

# 渭河咸阳段近代洪水沉积物粒度特征分析

史兴民<sup>1,2</sup>, 万正耀<sup>3</sup>, 师静<sup>2</sup>

(1. 咸阳师范学院 资源环境与城市科学系, 陕西 咸阳 712000; 2. 陕西师范大学 旅游与环境学院, 陕西 西安, 710062; 3. 新疆师范大学 地理科学与旅游学院, 新疆 乌鲁木齐 830054)

**摘 要:** 粒度是沉积物中各种粗细颗粒的机械组成, 可以用于洪水沉积环境和物质运动方式的判定。通过对渭河咸阳段河漫滩沉积状况野外调查和 53 个样品的粒度资料分析, 研究了渭河咸阳段的洪水沉积物粒度特征, 分析了粒度组成、粒度参数和粒度频率曲线等粒度特征资料, 探讨了渭河咸阳段洪水变化和沉积环境。研究表明, 渭河咸阳段河漫滩北堡子剖面近 30 a 来洪水沉积厚度为 2.16 m, 主要粒度组成中砂粒级的含量最高, 颗粒较粗, 分选较差。根据粒度特征资料分析, 渭河咸阳段河漫滩沉积物发育较好, 变化明显, 能够较清楚地指示渭河近 30 a 来发生的约 13 次洪水的变化。

**关键词:** 渭河咸阳段; 粒度特征; 洪水沉积物

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2008)03—0071—06

中图分类号: P931.7

## Grain-Size Characteristics of Recent Flood Sediment of Weihe River in Xianyang Section

SHI Xing-min, WAN Zhang-yao, SHI Jing

(1. Department of Resource Environment and Urban Science, Xianyang Normal College, Xianyang, Shaanxi 712000, China; 2. College of Tourism and Environment Science, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062, China; 3. College of Geography and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang 830054, China)

**Abstract:** Grain size can be applied to identify types of deposition environment and to determine ways of material movement. Based on the investigation on the beach of Weihe River in Xianyang section, and the analysis of grain size for 53 collected samples, the characteristics of flood sediment were analyzed, including grain size distribution, grain size parameter, and grain size frequency curve. Results showed that the thickness of modern time flood sediment in the Beibuzi section of Weihe River was about 2.16 m. For the grain-size composition, the content of medium size sand was the highest, its grain size was in the thick range, and its size sorting was worse. Based on the analyzed material, the development of flood sediment was better over the past 30 years.

**Keywords:** Weihe River in Xianyang section; characteristic of grain-size; flood deposit

沉积物的粒度特征是恢复过去古环境、古气候状况的一个重要指标。前人已经在黄土的沉积物粒度特征<sup>[1]</sup>、深海沉积物的粒度特征<sup>[2-3]</sup>、湖泊沉积物的粒度特征<sup>[4-5]</sup>、干旱区沼泽沉积物的粒度特征<sup>[6]</sup>、盆地沉积物粒度特征<sup>[7]</sup>等方面做了大量的工作,取得了一些重要成果。目前古洪水研究有不断加强的趋势,几乎所有有关古洪水的研究都用到了粒度分析方法<sup>[8-10]</sup>,但是在近代河流洪水沉积物粒度特征方面,前人所做的研究比较少<sup>[11]</sup>。河床粗粒沉积层之上的细粒沉积是洪水淹没河漫滩形成的,根据它的沉积厚度、颗粒粗细可以判断洪水深度和沉积时水动力变化

情况。本文选择渭河咸阳段近代洪水沉积物作为研究对象,分析河流洪水沉积物的粒度组成、中值粒径、平均粒径、分选系数、偏度、峰态等的特征与变化规律,为洪水研究提供参考。

## 1 研究地点概况

渭河是黄河的最大支流,发源于甘肃省渭源县西北乌鼠山,东南流至清水县,入陕西省境内,横贯渭河平原,东流至潼关入黄河,全长 787 km。渭河在尹家村注入咸阳市区,在市内长 9.5 km,在郭旗寨流出。

## 2 野外采样

采样点位于咸阳渭河 1 号桥东约 600 m 处北堡子村, 34°19'30" N, 108°42'46" E。剖面位于渭河高河漫滩, 剖面厚度为 2.16 m, 共分 13 层(图 1)。由于秦岭的持续隆升, 渭河自秦末以来一直向北迁移<sup>[13]</sup>, 剖

