

文章编号: 1000-0550(2006) 03-0365-05

青藏高原东北部湟水流域新近纪风尘堆积源区分析

王先彦^{1, 5} 鹿化煜^{1, 2} 季峻峰³ 邓成龙⁴

(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 西安 710075

2 南京大学城市与资源学系 南京 210093; 3 南京大学地球科学系 南京 210093

4 中国科学院地质与地球物理研究所 北京 100029 5 中国科学院研究生院 北京 100049)

摘要 对青藏高原东北部湟水流域河流阶地上的中新世厚层风成堆积与黄土高原中部新近纪红黏土堆积的地球化学元素和磁性矿物特征进行了对比分析, 结果表明, 湟水流域中新世风尘堆积物与黄土高原风尘堆积物的源区存在差异。位于高原季风与东亚季风交汇区的湟水流域风尘堆积物可能有一部分来源于青藏高原中-西部干旱地区的风化细粒物质。因此, 中中新世以来湟水流域风尘堆积物的存在可能表明了青藏高原中西部在那时已经较为干旱。

关键词 风尘堆积源区 青藏高原东北部 地球化学 磁性矿物 中新世

第一作者简介 王先彦 男 1979 年出生 在读博士生 晚新生代地质与全球变化

通讯作者 鹿化煜 Email: LuhY@loess.llqq.ac.cn

中图分类号 P532.63 **文献标识码** A

中国北方地区广泛分布的连续的晚新生代风成堆积记录了古气候与古环境变化的重要的信息^[1~9]。青藏高原东北部的湟水流域河流阶地上发育了中中新世以来厚层的风尘堆积序列, 其地层结构可与黄土高原典型风尘堆积序列对比, 从而在区域上把中国新近纪的风成堆积记录扩展到了黄土高原以外的地区^[10, 11, 12, 13]。但是, 关于新近纪青藏高原红黏土与黄土高原红黏土堆积的对比研究还不多见。本文对比分析了两者的地球化学和磁性矿物特征, 探讨了新近纪湟水流域风尘堆积与黄土高原粉尘堆积源区的异同, 为进一步探讨青藏高原东北地区风尘堆积所记录的晚新生代以来的古气候变化过程提供了基础。

1 采样与测试

研究区位于青藏高原东北部湟水流域(图 1), 河流阶地上堆积了厚层的中中新世以来的风尘堆积, 其地层序列可与黄土高原典型风尘堆积序列进行对比^[9]。对典型的中中新世后湾剖面 and 第四纪盘子山剖面(图 1)按地层控制采集了 20 个样品进行了微量化学元素(包括稀土元素)丰度的测试, 测试工作在南京大学内生成矿作用国家重点实验室完成, 仪器为 1100+ 2000 型电感耦合等离子直读光谱仪(ICP-AES)。中新世后湾剖面四个样品(hw42Q, hw135Q,

hw276Q, hw3480)的磁化率温度($\chi-T$)关系的测试在中国科学院地质与地球物理研究所古地磁实验室进行, 仪器为捷克 AGICO 公司生产的 KLY-3 卡帕桥及其 CS-3 温度控制系统测量, 温度传感器为 CS-TEMP 1。

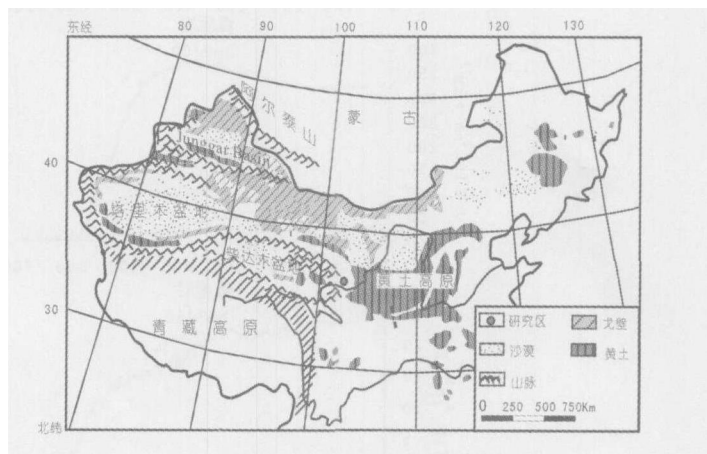


图 1 研究区地理位置图

Fig 1 Location of the study area

2 结果与讨论

磁化率-温度曲线可用来分析影响磁化率的磁

国家自然科学基金项目(批准号: 40325007, 30530050)、国家基础研究规划项目(2004CB720201)和 2005 年度中国科学院研究生科学与社会实践专项联合资助。

