

文章编号 1000-0550(2001)02-0182-04

黄土高原晚上新世红粘土粒度的空间变化^①

苗晓东¹ 孙有斌^{1,2} 鹿化煜¹

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 710054)

2(中国科学院海洋研究所 山东青岛 266071)

摘要 对黄土高原由北到南 6 个地点的晚上新世红粘土样品进行了常规粒度测量和化学提取的石英样的粒度测量。红粘土全样和石英样的平均粒径由偏北到南逐渐变细,粗颗粒含量也逐渐减少,表明红粘土可能是由偏北低空风而不是高空风搬运而来的。3.6~2.6 Ma BP 红粘土粒度与其上覆风成黄土粒度的空间变化具有可比性,但变化幅度较小。

关键词 上新世 红粘土 粒度空间变化 黄土高原

第一作者简介 苗晓东 男 1975 年出生 硕士研究生 沉积学与古气候学

中图分类号 P941.74 **文献标识码** A

中国黄土高原晚第三纪红粘土堆积一直受到研究者的重视^[1~9]。野外地质地貌、沉积学、矿物和地球化学的证据表明,红粘土是风力搬运的粉尘堆积物^[4~9]。但是,对于传输粉尘的风动力存有争议。一种观点认为,红粘土和上覆的黄土古土壤一样,是近地面偏北气流搬运的粉尘堆积,因而根据红粘土所包含的古气候信息来研究东亚季风气候的起源和演变^[10];另一种观点以中值粒径为指标,认为红粘土在空间上没有显著变化而推测其很可能是以高空西风带传输作用为主的粉尘形成的,因此认为晚第三纪中国北方在西风带的控制下,气候稳定,变率很小^[6,7]。鉴于对这个问题的正确回答是认识东亚季风气候起源与演化、青藏高原隆升等问题的基础^[11,12],本文试图通过研究 3.6~2.6 Ma BP 上新世红粘土粒度的空间分布,以探讨形成红粘土堆积物的传输动力和当时的大气环流状况。

1 采样及测量

采样点位置见图 1,所有样品都参考磁性地层结果等间距地采自高斯正极性世的红粘土地层中,年代引用见表 1。其中取得府谷剖面(39°20'N,110°35'E)样品 14 个,佳县剖面(38°16'N,110°5'E)10 个,西峰赵家川剖面(35°45'N,107°49'E)10 个,洛川剖面(35°45'N,109°25'E)12 个,灵台剖面(35°04'N,107°39'E)10 个,西安段家坡剖面(34°07'N,109°07'E)11 个。全部 67 个样品均在中国科学院地球环境研究所沉积学实验室用英国 MALVERN 仪器公司生产的 Mastersizer S

型激光粒度仪进行了粒度测量。该仪器的测量范围为 0.05~880 μm,测量的粒度组间距为 0.15 Φ,重复测量误差小于 3%。全样前处理方法为去除有机质和碳酸盐后再用超声波仪振荡加以分散^[12]。同时,考虑到第三纪晚期红粘土堆积埋藏时间较长,在沉积之后受到不同程度的成壤改造作用而使粒度组分发生变化,因此,同时用化学方法提取了全部样品中的石英颗粒并进行了粒度测量^[14,15]。测量结果见图 1 和表 1。

2 讨论

平均粒径反映了搬运介质的平均动能,粗颗粒含量则与风动力强度变化关系密切^[16],因而在本文选择平均粒径和粗颗粒含量作为粒度指标。从图 1 可以看出,六个红粘土剖面,从偏北的府谷、佳县到南部的西安段家坡,平均粒径逐渐变细,粗颗粒含量(>42 μm%)逐渐变小,空间上的变化非常显著。这可能指示了形成红粘土的粉尘由偏北向南传输的特征。虽然洛川全样平均粒径比西安段家坡小,但石英样的两个粒度参数在空间上同样表现出明显的递减规律,这不但为红粘土的风成说提供了另一证据,而且暗示了晚上新世红粘土可能是由偏北低空风为主传输的。这个实验结果与文献^[6,7]的结论有差别,主要原因是由于粒度前处理方法的不同和粒度代用指标选取的差异,另外,文献^[6,7]也没有给出具体的数据,无法详细比较。