面所在河漫滩位于渭河南岸, 所以比较有利于洪水沉积物的保存, 同时该河漫滩分布较广, 具有一定的代表性。

对剖面进行连续采样, 间距为 5 cm, 特殊层根据实际厚度进行采样, 共采集样品 53 个。各层岩性特征自上而下分别由表 1 给出。

表 1 渭河咸阳段北堡子剖面分层与特征

层号	各层名称	厚度/cm	岩性特征
1	粗粉砂层	0—4	灰白色, 粗粉砂为主, 少量极细砂、中粉砂, 有植物根系
2	粗粉砂层	4—7	深灰色, 粗粉砂为主, 少量极细砂、细粉砂、细砂
3	粗粉砂、中粉砂层	7—11	浅棕色, 粗粉砂为主, 中粉砂次之, 含少量细粉砂
4	粗粉砂、中粉砂、极细砂层	11—21	灰色, 粗粉砂为主, 中粉砂次之, 含少量极细砂、细砂
5	粗粉砂、中粉砂层	21—35	深棕色, 粗粉砂为主, 中粉砂次之, 含少量中砂、细粉砂
6	极细砂、粗粉砂层	35—40	深灰色, 极细砂为主, 粗粉砂次之, 少量细砂、粗砂
7	极细砂、粗粉砂层	40—44	灰白色, 极细砂为主, 少量粗粉砂、细砂
8	细砂、极细砂层	44—74	深灰白色, 细砂为主, 极细砂次之, 含少量植物碎屑
9	极细砂、粗粉砂层	74—86	浅棕色, 极细砂为主, 粗粉砂次之, 含少量中砂、细砂
10	中砂、粗砂层	86—120	浅灰黄色, 中砂为主, 粗砂次之, 含少量细砂、极细砂、粗粉砂
11	中砂、粗砂层	120—178	深棕色, 灰色中砂, 粗砂次之, 少量极细砂、粗粉砂在该层中发现白色塑料薄膜
12	细粉砂、极细粉砂、粗黏土层	178—184	棕黄色, 细粉砂为主, 少量极细粉砂、粗黏土
13	中粉砂、粗粉砂层	184—216	灰白色, 中粉砂为主, 少量粗粉砂、中砂、细砂、极细砂。

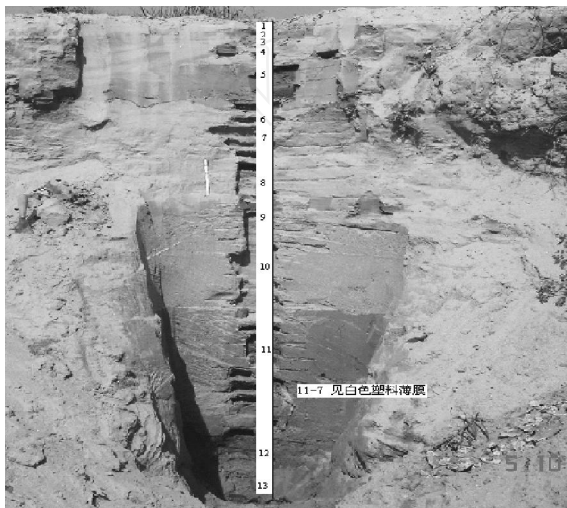


图 1 渭河咸阳段采样点剖面

在野外采样时, 于第 11 层第 7 个样品(距地表 155 cm)中发现白色塑料薄膜(见图 1)。据资料表明<sup>[12]</sup>, 白色塑料薄膜出现于 20 世纪 60 年代中期, 在我国大规模使用于 20 世纪 80 年代中后期。因此, 如果从 20 世纪 80 年代中期大规模开始使用白色塑料薄膜算起, 20 年来沉积了 155 cm, 那么剖面共厚 216 cm, 可以推断渭河咸阳段北堡子剖面可能是近 30 a 来的洪水沉积物。另据研究渭河秦都咸阳渭河段河道北移的速率为 1.87 m/a<sup>[13]</sup>, 剖面位置据此处仅 5

km 左右, 北移速率应该相差不大, 而剖面据现近河道约 70 m, 以此来推算, 剖面形成时间也大概在 30 a 左右。

## 3 剖面粒度特征分析

实验使用英国马尔文仪器有限公司生产的 Mastersizer 2000E 激光粒度分析仪进行粒度分析, 该仪器测量范围为 0.1 ~ 1 000  $\mu\text{m}$ , 可提供每一粒度组分的百分含量、频率曲线、累计曲线及其它各种粒度参数。样品重复测试误差为 < 5%。