收稿日期: 2005-07-20 收修改稿日期: 2005-09-06

性矿物的居里点温度,从而确定对磁化率有贡献的磁性矿物种类^[13-18]。图 2 可以看出,后湾红色土状堆积物与黄土高原粉尘堆积物^[12-15]中一样所含的主要磁性矿物为赤铁矿、磁铁矿、磁赤铁矿和针铁矿等。但图中也显示出湟水流域风尘堆积的 $\chi-T$ 曲线有两个与黄土高原中部粉尘堆积明显不同的特征:在 590~650°C 之间曲线上存在明显的平台,并且冷却曲线远远高于加热曲线。

冷却曲线高于加热曲线表明,加热过程中有强磁性矿物生成。一般认为,风尘堆积中高温下生成的强磁性矿物是含铁硅酸盐或粘土矿物分解、针铁矿脱水等作用产生磁赤铁矿引起的^[14]。湟水流域风尘堆积

物冷却曲线远远高于加热曲线(冷却曲线磁化率值为加热曲线的 10~25 倍),远远高于黄土高原红黏土的强度(图 1),表明加热过程中生成了更多的强磁性矿物,可能表明了湟水流域风尘堆积物所含的含铁硅酸盐矿物和针铁矿等弱磁性矿物更多。

在 590~650°C 之间 $\chi-T$ 曲线存在一个明显的平台,这个现象在黄土高原风尘堆积物中并不明显,表明后湾红色土状堆积中存在更多的赤铁矿。根据宋友桂的估算 赤铁矿与磁铁矿比值的最小值:将 450~580°C (甚至 25~580°C) 之间的磁化率变化值视为完全由磁铁矿所贡献,580~700°C 之间的磁化率变化值视为由赤铁矿贡献,考虑到一份磁铁矿对磁化

