

文章编号: 1000-0550(2006)06-0857-07

# 西安高陵马坊滩渭河洪水变化研究<sup>①</sup>

赵景波<sup>1,2</sup> 李胜利<sup>1</sup>

(1 陕西师范大学旅游与环境学院 2 陕西师范大学西北历史环境与经济社会发展研究中心 西安 710062)

**摘要** 根据高陵渭河马坊滩河漫滩沉积剖面中的沉积层测量和 147 个样品的粒度分析和历史记载的年代资料,研究了西安高陵渭河距今 1400~1100 年间洪水和降雨量变化。高陵渭河古洪水沉积分层清楚,能敏感反映洪水的变化和短期降水量的变化,也能弥补历史文献记载的不足。粒度成分和粒度参数资料指示,高陵马坊滩厚约 3.5 m 的河漫滩沉积剖面至少包括了 9 个颗粒成分不同的沉积层,代表了 9 个大洪水阶段;其中厚度大、粒度粗的第 2、4、6、8 层形成时的洪水规模比厚度小、粒度细的第 1、3、5、7、9 层形成时要明显大。这 9 个大洪水阶段均比 2003 年洪水大,第 2、4、6、8 阶段应为特大洪水阶段。根据沉积学原理和洪水沉积物粒度成分差异,可确定这 9 个阶段洪水规模由大到小的顺序是:第 2 阶段>第 6 阶段>第 4 阶段>第 8 阶段>第 3 阶段>第 1 阶段>第 5 阶段>第 9 阶段>第 7 阶段。这 9 个阶段的洪水发生时河漫滩上的洪水深度均大于 2 m,当时洪水深度、洪水动力和规模均比现代洪水大,大洪水发生的原因应当是当年降水量的明显增加造成的。

**关键词** 高陵渭河 河流沉积 洪水变化 洪水深度 气候变化

**第一作者简介** 赵景波 男 1953 年出生 教授 博士 自然地理与第四纪研究 E-mail: zhaojb@snu.edu.cn  
**中图分类号** 534.63 **文献标识码** A

## 1 引言

国内研究者对长江流域全新世洪水<sup>[1,2]</sup>和我国现代洪水<sup>[3,4]</sup>进行了一定的研究,取得了重要的研究成果。过去对黄土高原和关中平原的气候、黄土与植被变化等进行了大量研究<sup>[5-8]</sup>,对河流与构造运动、土壤侵蚀的关系、河流堆积与河道变迁进行了许多研究<sup>[9,10]</sup>,对渭河流量的相对变化和作为运输航道变化的原因进行了初步分析<sup>[9]</sup>,但对黄河全新世洪水的研究相当少<sup>[10]</sup>,对渭河历史时期洪水演变更缺少研究。在国外,对河流洪水变化开展了一定的研究<sup>[11-14]</sup>,近年来的研究有加强趋势。国外目前关于洪水研究的主要内容是洪水事件、洪水流量和历史时期植被破坏对河流泥沙及洪水规模的影响。河流搬运与堆积主要发生在洪水期,河道变迁与河水流量变化也主要发生在洪水期,所以河流洪水演变的研究具有非常重要的理论意义。洪水发生时常造成严重灾害,并导致经济上的巨大损失,危及人们的财产和生命安全,所以对它的研究又具有重要实际意义。本文根据野外考察和室内颗粒分析资料及历史文献资料,探讨西安高陵距今约 1400~1100 年间渭河洪水的变

化及其原因。

## 2 研究地点概况和方法

经过调查,我们选择了层位较稳定和代表性强的高陵耿镇东南的马坊滩剖面进行研究。马坊滩距高陵县城南约 11 km。高陵位于关中平原中部,属暖温带季风气候,年平均温度为 13°C 左右,年平均降水量约为 540 mm。剖面所在地貌为渭河一级阶地,海拔 400 m 左右。该阶地平坦、开阔,略向北面的河床倾斜。由于地表平坦,无冲沟发育,河流沉积剖面未直接出露,样品是通过人工开挖采取的。采样间距一般为 5 cm,薄层采样间距减少到 1~3 cm,加上对比剖面共采集样品 147 个。对于含有 0.1 mm 的样品,选用筛析法逐级分析,对剩余的小于 0.1 mm 的颗粒和不含或很少含大于 0.1 mm 颗粒的样品,用比重计法进行分析。

## 3 洪水沉积剖面分层及年代的确定

所研究的马坊滩剖面沉积物具二元结构,下为河床沉积的砂砾层,上为河漫滩相粉细砂物质。整个剖面厚约 4.5 m,由上向下可将河漫滩沉积分为以下 9

①教育部人文社会科学研究基地重大项目(编号:05JJD770014),国家自然科学基金项目(批准号:40571004),陕西师范大学历史地理国家重点学科项目(编号:SNNUHG04007)。