### 3.1 剖面粒度组成

河流沉积物粒度一般由砾粒(256 ~ 2.00 mm)、砂粒(2.00 ~ 0.063 mm)、粉粒(0.063 ~ 0.004 mm)和黏粒(< 0.004 mm)构成<sup>[14]</sup>。根据渭河咸阳段河漫滩沉积物粒径含量变化资料(表 2)分析, 在整个研究剖面中, 粗砂、中砂、细砂、极细砂、粗粉砂、中粉砂、细粉砂、粗黏土、细黏土在各层中的含量都较高, 而且在不同的层位含量有一定的变化。

本文用  $D_1, D_2, \dots, D_{13}$  分别代表剖面中的第 1 层, 第 2 层, ..., 第 13 层。最下部的  $D_{13}$  主要成分为中粉砂、粗粉砂。该层粗砂缺失。  $D_{12}$  主要成分为细粉砂、极细粉砂、粗黏土。  $D_{11}$  主要成分为中砂、粗砂。  $D_{10}$  主要成分为中砂、粗砂, 其中中砂平均含量为

43.11%,是整个剖面中中砂含量最高的。 $D_9$  主要成分为极细砂、粗粉砂,其中极细砂平均含量为24.73%; $D_8$  主要成分为细砂、极细砂,其中细砂平均含量为39.24%,是整个剖面中最高的。 $D_7$  主要成分为极细砂、粗粉砂,粗砂层缺失。 $D_6$  主要成分为极

细砂、粗粉砂。 $D_5$  主要成分为粗粉砂、中粉砂,粗砂层缺失。 $D_4$  主要成分为粗粉砂、中粉砂,粗砂缺失。 $D_3, D_2, D_1$  的粒度成分含量接近,都为粗粉砂、极细砂、中粉砂层。在整个剖面中粗粉砂含量最高; $D_3$  粗砂均缺失。

表2 各层粒度成分变化

层位	粗砂	中砂	细砂	极细砂	粗粉砂	中粉砂	细粉砂	极细粉砂	粗黏土	细黏土
1	0.00	0.96	4.31	24.95	42.04	19.79	2.31	1.81	2.35	1.47
2	0.00	0.62	3.69	23.95	42.36	21.21	2.60	1.83	2.30	1.43
3	0.00	1.18	4.11	18.75	37.80	24.87	5.82	2.64	3.11	1.72
4	0.00	2.93	14.42	19.37	30.75	20.77	4.77	2.41	2.88	1.69
5	0.00	0.23	0.75	10.24	33.22	33.02	11.85	3.92	4.39	2.39
6	13.01	5.25	15.53	28.50	22.05	9.69	2.38	1.30	1.52	0.77
7	0.00	0.75	19.64	36.41	27.68	9.19	2.06	1.57	1.77	0.93
8	1.79	11.83	39.24	31.14	7.91	3.11	1.86	1.34	1.42	0.37
9	3.76	17.22	25.90	24.73	18.40	5.57	1.66	1.21	1.11	0.45
10	27.14	43.11	17.78	4.64	3.53	1.81	0.99	0.68	0.31	0.00
11	24.45	34.65	19.61	10.62	5.38	2.54	1.34	0.86	0.54	0.02
12	0.37	1.20	1.62	2.36	6.80	15.20	22.64	22.47	21.44	5.90
13	0.00	0.03	0.12	4.26	20.47	27.30	18.80	12.31	11.99	4.73

### 3.2 剖面粒度参数

根据  $-\log_2 d$  ( $d$  表示沉积物粒径,单位为  $\mu\text{m}$ ) 将上机测试结果转换为等比制粒级,计算中值粒径 ( $d_{50}$ )、平均粒径 ( $M_z$ )、标准差 ( $\sigma$ )、峰态 ( $K_G$ ) 和偏态 ( $S_{K1}$ )。中值粒径 ( $d_{50}$ ) 即在积累曲线上取频率为 50% 时的值。其余参数计算方法采用福克 (Folk) 和沃德 (Ward) 制定公式。

