

文章编号: 1000-0550(2000)01-0036-07

# 兰州风尘沉积的粒度分布模式及其古气候意义<sup>①</sup>

戴雪荣<sup>1</sup> 李吉均<sup>2</sup> 俞立中<sup>1</sup> 师育新<sup>3</sup> 王家澄<sup>4</sup>

1(华东师范大学地理系 上海 200062)

2(兰州大学地理系 兰州 730000) 3(中国科学院兰州地质研究所 兰州 730000)

4(中国科学院兰州冰川冻土研究所冻土工程国家重点实验室 兰州 730000)

**摘要** 通过对兰州不同气候背景下形成的风尘沉积 180 个样品详细的粒度分析, 建立了该地区风尘沉积的粒度分布基本模式。发现研究区风尘沉积具有以下特征: (1) 沉积物分选差, 主要由粒径  $> 4 \Phi$  的颗粒组成, 平均  $6.4 \Phi$ ; (2) 粒级构成为极细砂 2.6%、粉砂 77.8%、粘土 19.6%, 属粉质重亚粘土或典型黄土; (3) 频率曲线为单峰、极正偏类型, 且具有粗头短促、中间宽大和细尾拉长的特点; (4) 短期悬浮颗粒与长期悬浮颗粒大致呈对等配比。这些特征同时也为兰州现代尘暴沉积物所具备, 因而可视该地区风尘沉积的一个基本诊断模式搬运方式。颗粒粒径  $< 5.50 \Phi$  的含量指标(GSP<sub>1</sub>)和  $4.50 \sim 6.50 \Phi$  的含量指标(GSP<sub>2</sub>)可分别作为冰期—间冰期尺度和冰段—间冰段尺度东亚冬季风演化和沙尘暴强弱程度的基本判据。

**关键词** 风尘沉积 诊断模式 粒度指标 沙尘暴 冬季风 兰州

**第一作者简介** 戴雪荣 男 1961 年出生 博士 副教授 自然地理学

中图分类号 P512.2 文献标识码 A

风尘沉积是地表分布极为广泛的碎屑沉积物, 也是一种综合反映地球大气圈形成演化及与其它圈层相互作用等多种古环境信息的载体。风尘沉积是与风沙沉积相关并逐渐向大气气溶胶物质过渡的一种气下沉积类型。第四纪堆积在干旱—半干旱区的风尘沉积成为黄土、古土壤发育的母质。黄土高原是我国风尘沉积的连续分布区。东亚特殊的戈壁—沙漠—黄土带是季风气候的直接产物。因此, 反过来通过对黄土记录的研究可以重建第四纪东亚季风气候的形成演化历史及受控机制<sup>[1~3]</sup>。

兰州地处我国三大自然区的交接地带, 开展黄土记录研究有着特殊而重要的意义。从八十年代初开始, 在黄土与东亚季风演化、黄河发育和青藏高原隆升、全球环境对比、气候突发性和不稳定性等方面已取得了丰硕的成果<sup>[3~7]</sup>。此外, 由于地处河西走廊东延一线和陇西新生代构造盆地的中心, 兰州也是我国大风(寒潮)及沙尘暴的主要途径之地, 是大量粉尘物质堆积的优选场所。因此, 通过对这一地区第四纪风尘沉积的研究还可探讨东亚冬季风演化、沙尘暴灾害的发育乃至反演我国风沙动力沉积、沙漠形成的历史。而对于这些理论问题的探讨首先必须基于对风尘沉积粒度组成的深入研究。

前人在这方面虽然已作了较多的研究<sup>[6~10]</sup>。但由于研究目的和要求的不同、分析条件的限制等, 还存在许多问题和不足。归纳起来有: (1) 粒级划分太粗, 很难反映风尘沉积粒度分布的细微特征; (2) 缺乏具体层位和古气候背景资料, 难以开展横向和

