这也同样暗示了此方法仍有很大的发展空间，待各端元粒度数据的增多，拟合残差将会大大降低，拟合结果也将更加理想。

4 结论与展望

基于前人的研究结果、青海湖沉积物的物质来源分析、聚类分析以及将聚类分析结果与实测粒度分布的对比一致表明，青海湖沉积物主要由水成组分和风成组分两个端元混合组成。基于定性分析可知，两个端元的粒度分布特征存在显著的差异性，风成组分与水成组分在粒度频率分布特征、判别值大小及粒度结构参数散点图中的分布区域都存在显著的差异，符合端元拟合的前提条件；端元拟合的结果表明，利用此方法估算湖泊沉积物中不同组分的贡献是可行的，且可以与其它研究方法的结果对比，同时表明，青海湖沉积物可分为风成组分主导、水成组分主导及两者以不同比例混合的三种粒度频率分布类型。

相对于前人的研究而言，本研究方法的难点在于确定端元，而端元的确定则需要综合考虑研究区域的特点，具体情况具体对待。同时，由于各个端元的粒度频率分布的在一定范围内波动，为了提高拟合的效果，保证研究结果的可靠性与准确性，需要收集大量的端元数

据。除此之外,未来应当考虑不同方法之间的对比研究,交叉检验,以确定不同方法的可靠性等。

致谢:感谢王旭龙副研究员提供青海湖周边风成黄土样品。

参 考 文 献

- [1] Doeglas J. D. Grain-size indices, classification and environment [J]. *Sedimentology*, 1968, 10: 83 ~ 100.
- [2] Visher G S. Grain size distributions and depositional processes [J]. *Journal of Sedimentary Petrology*. 1969, 39 (3): 1074 ~ 1106.
- [3] 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 Grainsize distribution of red clay and loess-paleosol deposits in Chinese Loess Plateau [J]. *Acta Sedimentology Sinica*, 1999, 17 (2): 226 ~ 232.
- [4] Lu H Y, Vandenberghe J, An Z. S. Aeolian origin and palaeoclimatic implications of the 'red clay' (north China) as evidence by grain-size distribution [J]. *Journal of Quaternary Science*, 2001, 16 (1): 89 ~ 97.
- [5] Solohub J. T., Klován J. E. Evaluation of grain-size parameters in lacustrine environments [J]. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1970, 40 (1): 81 ~ 101.
- [6] Friedman M. G. Address of the retiring president of the international association of sedimentologists: differences in size distributions of populations of particles among sands of various origins [J]. *Sedimentology*, 1979, 26: 3 ~ 32.
- [7] Sahu B K. Depositional mechanisms from the size analysis of elastic sediments [J]. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1964, 34 (1): 73 ~ 83.
- [8] Passega R. Grain size representation by CM patterns as a geological tool [J]. *Journal of Sedimentary Petrology*. 1964, 34 (4): 830 ~ 847.
- [9] Klován E. J. the use of factor analysis in determining depositional environments from grain-size distribution [J]. *Journal of Sedimentary Petrology*. 1966, 36 (1): 115 ~ 125.
- [10] 曲政. 沉积物粒度数据表征方法的研究 [J]. *中国粉体技术*, 2001, 7 (4): 24 ~ 31.
QU Zheng. Research on grainsize presentation method of sediments [J]. *China Powder Science and Technology*, 2001, 7 (4): 24 ~ 31.
- [11] 方志江,曲政. BP网络在沉积环境自动识别中的应用 [J]. *煤田地质与勘探*, 2000, 28 (2): 13 ~ 15.
FANG Zhijiang, QU Zheng. Application of BP neural network in environmental recognition model [J]. *Coal Geology & Exploration*, 2000, 28 (2): 13 ~ 15.
- [12] 柏春广,穆桂金,王建. 艾比湖湖相沉积物粒度的分维特征及环境意义 [J]. *干旱区地理*, 2002, 25 (4): 336 ~ 341.
BO Chunguang, MU Guijin, WANG Jian. Grain-size fractal dimensions characteritics of lacustrine sediments of Aiby Lake and the environmental significance [J]. *Arid Land Geography*, 2002, 25 (4): 336 ~ 341.
- [13] 柏春广,王建. 一种新的粒度指标: 沉积物粒度分维值及其环境意义 [J]. *沉积学报*, 2003, 21 (2): 234 ~ 239.
BO Chunguang, WANG Jian. A new grainsize index: grain-size fractal dimension of sediment and its environmental significance [J]. *Acta Sedimentology Sinica*, 2003, 21 (2): 234 ~ 239.
- [14] 陈冬梅,穆桂金. 不同沉积环境下沉积物的粒度分形特征的对比研究 [J]. *干旱区地理*, 2004, 27 (1): 47 ~ 51.
CHEN Dong mei, MU Guijin. Comparising study of grain-size fractal dimensions characteristics between several sediments with different forming environments [J]. *Arid Land Geography*, 2004, 27 (1): 47 ~ 51.
- [15] McLaren P. An interpretation of trends in grain size measures [J]. *Journal of Sedimentary Petrology* 1981, 51 (2), 611 ~ 624.
- [16] McLaren P. Donald Bowles. The effects of sediment transport on grain-size distributions [J]. *Journal of Sedimentary Petrology* 1985, 55 (4), 457 ~ 470.