收稿日期:2006-01-09 收修改稿日期:2006-04-13

层。(1)粘土质粉细砂层:黄褐色,粉砂与细砂为主,厚 0.7 m。(2)粗、中砂层:棕黄色,中砂与粗砂为主,含少量细砂、粉砂和砾石,厚 0.3 m。(3)细砂、极细砂层:棕黄色,中砂与粗砂为主,含少量细砂、粉砂和砾石,厚 0.2 m。(4)中、细砂层:灰黄色,细砂为主,次为中砂,厚 0.5 m。(5)细砂、极细砂层:棕褐色,极细砂和细砂为主,含中砂,厚 0.2 m。(6)中、粗砂层:浅灰黄色,中粗砂为主,含少量砾石,厚 0.5 m。(7)极细砂、细砂层:浅灰黄色,细砂与极细砂为主,厚 0.2 m。(8)中、粗砂层:浅灰黄色,中、粗砂为主,含少量砾石,厚 0.5 m。(9)粗、中砂层:浅灰黄色,粗、中砂为主,很少含砾石,厚 0.2 m。再向下为河床沉积的砂砾石层,砾石直径一般为 3~8 cm,分选与磨圆较好,揭露厚度 1 m。

唐东渭桥的遗址是据 1967 年在高陵耿镇白家咀挖出的唐东渭桥记残碑、圆木桩和青石条确定的。由碑文可知,东渭桥在唐开元九年(公元 721 年)建成。为查明原东渭桥遗址,考古工作者在 1981—1983 年对遗址进行了发掘,揭露出了构成桥体的圆木桩和石砌分水金刚墙等<sup>[15]</sup>,切证实了东渭桥的位置。从采取剖面地貌仅高于东渭桥发掘地区地貌 2 m 左右分析,当时东渭桥两端连接在河漫滩上。河漫滩是在洪水期可淹没的谷底部分,所以采样剖面上部的土层包括了东渭桥建成之后的洪水期沉积。另据记载,公元 881 年渭河仍然流经此处,表明研究剖面在公元 881 年仍有沉积,之后不断北移。由此可以确定研究剖面沉积结束的年代约为公元 900 年,即距今 1100 年。关于研究剖面开始沉积的年代,据东渭桥建成年

代为距今 1273 年确定在 1273 年以前。据渭河大洪水发生的时间周期为 10 年左右和研究剖面中的 9 个洪水沉积层推算该剖面开始沉积的年代为距今约为 1400 年左右。在研究剖面向北约 2600 m 为现今的渭河河床。

#### 4 洪水沉积层粒度成分含量变化

按照由老到新的顺序,现将马坊滩剖面各层粒度成分含量变化(图 1)叙述如下。最下部的第 10 层为砂砾石层,粒径多为 3~8 cm。中砂平均含量为 35.2%。砾石平均含量为 31.9%。细砂平均为 7.5%。该层为河床相沉积,是剖面中粒度成分最粗的一层。

第 9 层以粗砂和中砂为主,中砂平均含量为 61.8%,粗砂平均含量为 32.7%,细砂平均含量为 4.0%,砾石与极细砂含量甚微,粒径也较第 10 层砾石小,粉砂与粘粒缺失。

第 8 层粗砂平均含量为 60.2%,中砂平均为 31.3%,细砂平均为 2.7%。极细砂平均为 3.24%。粉砂和粘粒缺失。该层是剖面中粒度仅次于第 10 层的粗粒层。