咸阳渭河北堡子剖面的沉积物平均粒径分布在 10 ~ 500  $\mu\text{m}$  之间。中值粒径 ( $d_{50}$ ) 从第 1 层的 46.15  $\mu\text{m}$  波动变化至第 5 层的 29.09  $\mu\text{m}$ , 变化很小。至第 6 层出现 95.92  $\mu\text{m}$  的小高值,再波动变化至第 10 层和第 11 层出现高值,分别为 358.41  $\mu\text{m}$  和 302.88  $\mu\text{m}$ ,之后递减到第 12 层和第 13 层的 8.20  $\mu\text{m}$  和 17.03  $\mu\text{m}$ 。平均粒径的垂直变化规律与中值粒径反映的垂直变化规律很相似,说明两者具有相同的指示意义。

在整个剖面中,各层标准差 ( $\sigma$ ) 的数值分布范围集中在 1.09 ~ 1.84 之间,分选等级为较差;偏态 ( $S_{K1}$ ) 的数值分布范围集中在 -0.33 ~ -0.01 之间,只有  $D_6$  的数值为 0.01。其中  $D_{10}, D_{11}$  和  $D_{13}$  的数值分布范围集中在 -0.33 ~ -0.32,  $D_1 \rightarrow D_5, D_7 \rightarrow D_9$  和  $D_{12}$  的数值分布范围为 -0.28 ~ -0.01。 $D_6$  偏度为近于对称,  $D_1 \rightarrow D_5, D_7 \rightarrow D_9$  和  $D_{12}$  的偏度为负偏;  $D_{10}, D_{11}$  和  $D_{13}$  的偏度为极负偏,指示渭河咸阳段北堡子剖面的颗粒较粗。峰态 ( $K_G$ ) 数值分布范围为

$D_1 \rightarrow D_3, D_5, D_7, D_8$  和  $D_{10}$  集中在 2.06 ~ 2.84 之间,  $D_4, D_6, D_9, D_{11} \rightarrow D_{13}$  集中在 3.24 ~ 6.07 之间,剖面的峰态 ( $K_G$ ) 分别为很窄和非常窄 (图 2)。

### 3.3 频率曲线

沉积物的频率曲线特征是判断沉积作用形式的重要手段之一,频率曲线的峰态变化反映了沉积作用形式的变化,对渭河咸阳段北堡子剖面沉积物的粒度频率曲线特征进行分析 (图 3) 发现该剖面的粒度频率分布曲线类型可以分为 3 种。一种是具有细前端,一种具有粗前端,一种具有双峰态。 $D_{11}$  和  $D_9$  具有细前端,而且峰态窄,尾端都很大;  $D_5$  和  $D_4$  具有粗前端,峰态窄,其中  $D_5$  的曲线接近对称;  $D_9$  和  $D_4$  具有双峰态,其中  $D_9$  颗粒偏细,  $D_4$  颗粒偏粗。这些从频率分布曲线图上得到的信息基本与前面根据粒度参数分析得到的结论一致。