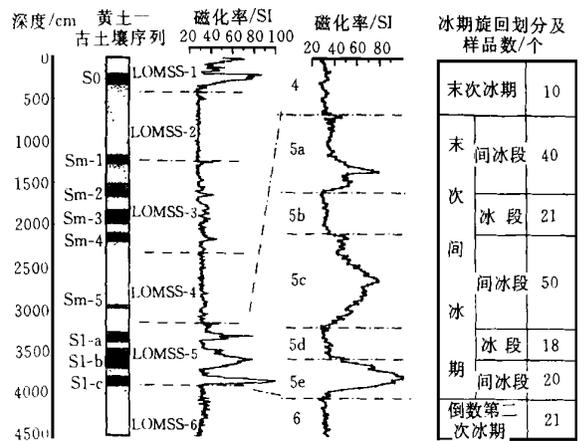


图1 兰州皋兰山黄土竖井剖面的磁化率地层划分及采样设计

Fig. 1 The Gaolanshan loess well section showing the division of the loess magnetic susceptibility stage(LOMSS) and sampling for points this study

① 中国科学院兰州冰川冻土研究所冻土工程国家重点实验室基金(9611)及国家自然科学基金(批准号: 49871068)资助

纵向的对比; (3)不同气候背景下形成的风尘沉积是否存在统一的粒度分布模式(或诊断模式)还没有得到解决; (4)在粒度指标的选取上不同学者之间的分歧也还明显存在。因此,有必要对风尘沉积的粒度构成特征及其古环境意义作全面的分析。

### 1 剖面及采样

剖面位于兰州市黄河以南的皋兰山顶海拔 2 129.6 m 开挖的一个竖井,是在一黄土梁上深 45 m,跨近 150 ka 的历史(图 1)。这一厚度约为黄土高原东部地区同类剖面的 3~4 倍。考虑到黄土一古土壤序列划分方法在西部地区使用的实际困难,作者在这里采用黄土磁化率地层的划分方法,并采用与深海同位素阶段(MIS)作基本对应的黄土磁

化率阶段(LOMSS)来表示<sup>①</sup>。划分的结果是 LOMSS-5 至 LOMSS-1 阶段的沉积厚度分别为 745 cm、829 cm、1 088 cm、821 cm 和 408 cm,分辨率约为 15~83 a/cm,平均 34.8 a/cm 采样主要集中在剖面磁化率曲线变化幅度最大的区段,即从 3 100 cm 到 4 000 cm 的深度位置(见图 1)。采样间距统一为 5 cm,共 180 个。取样的间距为 2 cm,代表 10~100 a 内的平均状况。样品经自然风干后采用木棒碾压分散,然后装袋备用。

### 2 粒度分析方法与结果

首先采用重力筛分仪(SFY-A)将样品中粒径大于 45 μm 的颗粒测出,然后再采用 SKC-2000 光透式测定仪对粒径小于 45 μm 的颗粒加以分段测

表 1 兰州风尘沉积的粒度分析结果(%)

Table 1 The grain-size analysis result of the eolian deposits in Lanzhou area(%)

黄土磁化率阶段 (LOMSS)	粒 级 划 分 (Φ 值)												
	< 4.00	~ 4.25	~ 4.50	~ 4.75	~ 5.00	~ 5.25	~ 5.50	~ 5.75	6.00	~ 6.25	~ 6.50	~ 6.75	~ 7.00
LOMSS-4	0.24	2.11	8.07	8.85	8.91	9.18	9.32	6.92	4.90	5.00	4.74	3.77	2.79
LOMSS-5	0.14	0.60	5.46	7.45	7.54	8.00	8.23	6.54	5.14	5.20	5.00	4.25	3.48
LOMSS-5a	0.28	0.70	5.64	7.67	7.84	8.64	9.04	6.99	5.33	5.40	5.15	4.25	3.30
LOMSS-5b	0.21	0.75	5.80	7.48	7.65	8.48	8.90	7.05	5.56	5.60	5.34	4.35	3.33
LOMSS-5c	0.06	0.45	4.79	6.75	6.84	7.28	7.50	6.25	5.23	5.26	5.08	4.42	3.73
LOMSS-5d	0.07	0.59	6.36	8.17	8.20	8.36	8.44	6.42	4.70	4.81	4.64	4.01	3.37
LOMSS-5e	0.07	0.62	5.57	8.06	8.00	7.68	7.52	5.91	4.49	4.58	4.46	3.97	3.47
LOMSS-6	0.51	4.24	9.20	9.28	9.23	8.95	8.81	6.17	3.88	4.04	3.88	3.25	2.62
平 均	0.19	1.11	6.04	7.74	7.81	8.17	8.36	6.51	4.98	5.05	4.86	4.11	3.34