第 7 层细砂含量占首位,平均含量为 43.2%,极细砂平均含量为 41.4%,粗砂平均含量为 9.9%,中砂平均为 5.5%。

第 6 层以中粗砂为主,含少量砾石,较第 7 层变粗。粗砂平均含量为 50.17%。中砂平均为 37.3%,砾石平均含量为 3.9%,细砂与极细砂少量。

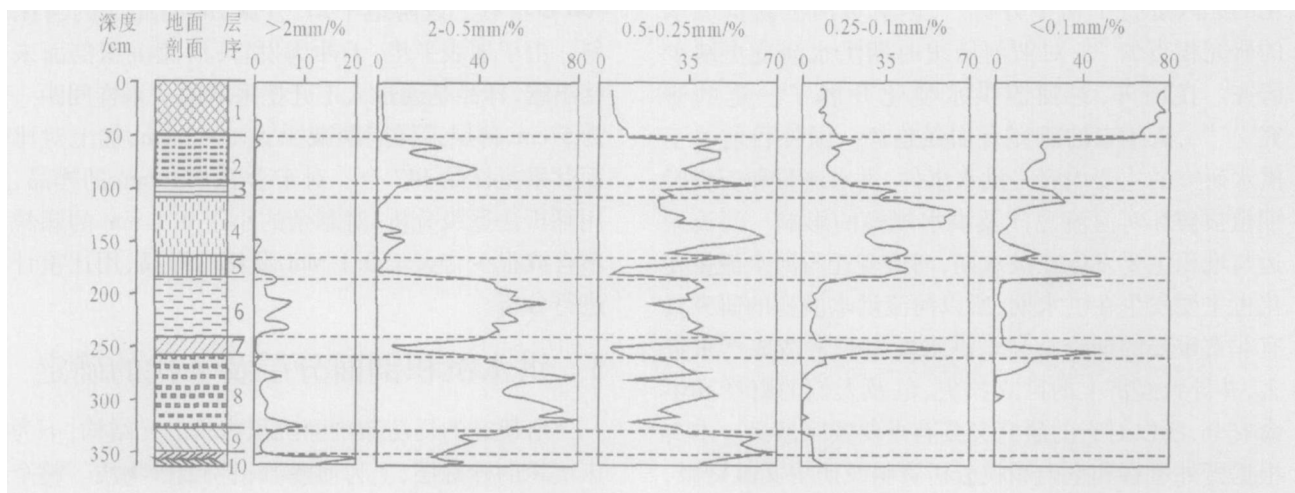


图 1 高陵马坊滩剖面不同层位粒度成分含量变化

Fig. 1 Content change of grain size in different layers from Ma Fangtan profile in Gao Ling  
1 粘土质粉砂; 2 中粗砂; 3 细砂和粉砂; 4 细砂; 5 细砂和中砂; 6 粗砂和中砂; 7 细砂和粗砂; 8 粗砂;  
9 中砂和粗砂; 10 砂砾石层

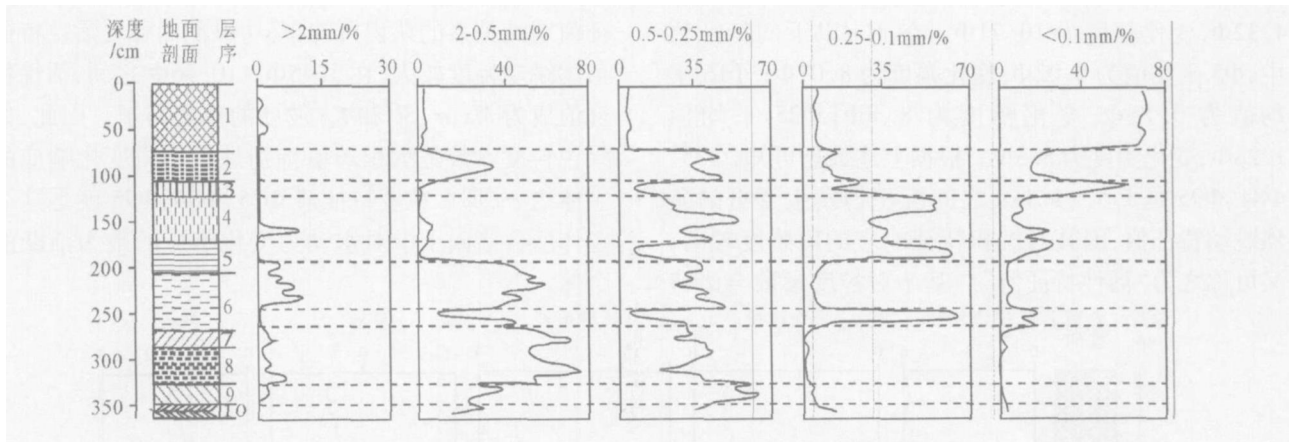


图 2 高陵白家咀剖面不同层位粒度成分含量变化(图例说明同图 1)

Fig 2 Content change of grain size in different layers from Baijiazhuo profile in Gaoling

第 5 层粒度变细, 极细砂占首位, 平均含量为 43.5%; 其次为细砂, 平均含量为 39.6%, 中砂平均含量为 15.35%, 另有少量粘粒和粗砂。

第 4 层粒度较第 5 层变粗, 细砂平均含量为 44.9%, 中砂平均含量为 42.3%, 极细砂平均含量为 9.1%, 粗砂和砾石平均含量分别为 3.4% 和 0.2%。