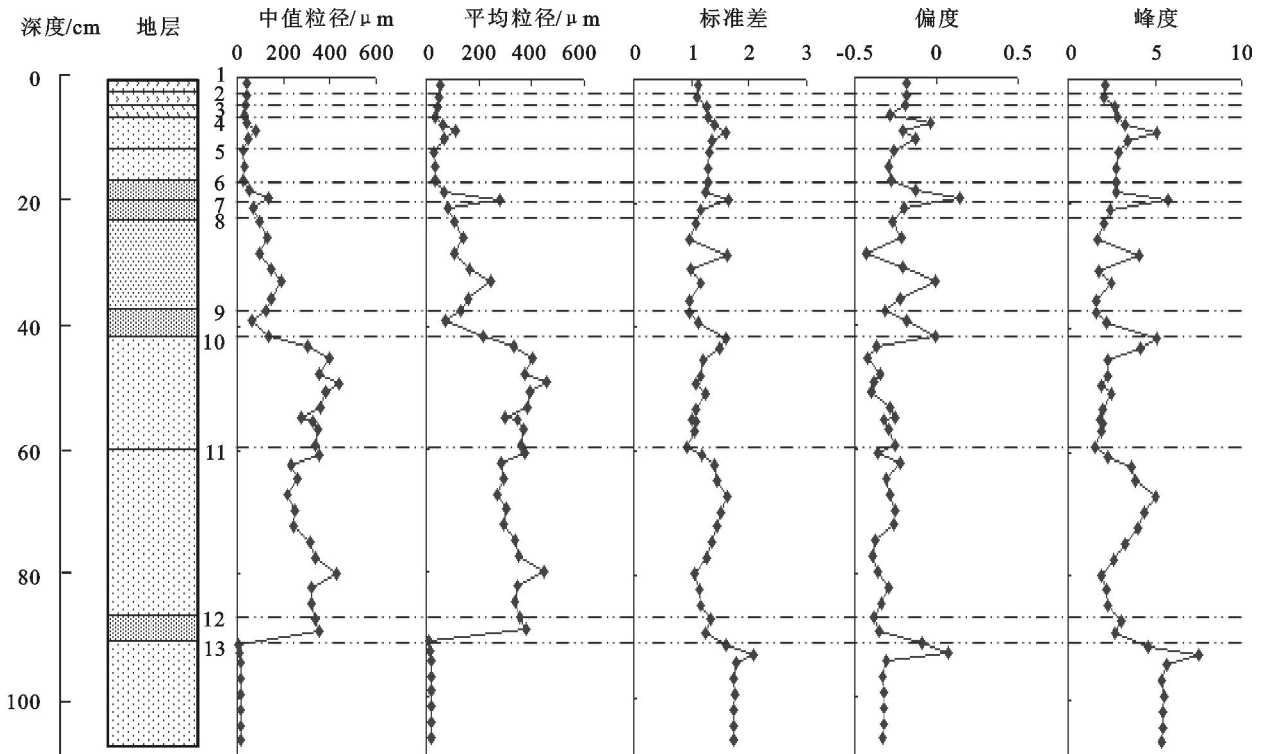
## 4 讨论

### 4.1 河漫滩沉积物记录的洪水信息

河流沉积主要包括河床沉积和河漫滩沉积两种,其中河漫滩沉积物仅形成于洪水发生期,因此最能指示洪水变化<sup>[8]</sup>。但是河漫滩沉积物记录的洪水信息是有缺失的。(1) 当该次洪水的水位未达到上次洪水沉积的高度时,该次洪水的信息就不能通过洪水沉积物在河漫滩上保存下来,所以,河漫滩沉积物就没有对这些时段洪水的指示作用,河漫滩沉积物剖面中

相连层位的沉积可能不是两次相继洪水在河漫滩上的沉积物,而且是相距一次以上洪水期的洪水在河漫滩上的沉积物。另外对于大规模洪水,还可能侵蚀上次洪水的沉积物。故河漫滩沉积物记录的洪水次数  
河流洪水实际发生次数。(2) 河道是不断变迁的。如果在研究时段内河流只是向一侧迁移,那么凸岸一侧是有利于保留洪水时期的沉积物的,否则洪水信息记录可能缺失较多。河道宽度变化也会影响洪水漫

上河漫滩的深度,宽度如果变化不大,那么洪水越大,河漫滩上的洪水深度越大。(3) 河道冲淤变化对洪水沉积物记录的洪水信息有重要的影响。如果研究时段内河床冲淤变化不大或者缓慢下切,那么洪水越大,河漫滩上洪水深度越大,洪水沉积物粒径越大。洪水沉积物如果粒径相近,那么位于河漫滩上层代表的洪水比较大。因此这种类型的河床对研究洪水变化比较有利。



1 灰白色粗粉砂层; 2 深灰色粗粉砂层; 3 浅棕色粗粉砂层; 4 灰色粗粉砂层; 5 棕色粗粉砂层;  
6 深灰色极细砂层; 7 灰白色极细砂层; 8 灰白色细砂层; 9 浅棕色极细砂层; 10 灰黄色中砂层;  
11 棕色中砂层; 12 棕黄色细粉砂层; 13 灰白色中粉砂层

图 2 渭河咸阳段北堡子剖面粒度参数变化

尽管如此,只要在研究时段内河道只向一侧迁移,宽度变化不大,冲淤变化不大,那么河漫滩沉积物还是研究洪水变化的好载体。渭河咸阳段北堡子剖面位于渭河的中下游,河道在研究时段内基本稳定,因此该剖面反映了至少 13 次洪水变化。