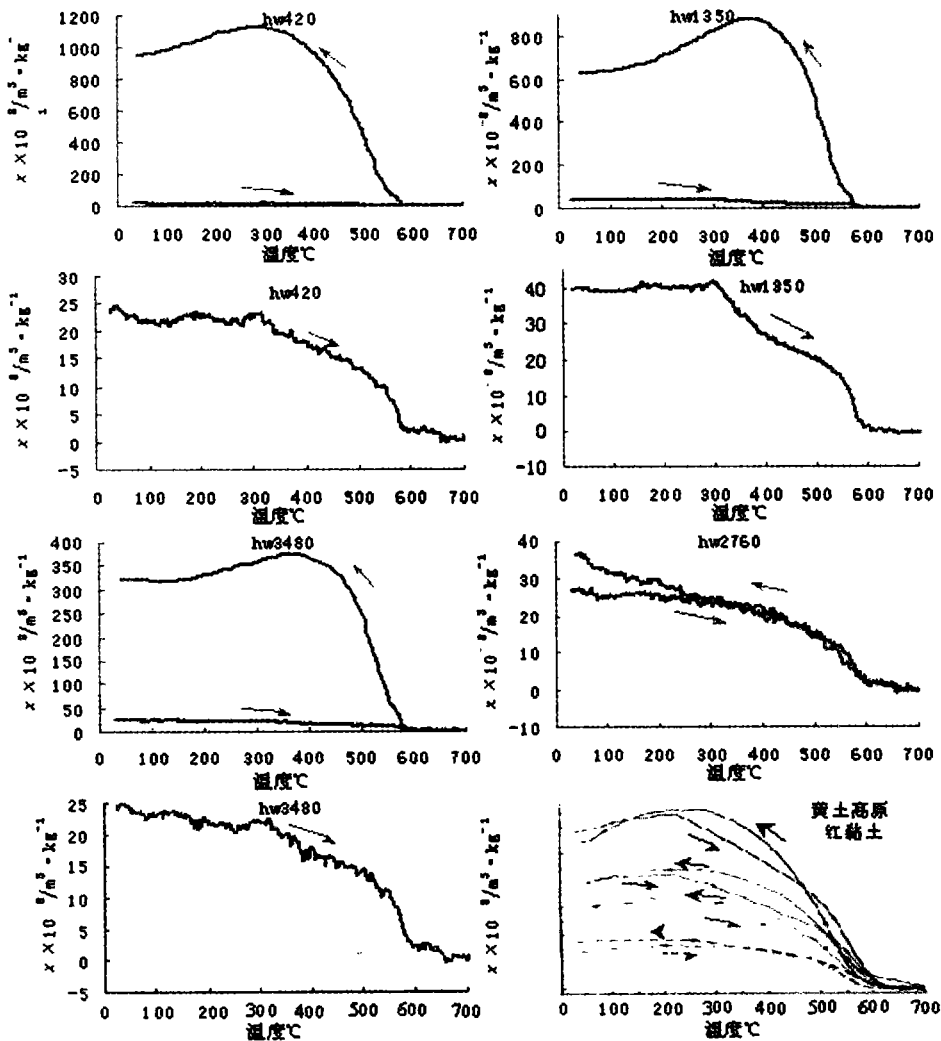


图 2 湟水流域中新世风尘堆积物与黄土高原红黏土的一磁化率温度曲线 (箭头表示温度变化方向)的对比(黄土高原数据引自参考文献^[18])

Fig. 2 $\chi-T$ curves of the aeolian sediment in Huangshui catchment and the central Loess Plateau

率的贡献至少是一份赤铁矿的 75 倍^[19], 可以估算出湟水流域中新世风尘堆积物中赤铁矿含量至少为磁铁矿的 9~23 倍。

风尘堆积物中的磁性矿物主要来源于粉尘源区和后期成壤作用中新生成的矿物, 因此, 上述湟水流域中新世风尘堆积物与黄土高原风尘堆积物所含磁性矿物的区别, 可能表明了两地风尘堆积物的磁性矿物是来源于不同的地区或者是由于两地不同气候条件下的后期成壤作用造成的 (即气候效应)。湟水流域风尘堆积物中既含有更多的适宜还原条件下存在的含铁硅酸岩矿物和针铁矿等弱磁性矿物, 又含有更多适宜于氧化条件下存在的赤铁矿, 表明湟水流域和黄土高原两地风尘堆积物中的磁性矿物的差别不是主要由气候效应造成的, 而是由粉尘源区磁性矿物的差异造成的, 即两地风尘堆积来自于不同的源区。

沉积物的地球化学元素特征可以为分析沉积物的物源提供重要的信息^[20-24]。图 3 为湟水流域中新世风尘堆积与黄土高原中部风尘堆积^[20-21]中微量元素 Pb—Th, Nb—Ti, Zr—Sr, La—Th 的关系图。可以看出两地风尘堆积处在两个明显不同的区域, 表明了两地粉尘堆积物微量元素特征的不同。风尘堆积物中地球化学元素的分布, 主要受粉尘源区沉积物元素的分布、粉尘沉积物的粒径大小和粉尘堆积后的成壤作用的影响 (气候效应)^[11, 21]。黄土高原地区晚中新

世以来风尘堆积物样品的上述微量元素的特征没有明显的差异, 湟水流域中新世以来的风尘堆积物样品上述微量元素的特征也没有明显的差异, 表明湟水流域和黄土高原地区风尘堆积物化学元素分布特征的差异不是主要由粉尘堆积物粒径的分异和气候效应造成的, 因此湟水流域和黄土高原地区风尘堆积微量元素的分布特征的差异进一步证实了磁性矿物特征所反映的源区差异。湟水流域中新世以来风尘堆积物中稀土元素 Er 元素表现出明显负异常^[25], 而在黄土高原风尘堆积物中不存在这个现象; 同时, 湟水流域中新世以来风尘堆积物中稀土元素 Eu/Eu* 值小于 0.6^[25], 而黄土高原风尘堆积物的 Eu/Eu* 高于 0.6 进一步说明了两地风尘堆积物源区的差异。