粒 级 划 分 (Φ 值)													中值粒径
~ 7.25	~ 7.50	~ 7.75	~ 8.00	~ 8.25	~ 8.50	~ 8.75	~ 9.00	~ 9.25	~ 9.50	~ 9.75	~ 10.00	> 10.00	
2.59	2.47	2.48	2.25	1.53	1.39	1.35	1.27	1.03	0.98	0.96	0.95	5.93	6.13
3.32	3.25	3.31	3.00	2.03	1.84	1.79	1.68	1.34	1.28	1.25	1.24	7.63	6.48
3.11	3.02	3.08	2.77	1.81	1.63	1.57	1.48	1.19	1.14	1.17	1.11	6.75	6.30
3.12	3.02	3.08	2.76	1.80	1.61	1.56	1.44	1.09	1.02	1.00	0.98	7.01	6.35
3.60	3.53	3.61	3.27	2.24	2.04	1.98	1.87	1.52	1.45	1.42	1.41	8.44	6.64
3.25	3.16	3.22	2.92	1.98	1.80	1.75	1.64	1.30	1.24	1.21	1.19	7.22	6.41
3.37	3.32	3.39	3.11	2.23	2.06	2.01	1.89	1.52	1.45	1.42	1.41	8.42	6.58
2.49	2.41	2.43	2.23	1.61	1.48	1.45	1.37	1.11	1.06	1.03	1.03	6.23	6.05
3.18	3.11	3.16	2.87	1.95	1.78	1.73	1.62	1.30	1.24	1.21	1.20	7.37	6.35

① 戴雪荣. 末次冰期旋回高分辨率兰州黄土记录与季内亚洲环境变迁; [ 博士论文 ]. 兰州: 兰州大学, 1997

量和统计。具体步骤如下: (1) 备样, 称取微量(约 5 mg) 具代表性的样品, 选用 2% 的六偏磷酸钠对样品进行低浓度分散; (2) 确定初始浓度并选择粒径参数; (3) 测量, 其中粒径小于 4  $\mu\text{m}$  的颗粒经离心法强制沉降后再测量; (4) 计算并输出结果。

为了尽可能获得详细的粒度分布数据, 测量范围预置为 4 ~ 10 $\Phi$ , 间隔 0.25  $\Phi$ <sup>①</sup>。故每个样品均可

得到 26 个粒级的统计结果(表 1)。抽样分析表明, 实验结果重复性较好。误差为 < 3%。

### 3 粒度分布模式及古气候意义讨论

#### 3.1 粒度分布模式与沉积动力环境

从图 2 和表 2 看出, 这一地区的风尘沉积无论是形成于冰期(LOMSS-4、LOMSS-6)还是间冰

表 2 兰州风尘沉积的主要粒级成分(%)

Table 1 Composition of the main grain-size grade of the eolian deposits in Lanzhou area(%)

黄土磁化率 阶段	样品数 / 个	极细砂	粉 粗粉砂	砂 细粉砂	粘 粘粒	土 粘胶粒
LOMSS-4	10	2.36	69.66	10.32	11.73	5.93
LOMSS-5	149	0.75	63.17	13.69	15.27	7.57
LOMSS-5a	40	0.98	65.95	12.51	13.71	6.75
LOMSS-5b	21	0.95	66.22	14.92	13.27	7.01
LOMSS-5c	50	0.51	59.38	14.47	17.2	8.44
LOMSS-5d	18	0.66	64.12	12.99	15.02	7.22
LOMSS-5e	20	0.67	60.26	13.56	17.14	8.42
LOMSS-6	21	4.75	66.69	9.95	12.05	6.23
平均	总 180	2.62	66.51	11.32	13.02	6.58

注: 表中将极细砂、粗粉砂、细粉砂、粘粒及粘胶粒的粒径界定为 4.25 $\Phi$ 、6.75 $\Phi$ 、7.75 $\Phi$  和 10.00 $\Phi$ , 大致与 0.05mm、0.01mm、0.005mm 和 0.001mm 相当