4.2 渭河河漫滩沉积物指示的洪水大小

一般情况下,沉积物的平均粒径大小是与搬运力强度相适应的,其大小不仅可以直接反映沉积时的水动力状况,而且可以指示不同大小规模的洪水。细粒和粗粒沉积物分别代表了河水能量低和高的两个阶段。对于以雨水补给为主的河流来说,洪水期主要发生在雨季,平水期一般出现在旱季。伴随着雨季的到来,河床水位随之上升。当水位超出原始河漫滩顶面

高度时,就会形成新高度的河漫滩,并在河漫滩上形成细粒沉积物。对于大规模洪水,河漫滩相细粒沉积层的顶面必然低于洪水水位的高度,河漫滩相细粒沉积层的总厚度必然小于洪水的深度。对于小规模洪水,河漫滩相总厚度接近于洪水厚度。洪水水位高,形成的河漫滩相颗粒粒径大,反之,颗粒粒径小<sup>[8]</sup>。因此,河漫滩沉积物的粒径大小能够指示河流的洪水深度和水动力条件。判别标准<sup>[15]</sup>如下:(1) 对于层位相邻的洪水沉积物,颗粒粗的代表的洪水规模大,颗粒细的代表的洪水规模小。(2) 对于非相邻层位的洪水沉积物,下部层位的洪水沉积物粒径比上部层位的洪水沉积物粒径小,那么上部层位形成的洪水规模大。