- [17] 李敬卫, 乔彦松, 王燕, 等. 江西九江红土堆积的粒度特征及成因研究 [J]. 地质力学学报, 2009, 15 (1): 95 ~ 104.
LI Jingwei, QIAO Yansong, WANG Yan, et al. Aeolian origin of the red earth formation in Jiujiang City of Jiangxi Province, China: Evidence from grain-size analysis [J]. Journal of Geomechanics, 2009, 15 (1): 95 ~ 104.
- [18] 于学峰, 周卫健, 刘晓清, 等. 青藏高原东部全新世泥炭灰分的粒度特征及其古气候意义 [J]. 沉积学报, 2006, 24 (6): 864 ~ 869.
YU Xuefeng, ZHOU Weijian, LIU Xiaoqing, et al. Grain size characteristics of the Holocene peat sediment in eastern Tibetan Plateau and its paleoclimatic significance [J]. Acta Sedimentology Sinica, 2006, 24 (6): 864 ~ 869.
- [19] 乔彦松, 郭正堂, 郝青振, 等. 中新世黄土-古土壤序列的粒度特征及其对成因的指示意义 [J]. 中国科学 D 辑 地球科学, 2006, 36 (7): 646 ~ 653.
QIAO Yansong, GUO Zhengtang, HAO Qingzhen, et al. Grain-size features of the Miocene loess-soil sequence at Qinan: Implications on its origin [J]. Science in China Ser. D Earth Sciences, 2006, 36 (7): 646 ~ 653.
- [20] 张平, 宋春晖, 杨用彪, 等. 稳定湖相沉积物和风成黄土粒度判别函数的建立及其意义 [J]. 沉积学报, 2008, 26 (3): 501 ~ 507.
ZHANG Ping, SONG Chunhui, YANG Yongbiao, et al. The significance and establishment of discriminant function with grain size of stable lacustrine sediment and eolian loess [J]. Acta Sedimentology Sinica, 2008, 26 (3): 501 ~ 507.
- [21] 孙东怀, 鹿化煜, Rea D. K. 中国黄土粒度的双峰分布及其古气候意义 [J]. 沉积学报, 2000, 18 (3): 337 ~ 335.
SUN Donghuai, LU Huayu, Rea D. K. Bimode grain-size distribution of Chinese loess and its paleoclimate implication [J]. Acta Sedimentology Sinica, 2000, 18 (3): 337 ~ 335.
- [22] 孙东怀, 安芷生, 苏瑞侠, 等. 古环境中沉积物粒度组分分离的数学方法及其应用 [J]. 自然科学进展, 2001, 11 (3): 269 ~ 276.
SUN Donghuai, AN Zhisheng, SU Ruixia, et al. Mathematical approach to sedimentary component partitioning of polymodal sediments and its applications [J]. Progress in Natural Science, 2001, 11 (3): 269 ~ 276.
- [23] 孙东怀. 黄土粒度分布中的超细粒组分及其成因 [J]. 第四纪研究, 2006, 26 (6): 928 ~ 936.
SUN Donghuai. Super-fine grain size compositions in Chinese loess and their palaeoclimatic implication [J]. Quaternary Sciences, 2006, 26 (6): 928 ~ 936.
- [24] Sun Donghuai, Bloemendal J, Rea D. K, et al. Grain-size distribution function of polymodal sediments in hydraulic and aeolian environments, and numerical partitioning of the sedimentary components [J]. Sedimentary Geology, 2002, 152: 263 ~ 277.
- [25] Sun Donghuai, Bloemendal J, Rea D. K, et al. Bimodal grain-size distribution of Chinese loess, and its palaeoclimatic implications [J]. Catena, 2004, 55: 325 ~ 340.
- [26] Sun Donghuai. Monsoon and westerly circulation changes recorded in the late Cenozoic aeolian sequences of Northern China [J]. Global and Planetary Change, 2004, 41: 63 ~ 80.
- [27] 殷志强, 秦小光, 吴金水, 等. 中国北方部分地区黄土、沙漠沙、湖泊、河流细粒沉积物粒度多组分分布特征研究 [J]. 沉积学报, 2009, 27 (2): 343 ~ 351.
YIN Zhiqiang, QIN Xiaoguang, WU Jinshui, et al. The multimodal grain-size distribution characteristics of loess, desert, lake and river sediments in some areas of northern China [J]. Acta Sedimentology Sinica, 2009, 27 (2): 343 ~ 351.
- [28] Xiao Jule, Chang Zhigang, Si Bin et al. partitioning of the grain-size components of Dali Lake core sediments: evidence for lake-level changes during the Holocene [J]. Journal of Paleolimnology, 2009, 42: 249 ~ 260.
- [29] Weltje J. G. End-member modeling of compositional data Numerical-statistical algorithms for solving the explicit mixing problem [J]. Mathematical Geology, 1997, 29 (4): 503 ~ 549.
- [30] Weltje J. G., Prins A. M. muddled or mixed? inferring palaeoclimate from size distributions of deep sea clastics [J]. sedimentary geology, 2002, 162: 39 ~ 62.
- [31] Prins M A, Vriend M, Nugteren G, et al. Late Quaternary aeolian dust input variability on the Chinese Loess Plateau: inferences from unmixing of loess grain-size records [J]. Quaternary Science Reviews, 2007, 26: 230 ~ 242.
- [32] Weltje J. G., Prins A. M. Genetically meaningful decomposition of grain-size distributions [J]. sedimentary geology,