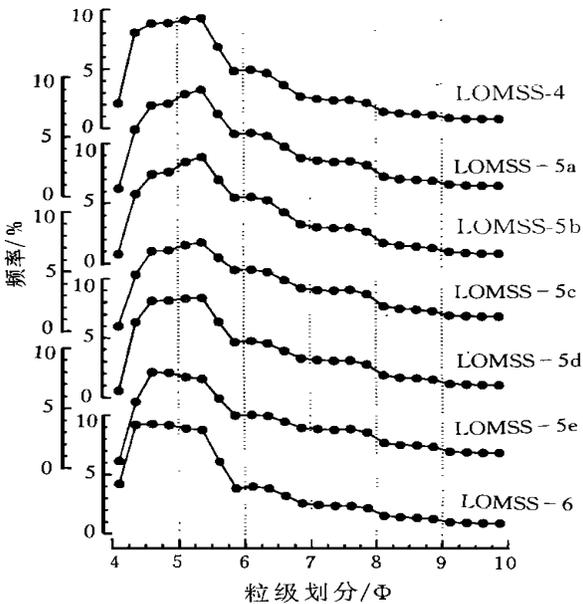


图 2 兰州风尘沉积的粒度分布频率曲线比较

Fig. 2 Comparison among curves of grain size distribution of different eolian deposits in Lanzhou area

期(LOMSS-5), 冰段(5b、5d)还是间冰段(5a、5c、5e), 它们的粒度构成都十分相似, 且具有以下特征:

(1) 粒级成分以粉砂占绝对优势, 其中粗粉砂 60% ~ 70%, 细粉砂 10% ~ 15%; 粘土次之, 占 23% ~ 34%; 极细砂极少或不含, 一般不足 5%。根据“砂粒组—粉粒组—粘粒组”三角分类<sup>[1]</sup>, 沉积物可命名为粉质重亚粘土; 从“砂黄土—黄土—粘黄土”这样一个巨型的空间沉积分异来看, 应属典型黄土粒组。

(2) 粒度分布频率曲线为单峰、极正偏类型, 且明显具有粗头(< 4.25 $\Phi$ )短促、中间(4.25 ~ 5.75 $\Phi$ )宽大和细尾(> 5.75 $\Phi$ )拉长的特点。以 LOMSS-6 阶段的风尘沉积为例, 其频率曲线形态酷似“北斗七星”的排列格局, 因而可以称之为“北斗七星”式分布。其它阶段或亚阶段风尘沉积的粒度分布则可看作此种分布的种“变异”。此外, 由于 5.75 ~ 6.00 $\Phi$ 、6.75 ~ 7.00 $\Phi$  和 8.00 ~ 8.25 $\Phi$  三个粒级成分的突然减少, 细尾部分明显呈现出“阶梯式”的特征。风尘沉

① 为方便作图, 在碎屑沉积物研究中常采用  $\Phi$  值标准来反映颗粒物粒径的大小, 它与粒径  $D$ (单位: mm) 的关系是:  $\Phi = -\log_2 D$

积频率曲线所表现出的极正偏特征与邻近地区的风沙沉积较为类似, 表明它们在物质来源、成因和沉积动力演变过程方面有着某些相似性。

(3) 沉积物粒径上限约为  $4\Phi$ , 下限却难以界定——通常随着  $\Phi$  值的加大频率曲线以横坐标为渐近线, 平均  $6.4\Phi$ 。风尘沉积  $4\Phi$  的粒径上限与 Pye 在其风力搬运模式<sup>[12]</sup>中所划定的悬浮载荷之粒径上限基本一致。亦即该剖面几乎完全由悬浮载荷构成, 不含跃移和变性跃移组分。这是典型风尘沉积与风沙沉积的区别所在。频率曲线中段与细尾之间  $5.75\Phi$  的界限又恰好与 Pye 模式中短期悬浮颗粒和

长期悬浮颗粒的界限相吻合。从表 3 所列各阶段(或亚阶段)的情况来看, 这两种悬浮颗粒几乎是对等配比, 代表以低空搬运为主的一种高能环境。频率曲线在长期悬浮颗粒与短期悬浮颗粒之间所表现出的突变以及长期悬浮颗粒内部所表现出的多级“台阶式”下降变化正是说明了沉积动力环境(冬季风营力系统)的复杂性和不稳定性。反映搬运的动力条件随时间有明显的强弱差异, 或一次搬运过程所具有的来势凶猛而衰退缓慢和紊流性质的特点。