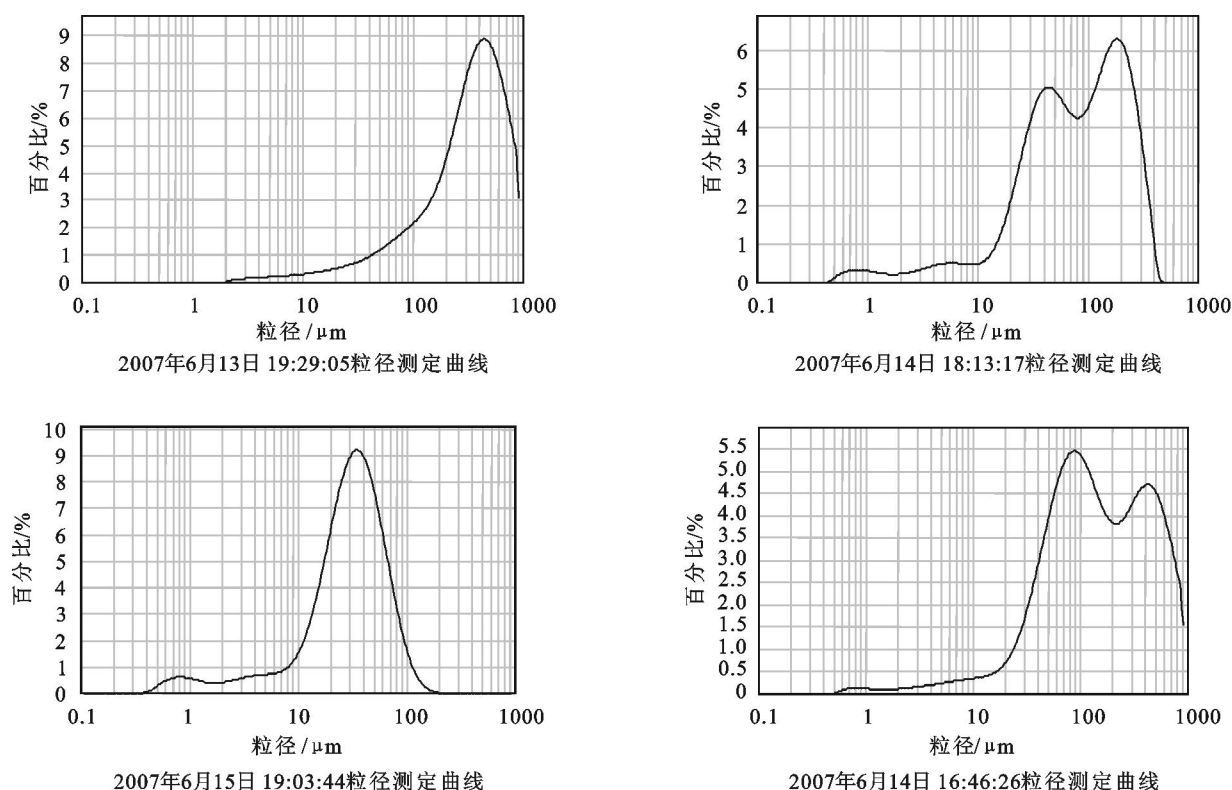


图3 渭河咸阳段北堡子剖面频率曲线特征

经过分析判别,渭河咸阳段近 30 a 来至少发生了 13 次洪水,其中  $D_{11}$ 、 $D_{10}$  这两个沉积层的厚度为 58 cm 和 34 cm,而且颗粒最粗,因此应为长期大雨或暴雨且水能较高时沉积形成的。 $D_9$  和  $D_8$  这两个沉积层的厚度分别为 12 cm 和 30 cm,距地表深度分别为 74~86 cm 和 44~74 cm,因此这两个沉积层的形成原因与  $D_{11}$  层、 $D_{10}$  两个沉积层有区别,应该在洪水水位高于前次沉积层但水能相对较小的情况下形成。 $D_7$ 、 $D_6$  两个沉积层厚度小,粒径大小中等,为短期较小规模降雨时的洪水沉积所致。 $D_1$ — $D_4$  个沉积层距地表深度小,粒径小,应为中小规模降雨的洪水沉积形成。 $D_{13}$ 、 $D_{12}$  为剖面最底部的两个沉积层,但是  $D_{13}$  的沉积厚度大于  $D_{12}$ ,因此  $D_{13}$  指示的洪水时期洪水规模应大于  $D_{12}$ 。 $D_5$  沉积层由于距地表深度较小,为 21~35 cm,因此该层指示的洪水时期水位较高,洪水规模较  $D_{12}$  大,而且是长期降雨且水能相对较小的情况下形成的河漫滩沉积物。因此渭河咸阳段北堡子剖面记录了 13 次洪水相对大小如下: $D_{10} > D_{11} > D_8 > D_6 > D_9 > D_7 > D_4 > D_1 > D_2 > D_3 > D_5 > D_{13} > D_{12}$ 。

#### 4.3 河漫滩沉积物指示的降水量的大小

洪水的发生可能是年降水量增多造成的,也可能是年降水量没有明显增多,而降水集中造成的<sup>[15]</sup>。

如河漫滩上洪水沉积物厚度大(洪水持续时间长),颗粒粗,它一般是年降水量增加造成的(不一定是整个流域增加,可能是部分地区明显增加造成的<sup>[9]</sup>);如果洪水沉积物厚度小,颗粒细,可能是降水集中造成的。渭河咸阳段北堡子剖面记录的 13 次洪水中, $D_{10}$ 、 $D_{11}$ 、 $D_8$ 、 $D_6$ 、 $D_9$ 、 $D_7$ 、 $D_4$  沉积厚度较大,颗粒比较粗,多是降水量增加形成的; $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$ 、 $D_5$  和  $D_{12}$  沉积厚度小,颗粒细,应该是降水量集中或降水量略有增加形成的。 $D_{13}$  颗粒较细,但是厚度比较大,可能是年降水量增多,洪水持续时间较长形成的。

## 5 结论

(1) 渭河河漫滩沉积物发育较好,其颗粒粒径较粗,变化明显,是研究流域内洪水与气候变化的较好的信息载体。

(2) 渭河咸阳段北堡子剖面记录了 13 次洪水相对大小如下: $D_{10} > D_{11} > D_8 > D_6 > D_9 > D_7 > D_4 > D_1 > D_2 > D_3 > D_5 > D_{13} > D_{12}$ 。

(3) 渭河咸阳段北堡子剖面记录的 13 次洪水中, $D_{10}$ 、 $D_{11}$ 、 $D_8$ 、 $D_6$ 、 $D_9$ 、 $D_7$ 、 $D_4$  和  $D_{13}$  多是降水量增加形成的; $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$ 、 $D_5$  和  $D_{12}$  应该是降水量集中或降水量略有增加形成的。