第 3 层粒度成分较第 4 层变细, 以细砂和极细砂为主, 细砂平均含量 36.1%, 极细砂平均含量 36.1%, 中砂平均含量为 26.6%, 粗砂少量, 平均为 5.3%。

第 2 层粒度成分变粗, 中、粗砂含量增加, 中砂平均含量为 43.3%, 粗砂平均含量为 22.8%, 极细砂平均含量为 19.1%。

第 1 层粒度成分变细, 极细砂和粉砂含量占优势, 两者平均为 81.1%。中砂平均含量为 7.0%, 粗砂含量甚微。

另外, 在据马坊滩剖面西约 1km 的白家咀剖面洪水沉积层 72 个样品的粒度分析结果显示的洪水变化(图 2)与马坊滩剖面基本相同。

## 5 粒度参数与粒度特征值的变化

### 5.1 粒度参数 $Mz$ 、 $Md$ 、 $\sigma$ 、 $Sk$ 、 $Kg$ 的变化

为了系统地查明高陵马坊滩剖面粒度分布规律及其与水动力之间的关系, 对剖面中的  $Mz$  (平均粒径)、 $Md$  (中值粒径)、 $\sigma$  (标准偏差)、 $Sk$  (偏度)、 $Kg$  (峰态)进行了计算, 并绘成图 3。从图 3 可以看出, 高陵马坊滩剖面 1.5~1.1ka 之间  $Md$ 、 $Mz$ 、 $\sigma$ 、 $Sk$ 、 $Kg$  的分布范围分别在  $0.05 \sim 5.82\Phi$ 、 $-0.86 \sim 6.61\Phi$ 、 $0.61 \sim 3.23\Phi$ 、 $-0.58 \sim 0.39\Phi$  和  $0.67 \sim 2.52\Phi$  之间。剖面中各层粒度参数很不相同, 不同粒度参数有

不同的指示作用。 $Mz$  代表着粒度分布的集中趋势, 反映水动力平均搬运能量。 $Md$  随着搬运距离的增加而减小, 可以敏感地反映水动力条件变化。 $\sigma$  反映沉积物颗粒的分选程度和水动力变化特点。一般说来,  $\sigma$  小, 反映分选好, 河水动力条件变化缓慢, 反之, 相反。 $Sk$  反映了沉积物中粗细颗粒占有的比例, 如沉积物偏粗时为正偏, 沉积物偏细时为负偏。 $Kg$  是用来说明与正态频率曲线相比时, 粒度分布曲线的尖锐或钝圆程度, 反映了颗粒粒径分布的集中程度。

从垂向上看, 马坊滩剖面粒度粗细韵律分布随深度的变化非常明显, 剖面中第 2、4、6、8 层粒度成分较第 1、3、5、7、9 层粗, 所显示的分选相对较好, 偏态较 1、3、5、7、9 层明显增高, 多呈正偏, 而剖面第 1、3、5、7、9 层多呈负偏。在剖面中峰态的变化不太明显。

### 5.2 粒度特征值 $\Phi_5$ 、 $\Phi_{16}$ 、 $\Phi_{25}$ 、 $\Phi_{50}$ 、 $\Phi_{75}$ 、 $\Phi_{84}$ 、 $\Phi_{95}$ 的变化

粒度参数  $Mz$ 、 $\sigma$ 、 $Sk$ 、 $Kg$  的大小取决于特征值  $\Phi_5$ 、 $\Phi_{16}$ 、 $\Phi_{25}$ 、 $\Phi_{50}$ 、 $\Phi_{75}$ 、 $\Phi_{84}$ 、 $\Phi_{95}$  大小。因此, 马坊滩剖面不同层位粒度参数的分布及其变化主要受到这些基本特征值的制约。为确定粒度参数与特征值之间的关系, 我们将马坊滩剖面 1.5~1.1ka 之间的粒度特征值绘制成图 4。马坊滩剖面粒度特征值最为显著的变化是 1.5~1.1ka 之间随着深度的变化表现出来的多次“跳动”(图 4)。而跳动的节奏几乎是与  $Mz$ 、 $\sigma$ 、 $Sk$  和  $Kg$  节奏合拍。若以  $\Phi_{50}$  为界, 其上下的特征值跳动幅度又有很大不同, 其上的特征值  $\Phi_{75}$ 、 $\Phi_{84}$ 、 $\Phi_{95}$  跳动幅度较大, 其下的特征值  $\Phi_5$ 、 $\Phi_{16}$ 、 $\Phi_{25}$  跳动幅度较小。在  $Md$  以上的特征值中,  $\Phi_{75}$  平均值为  $2.94\Phi$ , 变化幅度为  $7.10\Phi$ ;  $\Phi_{84}$  平均值为  $3.53\Phi$ , 变化幅度为  $9.27\Phi$ ;  $\Phi_{95}$  平均值为