中国黄土高原风成堆积物的源区是其西北的干旱—半干旱地区^[1, 2, 7], 上述结果表明, 湟水流域中新世风尘堆积物与黄土高原风尘堆积物源区存在着差异。考虑到湟水流域位于高原季风和东亚冬季风的交汇区域^[10, 26], 上述差异可能表明, 湟水流域风尘堆积物除了有由偏北风搬运来的我国西北干旱区的粉尘以外, 还有由高原季风搬运来的青藏高原中西部干旱地区的风化细粒物质。湟水流域风尘堆积物开始堆积的年龄可以追溯到中中新世^[12], 可能表明青藏高原中西部的干旱地区当时已经较为干旱, 开始产出风扬粉尘颗粒。

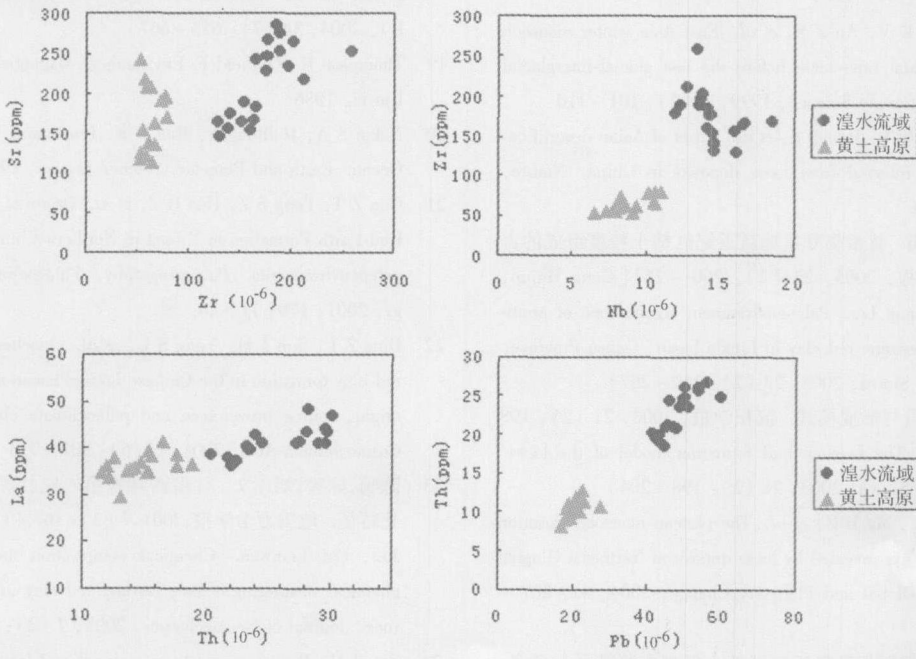


图 3 湟水流域和黄土高原风尘堆积物 Zr—Sr, Nb—Ti, Zr—Th—La, Pb—Th 关系图

Fig 3 Pb vs Th, Nb vs Zr, Th vs La, and Sr vs Zr for the aeolian samples in the Huangshui catchment and Loess plateau

3 结论

湟水流域新近纪的风尘堆积物与黄土高原中部风尘堆积物的地球化学特征和磁性矿物特征的对比,表明两地风尘堆积物源区存在差异。结合前人的研究,表明了湟水流域风尘堆积物中可能有来自于青藏高原中西部干旱地区的风化细粒物质。因此,湟水流域中新世风尘堆积物的存在可能表明了青藏高原中西部地区在中中新世已经较为干旱。

参考文献 (References)