2007, 202: 409 ~ 424.

- [33] Prins A. M, Zheng Hongbo, Beets K, et al. Dust supply from river floodplains: the case of the lower Huang He (Yellow River) recorded in a loess-palaeosol sequence from the Mangshan Plateau [J]. *Journal of Quaternary Science*, 2008, 24: 75 ~ 84.
- [34] Xu, H., Liu, X., An, Z. S. et al. Spatial pattern of modern sedimentation rate of Qinghai Lake and a preliminary estimate of the sediment flux. *Chinese Science Bulletin*. 2010, 55 (7): 621 ~ 627.
- [35] Jin, Z. D., You, C. F., Yu, J. M. Toward a geochemical mass balance of major elements in Lake Qinghai, NE Tibetan Plateau: A significant role of atmospheric deposition [J]. *Applied Geochemistry*. 2009, 24: 1901 ~ 1907.
- [36] 中国科学院兰州分院, 中国科学院西部资源环境研究所. 青海湖近代环境的演化和预测 [M]. 北京: 科学出版社, 1 ~ 10. 1994.
Lanzhou Branch of Chinese Academy of Sciences, West Center of Resource and Environment, Chinese Academy of Sciences. *Evolution of Recent Environment in Qinghai Lake and Its Prediction*. Science Press, Beijing, 1 ~ 10 1994.
- [37] 陈发虎, 汪世兰, 张维信, 等. 青海湖南岸全新世黄土剖面、气候信息及湖南升降探讨 [J]. *地理科学*, 1991, 11 (1): 76 ~ 85.
CHEN Fahu, WANG Shilan, ZHANG Weixi, et al. THE Loess profile at south bank, climatic information and lake-level fluctuation of Qinghai lake during the Holocene [J]. *Sinica Geographica Sinica*, 1991, 11 (1): 76 ~ 85.
- [38] 师永民, 王新民, 宋春晖. 青海湖湖区风成沙堆积 [J]. *沉积学报*, 1996, 14 (增刊): 235 ~ 240.
SHI Yongmin, WANG Xinmin, SONG Chunhui. Aeolian Deposition in Qinghai Lake Area [J]. *Acta Sedimentology Sinica*, 1996, 14 (Supp.): 235 ~ 240.
- [39] 宋春晖, 方小敏, 师永民, 等. 青海湖西岸风成沙丘特征及成因 [J]. *中国沙漠*, 2000, 20 (4): 443 ~ 446.
SONG Chunhui, FANG Xiaomin, SHI Yongmin, et al. Characteristics and formation of aeolian dune on western shore of the Qinghai lake [J]. *Journal of Desert Research*, 2000, 20 (4): 443 ~ 446.
- [40] 周笃璐, 马海州, 高东林, 等. 青海湖南岸全新世黄土地球化学特征及气候环境意义 [J]. *中国沙漠*, 2004, 24 (2): 144 ~ 148.
ZHOU Dujun, MA Haizhou, GAO Donglin, et al. Geochemical Characteristics and Climatic Environmental Significance of Holocene Loess on South Qinghai Lake Shore [J]. *Journal of Desert Research*, 2004, 24 (2): 144 ~ 148.
- [41] 赵存法, 鹿化煜, 周亚利, 等. 青海湖地区冰消期以来气候变化的黄土记录 [J]. *高校地质学报*, 2009, 15 (1): 135 ~ 140.
ZHAO Cunfa, LU Huayu, ZHOU Yali, et al. Palaeoclimate Changes Recorded by Loess Deposit around Qinghai Lake (Northeastern Qinghai-Tibetan Plateau) since Last Deglaciation [J]. *Geological Journal of China Universities*, 2009, 15 (1): 135 ~ 140.