风洞实验研究表明^[17], >63 μm 的砂级颗粒组分

① 国家自然科学基金(批准号:49902009)和中国科学院创新重大项目(批准号:KZCX 2-305)联合资助项目

收稿日期 2000-11-21 收修改稿日期 2001-1-11

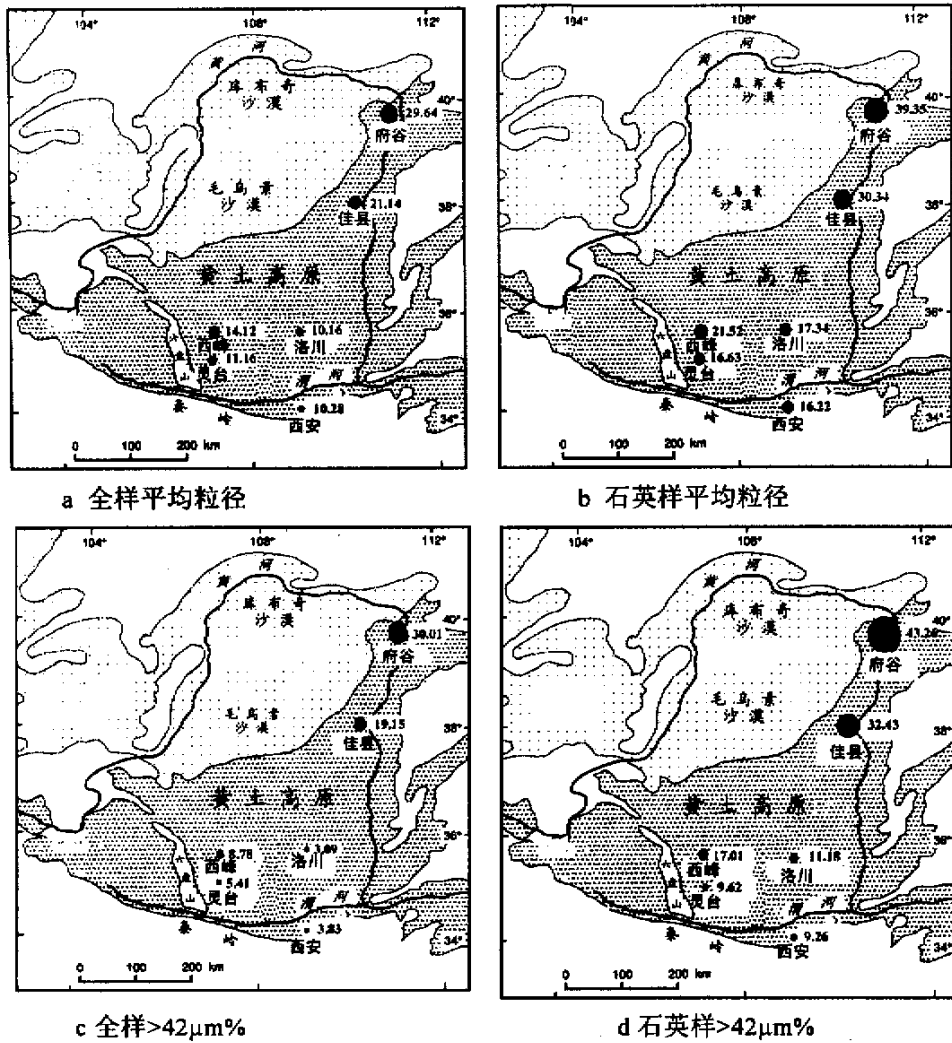


图 1 全样和石英样的粒度指标在六个剖面的比较

黑圆点表示采样点的位置。图 a、b 中黑圆点大小表示平均粒径的大小,旁边的数字是平均粒径值(μm);图 c、d 中黑圆点大小表示 >42 μm 颗粒含量,旁边的数字是含量(%),注意由偏北到南的粒度逐渐变细的特征

Fig. 1 The grain size of both bulk sample and isolated quartz of the six sections in the Loess Plateau.