## [ 参 考 文 献 ]

- [1] 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):278—283.
- [2] 孙千里,周杰,肖举乐.岱海沉积物粒度特征及其古环境意义[J].海洋地质与第四纪地质,2001,21(1):93—95.
- [3] Giancarlo G B, Nicholas M I. Holocene periodicity in North Atlantic climate and deep-ocean flow south of Iceland [J]. Nature,1999,397:515—517.
- [4] 赵强,王乃昂,程弘毅,等.青土湖沉积物粒度特征及其古环境意义[J].干旱区地理,2003,26(1):1—5.
- [5] 史兴民,李有利,杨景春,等.新疆玛纳斯河蘑菇湖沉积物的粒度特征与环境意义[J].干旱区资源与环境,2007,21(3):99—104.
- [6] 王国平,刘景双,汤洁.半干旱区沼泽沉积物粒度特征及环境意义[J].干旱区研究,2003,20(3):211—216.
- [7] 王建力,李吉均,方小敏,等.临夏盆地三千万年来沉积物粒度特征及其构造意义[J].地理研究,1998,17(1):39—47.
- [8] 赵景波,周晓红.咸阳市近代渭河洪水演变研究[J].陕西师范大学学报:自然科学版,2005,33(2):103—109.
- [9] 赵景波,李胜利.西安高陵距今 1400—1100 年间渭河洪水演变研究[J].陕西师范大学学报:自然科学版,2004,32(4):103—107.
- [10] 史兴民.全新世古洪水研究进展[J].水文,2007(3):24—27.
- [11] 赵景波,蔡晓薇,王长燕.西安高陵渭河近 120 年来的洪水演变[J].地理科学,2007,27(2):225—230.
- [12] 中国大百科全书《化工》编辑委员会.中国大百科全书:化工[M].北京:中国大百科全书出版社,1987:607—608.
- [13] 桑广书.秦末以来秦都咸阳地貌演变[J].地理科学,2005,25(6):709—715.
- [14] 徐馨,曹琼英,王雪瑜,等.第四纪环境研究方法[M].贵阳:贵州科技出版社,1992:74—94.
- [15] 李胜利,赵景波.渭河西安高陵耿镇历史时期古洪水研究[J].中国沙漠,2007,27(3):379—383.

(上接第 58 页)

农田钾素一直是负平衡状态,化学钾肥(NPK)、有机肥钾素(MNP)分别连施亏缺率较大,平均为 58.7%和 45.0%,二者配合施用投入钾素是分别施用之和,亏缺率平均为 19.6%。说明有机肥与化学钾肥配施是平衡土壤钾素的必须措施,应该引起足够重视<sup>[9]</sup>。

#### 4 结 论

连续 24 a 试验研究证明,生产 100 kg 小麦籽粒需吸收氮(N)3.119 1、磷素(P)0.502 3、钾素(K)4.086 4;生产 100 kg 玉米籽粒吸收氮(N)2.214 7;磷素(P)0.3643、钾素(K)1.906 4。长期连施化肥或单施有机肥是不科学的施肥技术。氮素、钾素投入量不抵作物携带量和损失量之和,土壤氮、钾养分收支为负平衡,磷素收支虽为正平衡,但盈余率较低。

传统的“有机肥+氮、磷化肥”的施肥模式不适应现代作物生产,“有机肥+氮、磷、钾化肥”为平衡施肥的科学结构。充分施用有机肥,增施化学钾肥,适量减少化学磷肥用量,保持氮素化肥现行投入量,就实现了有机无机平衡,氮磷钾平衡,投入产出平衡。

## [ 参 考 文 献 ]

- [1] 鲁如坤.土壤—植物营养学原理和施肥[M].北京:化学工业出版社,1998.
- [2] 沈善敏.中国土壤肥力[M].北京:中国农业出版社,1998.
- [3] 黄绍文,金继运,左余宝,等.农田养分平衡状况及其评价的试点研究[J].土壤肥料,2002(6):14—19.
- [4] 赵振达,张金盛,任顺荣,等.津郊旱地土壤氮素平衡[C]//中国农科院土壤肥料研究所.国际平衡施肥学术讨论会论文集.北京:农业出版社,1983:62—68.
- [5] 朱兆良,文启孝.中国土壤氮素[M].南京:江苏科技出版社,1992:213—249.
- [6] 沈善敏.长期土壤肥力试验的科学价值[J].植物营养与肥料学报,1995,1(1):1—9.
- [7] 索东让,王平.河西走廊灌漠土主要粮食作物钾吸收效率及钾平衡定位研究[J].干旱地区农业研究,2001,19(4):6—10.
- [8] 中国农科院农业自然资源和区划研究所.中国耕地[M].北京:中国农业科技出版社,1995:95—118.
- [9] 高祥照,马文奇,崔勇,等.我国耕地土壤养分变化与肥料投入状况[J].植物营养与肥料学报,2000,6(4):364—369.