以上分析表明, 兰州风尘沉积的粒度分布模式是存在的。它的存在反映这一地区的风尘沉积动力

表 3 兰州风尘沉积各阶段主要粒度指标的比较(%) \*

Table 3 Comparison of some grain size parameters(GSP) of the eolian deposits in Lanzhou area(%)

LOMSS	样品数	$M_1$	$M_2$	$R_m$	$N_1$	$N_2$	$R_n$
LOMSS-4	10	53.61	46.40	1.16	61.60	22.05	2.79
LOMSS-5a	40	46.80	53.20	0.88	60.30	26.32	2.29
LOMSS-5b	21	46.32	53.69	0.86	60.42	25.82	2.34
LOMSS-5c	50	39.91	60.09	0.66	54.60	31.66	1.72
LOMSS-5d	18	46.61	53.39	0.87	57.76	28.01	2.06
LOMSS-5e	20	43.43	56.57	0.77	54.67	30.65	1.78
LOMSS-5	149	43.95	56.06	0.78	57.34	28.83	1.99
LOMSS-6	21	56.39	43.60	1.29	57.49	22.32	2.58

\*  $M_1$ —短期悬浮颗粒含量;  $M_2$ —长期悬浮颗粒含量;  $R_m = M_1 / M_2$ ;  $N_1$ — $4.50 \sim 6.75\Phi$  含量;  $N_2$ — $6.75\Phi$  含量;  $R_n = N_1 / N_2$

环境有着自己的一些特点, 如物源区相对位置、冬季风路径及风力大小等, 并代表风尘沉积的一种高能环境和极不稳定的大气动力条件。该模式同时也可视为其上游方向风沙动力沉积粒度分布模式的重要补充。它的建立对于该地区风尘沉积的鉴别和诊断、沉积地层的连续性判断以及通过不同地区风尘沉积的对比进而探讨沙尘物质的来源方向、冷锋路径变化和沙尘暴强弱程度等具有理论和实际意义。

### 3.2 气候变化对粒度分布模式的影响

在肯定了兰州风尘沉积粒度分布模式存在的前提下, 现在再来讨论气候(冬季风)与粒度分布模式之间的内在联系。分别以冰期—间冰期和冰段—间冰段两个时间尺度为例。

从图 3A 可以看出, 冰期—间冰期尺度的气候变化主要引起频率曲线粗头、中间与细尾之间频率的大小变化——即以粒径  $5.75\Phi$  为界(支点)两种悬浮颗粒呈现出互为消长(跷板式)的变化。冰期时,  $< 5.75\Phi$  的粗颗粒组分含量明显较间冰期时高,  $> 5.75\Phi$  的细颗粒组分含量明显较低; 间冰期的

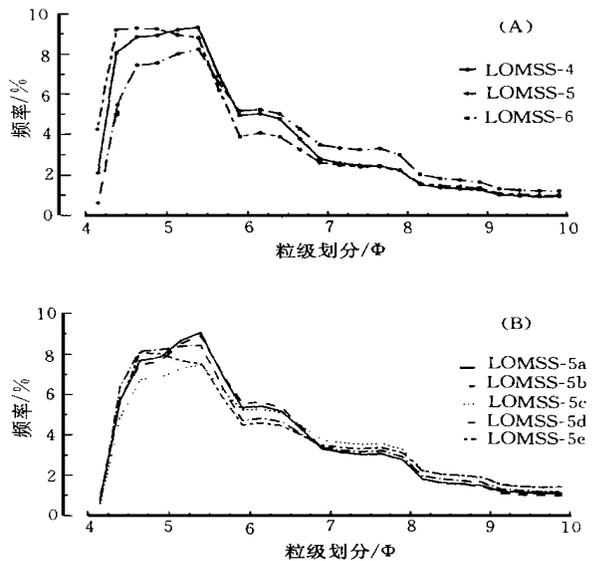


图 3 兰州不同气候背景下形成的风尘沉积之频率曲线对照(A)冰期—间冰期尺度; (B)冰段—间冰段尺度

Fig. 3 Contrast among curves of grain-size distribution of different eolian deposits in Lanzhou area

情况则与之相反。这种现象在冰期晚期比冰期早期更为明显,从表3所列  $R_m$  值的大小变化便可证实这一点。由此看出,从冰期早期到晚期冬季风经历的是一个由弱到强的演化过程。