Note that the grain size decreases from the north to the south

表 1 黄土高原六个地点红粘土样品的粒度测量结果(表中数值为该地点样品所测值的算术平均值)

Table 1 The results of grain size at six sections in Loess Plateau

样品数	< 4μm/%		> 19μm/%		> 30μm/%		> 63μm/%		峰态	峰态	年代资料来源
	石英	全样	石英	全样	石英	全样	石英	全样			
府谷 14	15.02	27.03	62.26	43.56	52.58	36.44	23.18	16.70	0.62	2.42	①
佳县 10	20.76	31.91	47.25	26.49	42.79	26.66	14.24	8.85	0.75	3.50	[8]
西峰 10	19.27	32.86	42.38	24.04	27.81	14.84	4.52	2.34	0.98	3.25	[19]
洛川 12	22.47	40.22	35.52	16.66	20.90	8.49	1.64	0.31	1.16	4.23	[20]
灵台 10	18.69	35.04	32.24	18.72	18.25	10.87	1.44	0.52	2.05	3.49	[6]
西安 11	25.20	41.21	36.84	17.80	18.85	8.73	0.91	0.16	1.03	3.14	[19]

每次只能上升到几厘米到几米的高度并在水平方向上 跃移同量级的距离;20 ~ 63 μm 的粉砂颗粒组分与风

① ① 孙东怀. 晚新生代黄土高原风尘堆积的磁性地层和古气候记录[博士学位论文]. 中国科学院黄土与第四纪地质国家重点实验室. 1998

速的线性相关较好,在一般的风暴中可上升到几百米之内,理论计算表明一次搬运距离在 1 000 km 之内,在空气中悬浮时间较短,搬运方式为近地面短距离悬移,风速减小便因重力作用沉降,并依照粒径大小按搬运距离分选;几个微米的粘土级颗粒的搬运方式、高度和距离与砂、粉砂有实质性不同:它们一旦启动就很容易上升到高空并可被带到下风向的任一距离,其粒度在空间上的变化与搬运距离关系不大。

从表 1 可以看到,在六个剖面中,石英样的 $> 19 \mu\text{m}$ 含量平均值变化范围为 32.24% 到 62.26%,即使在经过成壤细化的全样中也达到 16.66% ~ 43.56%,如此多的粉砂和砂级颗粒物不可能由高空的西风环流带来,由近地面风为主来传输的解释应该更加合理。 $> 19 \mu\text{m}$ 颗粒含量在空间上的显著变化也指示了低空风传输的粉尘是红粘土堆积的主要来源。

从表 1 容易发现,对于同一个样品,石英样比全样的细颗粒含量明显的少,其中全样的 $< 2 \mu\text{m}$ 的含量约为石英样的两倍,这可能说明经过化学提取石英的过程,后期成壤改造作用形成的细颗粒物基本被剔除。对于同一地点的样品,石英样的峰态值均比对应全样的小,表明石英颗粒进入新环境之后,新环境对它的改造不明显,全样高峰态值说明红粘土在沉积后经过了较强的风化成壤改造作用^[9,18]。因此,对于晚上新世红粘土堆积而言,石英粒度可能是更真实的指示过去风动力和大气环流的指标。

3 结论

黄土高原六个晚上新世剖面全样和石英样的平均粒径和粗颗粒含量由偏北向南递减证明,第三纪晚期红粘土堆积的主要传输动力可能为偏北低空风。红粘土中相当数量的 $> 19 \mu\text{m}$ 颗粒说明其传输动力不可能是以高空西风环流为主。