QUANTITATIVELY PARTITION OF EOLIAN AND HYDROMORPHIC COMPONENTS IN LACUSTRINE SEDIMENTS: AN EXAMPLE FROM LAKE QINGHAI

DONG Jibao^{1,2}, AN Zhisheng¹, U Fengyan^{1,2}

(1. State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Institute of Earth Environment, The Chinese Academy of Sciences, Xi'an 710075, P. R. China; 2. Graduate School of The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, P. R. China)

Abstract: This paper reports a cluster analysis on sources of Lake Qinghai sediments, and a grain-size analysis on the surface sediments of Lake Qinghai and its adjacent typical aeolian loess. Based on the results, we have fitted the typical grain size distributions of the lake sediments and evaluated the proportions of eolian and fluvial components by using the grain size distributions of given end members, i. e., taking the aeolian loess sediments around the lake as eolian end-member and the surface lake sediments as fluvial end-member. The fitting result shows that the grain size distributions of Lake Qinghai sediments can be grouped into three types: 1) dominated by fluvial components; 2) dominated by eolian components (aeolian loess); 3) mixture of both with different proportions. It is hopeful that this method will provide a new way for quantitatively partition of different components in lake sediments and for understanding of paleoenvironment in the future researches.

Key words: Lake Qinghai; Grain size; Eolian component; Quantitatively partition; Cluster analysis

(上接第 422 页)

PALAEOMAGNETIC STUDY OF THE LATE CENOZOIC STRATA IN THE CENTRAL TARIM BASIN: IMPLICATION ON THE EVOLUTION OF TAKELIMAKAN DESERT

WANG Xin¹, SUN Donghuai¹, Wang fei¹, WU Sheng¹, LI Baofeng¹

(1. Key Laboratory of West China's Environmental System within Ministry of Education, Lanzhou University, Gansu Lanzhou 73000, China)

Abstract: High resolution magnetostratigraphy study and paleoenvironment analysis were developed to the parallel section in the central of Tarim basin. The results indicate that dry land environment with relative warm and humid climate pattern dominant in the area between 4.2 ~ 3.4Ma. The oldest in-situ eolian dun sands formed in 3.4Ma, which in turn indicate the age of Taklimakan desert. The dry climate significant intensified by 2.8Ma, consequently forming the extremely dry environment like those of present. We argue that the retreat of Para-Tethys, uplift of Tibet Plateau and evolution of Northern Hemisphere glaciations are all played key roles in the desertification of interior Asian.

Key words: Tarim Basin; Taklimakan Desert; Magnetostratigraphy