冰段—间冰段尺度气候变化对粒度分布模式的影响(图3B)有所不同。一是对  $<4.25\Phi$  (即极细砂)含量的影响不明显;二是“跷板支点”已从冰期—间冰期尺度的  $5.75\Phi$  移到了  $6.75\Phi$ , 即表现为  $4.50 \sim 6.75\Phi$  和  $>6.75\Phi$  两种颗粒之间的“跷板式”变化。这种“跷板支点”由粒径较粗向较细方向的移动也正好说明了大气动力条件的变幅发生了由大到小的变化。此外,从  $N_1, N_2$  及二者之间的比值  $R_n$  的变化来看(见表3),间冰期从早期到晚期冬季风的演化也同样显示出一个由弱到强的总趋势。因此可以认为,在一个完整的冰期旋回中冬季风大致经历了一个由弱到强的发展演化过程。冬季风的快速撤退和夏季风的突然加强成为冬季风从一个冰期旋回向另一冰期旋回转变的基本演化特征。

上述气候与粒度分布模式之间的内在联系为我们建立可信度较高的黄土粒度古气候指标奠定了基

础。从讨论结果来看,气候对粒度分布模式的影响主要表现出某种粗颗粒组含量与某种细颗粒组含量之间的“跷板式”变化。因此,反过来依照这样的跷板理论可以提出相应的粒度古气候指标。事实上,过去常用到的黄土粉粘比(即  $K_d$  值)<sup>[1]</sup>和  $<2 \mu_m / >10 \mu_m$  指标等<sup>[13]</sup>也体现了这一点。另一方面我们也注意到,气候条件的不同,影响的侧面也有差异。亦即在依据粒度资料进行古气候重建时应该采用多种或不同的粒度指标,否则难以反映古气候的全貌。此外,由于风尘沉积粒度组成的区域差异,不同风尘沉积带(区)的粒度古气候指标在粒径范围的选取上也会有差别,不能直接套用。因此,粒度古气候指标严格说来应该是由不同指标构成的一个粒度指标体系,并具有较强的区域环境意义。对于兰州地区风尘沉积来说,可以根据前面的讨论提出相应的粒度指标(表4)。

### 3.3 粒度分布模式的印证及现实意义

为使上述粒度分布模式得到进一步的证实、探讨风尘沉积的大气动力特征及其现实意义,有必要将地质时期的风尘沉积(地层样品)与该地区现代尘

表4 兰州风尘沉积的主要粒度(冬季风)指标及其意义

Table 4 The winter monsoon grain size parameters(GSP) of the eolian deposits in Lanzhou area(%)

粒度指标等级	古气候意义	代号	敏感粒径分布 ( $\Phi$ 值)		比值指标
			正相关指标	负相关指标	
I级粒度指标	反映冰期—间冰期尺度的气候变化	GSP <sub>1</sub>	$M_1 (< 5.75)$	$M_2 (> 5.75)$	$R_m (M_1 / M_2)$
II级粒度指标	反映冰段—间冰段尺度的气候变化	GSP <sub>2</sub>	$N_1 (4.5 \sim 6.75)$	$N_2 (> 6.75)$	$R_n (N_1 / N_2)$
I—II级综合指标	反映上述两种时间尺度的气候变化	GSP <sub>1-2</sub>	$O_1 (4.50 \sim 5.75)$	$O_2 (> 6.75)$	$R_o (O_1 / O_2)$

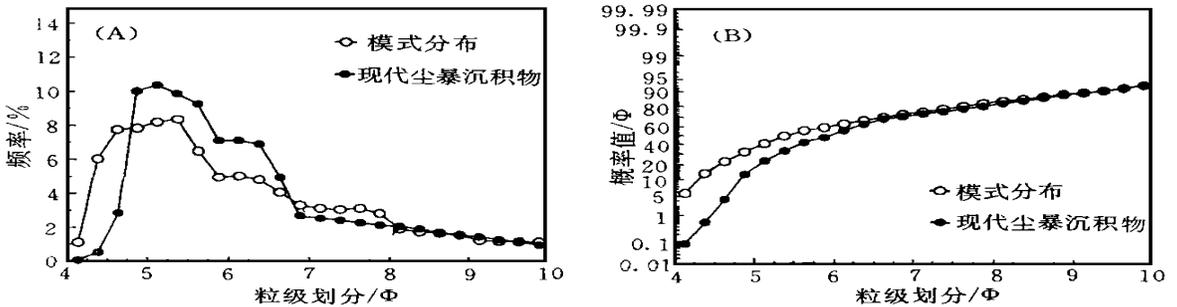


图4 兰州晚第四纪风尘沉积与现代特大尘暴沉积物的比较  
(A)频率曲线; (B)概率累积曲线

Fig. 4 Comparison between the late-Quaternary and the present dust storm deposits in Lanzhou area