感谢强小科博士提供部分样品。

参 考 文 献

- Teilhard C P, Young C C. Preliminary observation on the pre-loessic and post-Ponian Formation in the western Shanxi and northern Shanxi[J]. Memoir Geological Survey China, Ser. A, 1930, 8: 1 ~ 54
- 杨钟健. 三门系之历史的检讨[J]. 地质论评, 1934, (3): 323 ~ 330
- 张云翔, 薛祥煦. 甘肃武都龙家沟三趾马动物群化石的埋藏特点及该地“三趾马红层”的成因[J]. 科学通报, 1995, 40(19): 1782 ~ 1784
- 赵景波. 西安、山西保德第三纪晚期红土的研究[J]. 沉积学报, 1989, (3): 113 ~ 120
- Liu X M, Liu T S. Susceptibility anisotropy of Chinese loess and its origin and significance on Quaternary Geology[J]. Sci. China, Ser. B, 1989, (4): 441 ~ 448
- Ding Z L, Sun J M, Liu T S, Zhu R X, Yang S L and Guo B. Wind-blown origin of the Pliocene 'Red Clay' formation in the central Loess Plateau, China[J]. Earth and Planetary Science Letters, 1998, 161: 135 ~ 143
- 丁仲礼, 杨石岭, 孙继敏, 刘东生. 2.6Ma 前后大气环流重构的黄土-红粘土沉积证据[J]. 第四纪研究, 1999, 3: 277 ~ 281
- 丁仲礼, 孙继敏, 朱日祥, 郭斌. 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
- 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
- 安芷生, 刘晓东. 东亚季风气候的历史与变率[J]. 科学通报, 2000, 45(3): 238 ~ 249
- 安芷生, 王苏民, 吴锡浩等. 中国黄土高原的风积证据: 晚新生代北半球大冰期开始及青藏高原的隆升驱动[J]. 中国科学(D 辑), 1998, 28(6): 481 ~ 490
- 郭正堂, 彭淑珍, 郝青振等. 晚第三纪中国西北干旱化的发展及其与北极冰盖形成演化和青藏高原的关系[J]. 第四纪研究, 1999, (6): 556 ~ 567
- 鹿化煜, 安芷生. 前处理方法对黄土沉积物粒度测量影响的实验研究[J]. 科学通报, 1997, 42: 535 ~ 538
- Xiao J L, Porter S C, An Z S, Kumai H, Yoshikawa S. Grain size of quartz as an indicator of winter monsoon strength on the Loess Plateau of Central China during the last 130,000yr[J]. Quaternary Research, 1995, 43: 22 ~ 29
- 孙有斌, 鹿化煜, 安芷生. 黄土-古土壤中石英颗粒的粒度分布[J]. 科学通报, 2000, 45(19): 2 094 ~ 2 097
- 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): 279 ~ 283
- Pye K. Aeolian dust and dust deposit[M]. Academic Press, 1987. 1 ~ 56
- 孙永传, 李惠生. 碎屑岩沉积相与沉积环境[M]. 北京: 地质出版社, 1986. 65 ~ 81
- Sun D H, Liu T S, Chen M Y, An Z S, Shaw J. Magnetostratigraphy and paleoclimate of 'Red Clay' sequences from Chinese Loess Plateau[J]. Science in China (D), 1997, 40(4): 337 ~ 343
- Lu H Y, Liu X D, Zhang F Q, An Z S, Dodson J. Astronomical calibration of loess-paleosol deposits at Luochuan, central Chinese Loess Plateau[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1999, 154: 237 ~ 246

Spatial Variation of Grain Size of the Late Pliocene ' Red Clay ', Chinese Loess Plateau

MIAO Xiao-dong¹ SUN You-bin^{1 2} LU Hua-yu¹

1 (Institute of Earth Environment , State key Laboratory of Loess and Quaternary Geology , CAS , Xi ' an 710054)

2 (Institute of Oceanology , CAS , Qingdao Shandong 266071)

Abstract

The Tertiary ' Red Clay ' deposit in Chinese Loess Plateau has attracted considerable research interests in recent years as it may provide the information of paleoclimate in Northern China. The evidences from sedimentology , geochemistry , geomorphology and field survey indicate that the ' Red Clay ' may be of eolian origin , the same as the overlying loess. However , it is controversial on which wind system transported the deposit.

In this paper , the grain size of bulk samples and chemically isolated quartzes from ' Red Clay ' of the late Pliocene are investigated. The samples were taken from six locations spanning 550 km from the north to the south in the Loess Plateau. The results show that , the mean sizes of both bulk and quartz samples decrease southwards , so does the coarse-fraction content ($> 42 \mu\text{m}\%$ and $> 30 \mu\text{m}\%$). Moreover , the ' Red Clay ' samples include a great deal of particles more than $20 \mu\text{m}$, which was proved to be transported only by subaerial wind. These , therefore , suggest that it is mainly the northern subaerial wind rather than the supernal wind that transported the dust of ' Red Clay '. The spatial distribution of ' Red Clay ' is comparable to that of overlying eolian loess , which proves the ' Red Clay ' may be formed in a little bit dry environment , but it is not so dry as to the environment the loess deposited.

Key words Pliocene ' Red Clay ' grain size spatial distribution the Loess Plateau