- 1 Liu T S. Loess and the Environment. China: Beijing: Ocean Press, 1985. 251
- 2 王永炎, Sadao S. 中国黄土研究的新进展. 西安: 陕西人民出版社, 1985. 1~208 [Wang Yongyan, Sadao S. The New progress of Loess Studies in China (in Chinese). Xi'an: Shaanxi People Press, 1985. 1~208]
- 3 Kukla G and An Z S. Loess stratigraphy in central China. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1989, 72: 203~225
- 4 An Z S, Kukla G, Porter S C, *et al*. Magnetic susceptibility evidence of monsoon variation on the Loess Plateau of central China during the last 130 000 years. *Quaternary Research*, 1991, 36: 29~36
- 5 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. *第四纪研究*, 1997, 2: 147~157 [Ding Zhongli, Sun Jiming, Zhu Rixiang, *et al*. Eolian origin of the red clay deposit in the Loess Plateau and implications for Pliocene climatic changes. *Quaternary Sciences*, 1997, 2: 147~157]
- 6 Lu H Y, Hußteden K V, An Z S, *et al*. East Asia winter monsoon variation on a millennial time-scale before the last glacial-interglacial cycle. *Journal of Quaternary Science*, 1999, 14(2): 101~110
- 7 Guo Z T, Ruddiman W F, Hao Q Z, *et al*. Onset of Asian desertification by 22 Myr ago inferred from loess deposits in China. *Nature*, 2002, 416: 159~163
- 8 弓虎军, 张云翔, 黄雷. 甘肃临夏盆地新近纪红粘土粒度组成的古环境意义. *沉积学报*, 2005, 23(2): 260~267 [Gong Hujun, Zhang Yunxiang, Huang Lei. Paleoenvironment significance of grain-size composition of Neogene red clay in Linxia basin, Gansu Province. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2005, 23(2): 260~267]
- 9 赵景波. 黄土的本质与形成模式. *沉积学报*, 2003, 21(2): 198~204 [Zhao Jingbo. The essence and formation model of the loess. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2003, 21(2): 198~204]
- 10 Lu H Y, Wang X Y, Ma H Z, *et al*. The plateau monsoon variation during the Past 130 kyr revealed by loess deposit at Northeast Qinghai-Tibet (China). *Global and Planetary Change*, 2004, 41: 207~214
- 11 薛祥照, 赵景波. 陕西旬邑新近纪红粘土微型态特征及其意义. *沉积学报*, 2003, 21(3): 448~451 [Xue Xiangzuo, Zhao Jingbo. Characteristics and significance of the micromorphology of Neogene red clay of Xunyi Shaanxi Province. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2003, 21(3): 448~451]
- 12 Lu H Y, Wang X Y, An Z S. Geomorphologic evidence of phased uplift of the northeastern Qinghai-Tibet Plateau since 14 million years. *Science in China (Series D)*, 2004, 47(9): 822~833
- 13 Hunt C P, Banerjee S K, Han J M, *et al*. Rock-magnetic proxies of climate change in the loess-paleosol sequence of the western Loess Plateau of China. *Journal of Geophysical Research*, 1995, 123: 232~244
- 14 Zhu R X, Liu M, Pan Y X. History of the temperature-dependence of susceptibility and its implication. Preliminary results along an E-W transect of the Chinese Loess Plateau. *Chinese Science Bulletin*, 1999, 44(Supp.): 81~86
- 15 郝青振, 郭正堂, 彭淑贞. 陇西第三纪红土磁学性质初步研究. *第四纪研究*, 2000, 20(5): 447~456 [Hao Qingzhen, Guo Zhengtang, Peng Shuzhen. A preliminary study on the magnetic properties of the Tertiary red earth in the Longxi area. *Quaternary Sciences*, 2000, 20(5): 447~456]
- 16 Deng C L, Zhu R X, Verosub K L, *et al*. Paleoclimatic significance of the temperature-dependent susceptibility of Holocene loess along a NW-SE transect in the Chinese loess plateau. *Geophysical Research Letters*, 2000, 27: 3715~3718
- 17 Wang X Y, Lu H Y, Li Z, *et al*. Paleoclimatic significance of mineral magnetic properties of loess sediments in northeastern Qinghai-Tibetan Plateau. *Chinese Science Bulletin*, 2003, 48(19): 2126~2133
- 18 强小科, 安芷生, 李华梅, 等. 佳县红黏土堆积的磁学性质及其古气候意义. *中国科学 (D)*, 2004, 34(7): 6586~667 [Qiang Xiaoke, An Zhisheng, Li Huamei, *et al*. Magnetic properties of the red clay at Jiaxian and its paleoclimatic significance. *Science in China (Series D)*, 2004, 34(7): 658~667]
- 19 Thompson R, Oldfield F. *Environment Magnetism*. London: Allen & Unwin, 1986
- 20 Nakaï S A, Halliday N, Rea D K. Provenance of dust in the Pacific Ocean. *Earth and Planetary Science Letters*, 1993, 119: 143~157
- 21 Guo Z T, Peng S Z, Hao Q Z, *et al*. Origin of the Miocene-Pliocene Red-Earth Formation at Xifeng in Northern China and implications for paleoenvironments. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2001, 170: 11~26
- 22 Ding Z L, Sun J M, Yang S L, *et al*. Geochemistry of the Pliocene red clay formation in the Chinese Loess Plateau and implications for its origin, source provenance and paleoclimate change. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2001, 65(6): 901~913
- 23 陈旻, 陈骏, 刘连文. 甘肃西峰晚第三纪红黏土的化学组成与风化特征. *地质力学学报*, 2001, 7(2): 167~175 [Chen Yanguo, Chen Jun, Liu Lianwen. Chemical composition and characterization of chemical weathering of late Tertiary red clay in Xifeng, Gansu province. *Journal of Geomechanics*, 2001, 7(2): 167~175]
- 24 Sun J M. Provenance of loess material and formation of loess deposits on the Chinese Loess Plateau. *Earth and Planetary Science Letters*, 2002, 203: 845~859
- 25 王先彦, 鹿化煜, 季峻峰, 等. 青藏高原东北缘中新世红色土状堆积序列的成因及其对亚洲干旱过程的指示. *中国科学*, 2006, 36