暴沉积物做一对比(图4)。这里所说的现代尘暴是指1993年5月5日在河西走廊东部发生并随后影

响到兰州以东地区(包括兰州在内)的一次特大沙尘暴(简称“930505”沙尘暴)。需要说明的是当它到达

兰州时已经演化为特大尘暴。样品同样是在兰州收集的, 采用的粒度分析方法及步骤也与本文完全相同。引用结果为 8 个样品的平均值<sup>[14]</sup>。

从图 4 可以看出, 地层样品与现代尘暴沉积物具有良好的可比性。一方面, 上述粒度分布模式得到了进一步的证实; 另一方面说明黄土也主要是通过尘暴的方式搬运、沉积而成的。即这一地区风尘沉积的主要贡献应该归为与沙尘暴密切相关的尘暴天气过程, 代表风尘沉积的一种高能环境。而其它天气过程如扬沙、浮尘等) 相对是次要的。此外, 从粒径 > 8.00 $\mu$  的各粒级含量二者基本持平的情况来看, 黄土中的粘土矿物也主要是碎屑成因的。这与通过二者之间粘土矿物成分和结构的比较所取得的结论<sup>[15]</sup>也是一致的。

从环境灾害角度来看, 上述对比还具有以下现实意义: (1) 现代尘暴是过去地质历史时期尘暴的继续, 它的突发性仍将构成这一地区重要的环境灾害。(2) 受上游干旱区沙暴、沙尘暴天气过程的影响, 兰州只是一个出现以尘暴天气为主的地区, 沙尘暴直接威逼这里的可能性相对较小。(3) “930505”号沙尘暴尽管被认为是西北历史上一次罕见的沙尘暴, 但就其对兰州的影响程度来看, 尚未超过历史上的平均水平。原因之一是兰州并没有成为这次沙尘暴的主要路径。因此, 这一地区未来出现较之还强大的尘暴天气也是可能的。

参 考 文 献

1 刘东生, 黄土与环境 [M]. 北京: 科学出版社, 1985. 191 ~ 207

2 Burbank D W, Li J J. Age and palaeoclimatic significance of the loess of Lanzhou, north China [J]. Nature, 1985, 316: 429 ~ 431

3 Li J J, Feng Z D. Late Quaternary monsoon patterns on the Loess Plateau of China [J]. Earth Surface Process and Landforms, 1988, 13 (1): 125 ~ 135

4 李吉均, 朱俊杰, 康建成等. 末次冰期旋回兰州黄土剖面与南极东方站冰岩芯的对比 [J]. 中国科学(B 辑), 1990, 20(10): 1 086 ~ 1 094

5 Zhang L Y, Dai X R, Shi Z T. The Sources of Loess material and the Formation of the Loess Plateau in China [A]. In CATENA SUPPLEMENT 20(Cremlingen) [C]. 1991. 1 ~ 14

6 陈发虎, 张维信. 甘青地区的黄土地层学与第四纪冰川问题 [M]. 北京: 科学出版社, 1993. 47 ~ 54

7 方小敏, 戴雪荣, 李吉均等. 亚洲季风演化的突发性与不稳定性—以末次间冰期土壤发生为例 [J]. 中国科学(D), 1996, 26(2): 154 ~ 160

8 刘东生. 中国的黄土堆积 [M]. 北京: 科学出版社, 1965. 141 ~ 172

9 王永焱, 吴在宝, 岳乐平. 兰州黄土的生成时代及结构特征 [J]. 西北大学学报, 1978, (2): 1 ~ 27

10 康建成, 李吉均. 甘肃临夏黄土剖面: 15 万年环境演变的良好记录 [J]. 地质论评, 1993, 39(2): 165 ~ 175

11 任明达, 王乃梁. 现代沉积环境概论 [M]. 北京: 科学出版社, 1985. 8 ~ 26

12 Kenneth P. Aeolian dust and dust deposits [M] Academic Press Inc. (London) Ltd. 1987

13 丁仲礼, 余志伟, 刘东生. 中国黄土研究新进展 (三) 时间标尺 [J]. 第四纪研究, 1991, (4): 336 ~ 347

14 戴雪荣, 师育新, 薛滨. 兰州现代特大尘暴沉积物粒度特征及其意义 [J]. 兰州大学学报(自), 1995, 31(4): 130 ~ 134

15 师育新, 戴雪荣, 李节通等. 末次间冰期兰州黄土记录中的粘土矿物及其环境意义探讨 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 1997, 17 (1): 87 ~ 94

## Model of Grain-size Distribution of the Eolian Deposits in Lanzhou Area and its Paleoclimatic Significances

DAI Xue-rong<sup>1</sup> LI Ji-jun<sup>2</sup> YU Li-zhong<sup>1</sup> SHI Yu-xin<sup>3</sup> WANG Jia-cheng<sup>4</sup>

1(Department of Geography, East China Normal University, Shanghai 200062)

2(Department of Geography, Lanzhou University, Lanzhou 730000)

3(Lanzhou Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000)

4(The State Key Laboratory of Frozen-soil Engineering, Lanzhou Institute of Glaciology and Geocryology, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000)

### Abstract

The Quaternary eolian deposits in Lanzhou, west of the Loess Plateau, is the thickest area in China as result of the geographic position and the topographic conditions. Investigation show that Lanzhou is also a dust-storm frequent area in the present time. Both provides us possibilities to form a grain size distribution model of

the eolian deposits, and to identify deposits formed in different climatic conditions through researches of their grain composition.

180 samples are taken from newly dug 45m—deep loess well section at Gaolanshan near Lanzhou at a depth of 3 100cm to 4 000 cm, including stages LOMSS—4, 5a, 5b, 5c, 5d, 5e and LOMSS—6 according to the magnetic susceptibility curve (LOMSS means loess magnetic susceptibility stage, and is basically corresponding to MIS). To conduct a very careful laboratory work of grain size analysis, the measuring range of grain diameter is set as  $4.00\text{--}10.00\Phi$  with step of  $0.25\Phi$  on the SKC—2000 Grain Size Analytical System.

Studies show that the eolian deposits formed in different climatic stages are much similar to each other in grain size composition, leading to an establishment of grain size distribution model. They are characterized by four features: (a) badly sorted with particles more than  $4\Phi$  in diameter (mean diameter  $6.4\Phi$ ); (b) named as a silty heavy clayey or typical loess with fine sand 2.6%, silt 77.8% and clay 19.6%; (c) mono—peaked and positively skewed frequency curve; (d) nearly the same in quantity for both long—term and short—term suspended particles according to Pye's eolian deposition model. Fortunately, these four features can also be seen from the present dust—storm deposits collected in the spring of 1993 in Lanzhou area. It shows that the eolian deposits are transported mainly by manner of dust storms. This model can be used as a diagnosis model of the eolian deposits within the area of Lanzhou.

Differences of grain size composition among the eolian deposits are noted too with regard to climate changes though it is not so big. Different time—scales of climatic change may cause changes in content of different grain size. For example, the content of  $< 5.50\Phi$  particles in the deposits formed under the glacial climate is obviously higher than that under the interglacial, and the content of  $4.5\text{--}6.75\Phi$  particles formed under the stadial higher than under the interstadial. It implies a complex and delicate relationship between grain size composition and the winter monsoon. But we still recognize that two grain—size parameters (GSP) from the Lanzhou eolian deposits are of significance to the paleoclimate.  $\text{GSP}_1$  (content of  $< 5.75\Phi$ ,  $> 5.75\Phi$  or  $< 5.75\Phi$ / $> 5.75\Phi$ ) can be used to reveal changes of winter monsoon on the scale of glacial—interglacial climate.  $\text{GSP}_2$  (content of  $4.5\text{--}6.75\Phi$ ,  $> 6.75\Phi$  or  $4.5\text{--}6.75\Phi$ / $> 6.75\Phi$ ) tends to reveal changes on the scale of stadial—interstadial climate.

**Key words** eolian deposits diagnosis model grain size parameters (GSP) dust storm winter monsoon Lanzhou