(3): 261~ 272 [Wang Xianyan, Lu Huayu, Ji Junfeng, *et al.* Origin of the red earthy deposit at the Northeastern Tibetan Plateau (China) and its implication to regional desiccation since the middle Miocene Science in China, 2006, 36(3): 261~ 272]

次冰期千年尺度气候变化. 科学通报, 2004, 49 (15): 1091~ 1098 [Lv Lianqing, Fang Xiaoming, Lu Huayu, *et al.* Millennial scale climatic variation recorded by loess grain size at Northeastern Tibetan Chinese Science Bulletin, 2004, 49 (15): 1091~ 1098

26 吕连清, 方小敏, 鹿化煜, 等. 青藏高原东北缘黄土粒度记录的末

Identification of Dust Sources of the Miocene-Pliocene Red Clay Deposit in the Northeastern Tibetan Plateau

WANG Xian-yan^{1, 5} LU Hua-yu^{1, 2} JI Jun-feng³ DENG Cheng-long⁴

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

2 Department of Urban and Resources Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093;

3 Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093)

4 Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029;

5. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049)

Abstract In this work, the late Cenozoic aeolian deposits at Huangshui catchment, the northeastern Tibetan Plateau, is investigated on geochemistry distribution and magnetic property, and they are compared with that of the aeolian sediment in the Central Loess Plateau. It shows that the dust sources of the aeolian deposit in Huangshui catchment are different from that of the aeolian deposits in the Central Loess Plateau. The arid and/or semiarid region in the middle and west parts of the Tibetan Plateau may be a potential dust source for the aeolian deposit of the northeastern Tibetan Plateau. Therefore, the existence of the late Cenozoic aeolian deposit demonstrates that the middle and west parts of the Tibetan Plateau have been dry since the middle Miocene time.

Key words aeolian deposit, northeastern Tibetan Plateau, geochemistry, magnetic property, the middle Miocene