4.32 $\Phi$ , 变化幅度为 10.71 $\Phi$ 。在  $M_d$  以下的特征值中,  $\Phi_{50}$  平均值为 0.02 $\Phi$ , 变化幅度为 8.07 $\Phi$ ;  $\Phi_{16}$  平均值为 0.86 $\Phi$ , 变化幅度为 8.8 $\Phi$ ;  $\Phi_{25}$  平均值 1.28 $\Phi$ , 变化幅度为 8.3 $\Phi$ 。根据上述数据可知,  $\Phi_{75}$ 、 $\Phi_{84}$ 、 $\Phi_{95}$  是 1.5~1.1ka 之间沉积物发生变更的激烈跳动特征值, 因其对沉积特征响应的敏感度较高, 又可称之为“活性特征值”。基于对粒度参数与诸特

征值属性关系的认识可知, 马坊滩剖面粒度活性特征值的跳动幅度较大, 在 3.45 $\Phi$ ~10.46 $\Phi$  之间, 活性特征值成为  $M_z$ 、 $\sigma$ 、 $S_k$  和  $K_g$  波动的重要因子。因此, 如果说粒度参数是沉积环境特别是水动力变化响应的主体之一, 那么粒度特征值  $\Phi_{75}$ 、 $\Phi_{84}$ 、 $\Phi_{95}$  就是这一主体所含诸因子中对水动力变化响应的最为活跃的个体。

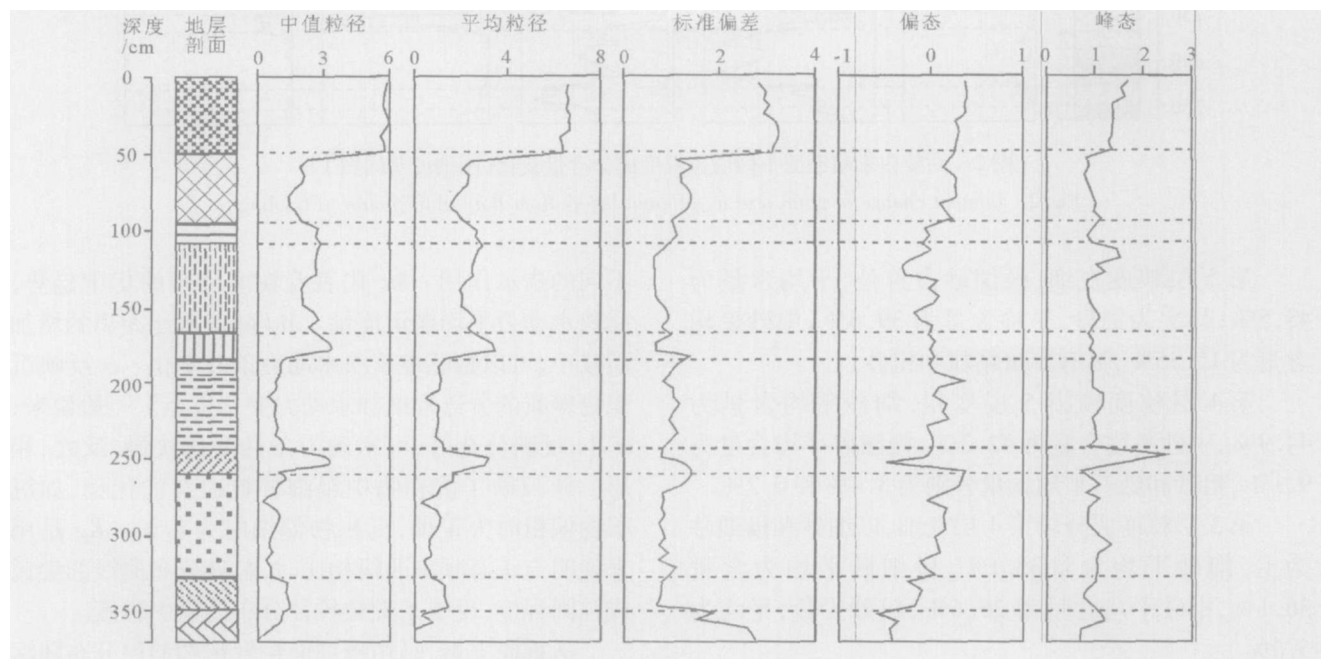


图 3 西安高陵马坊滩剖面粒度参数变化曲线 (图例同图 1)

Fig 3 Change curves of grain size parameter from Mafangtan profile in Gaoling

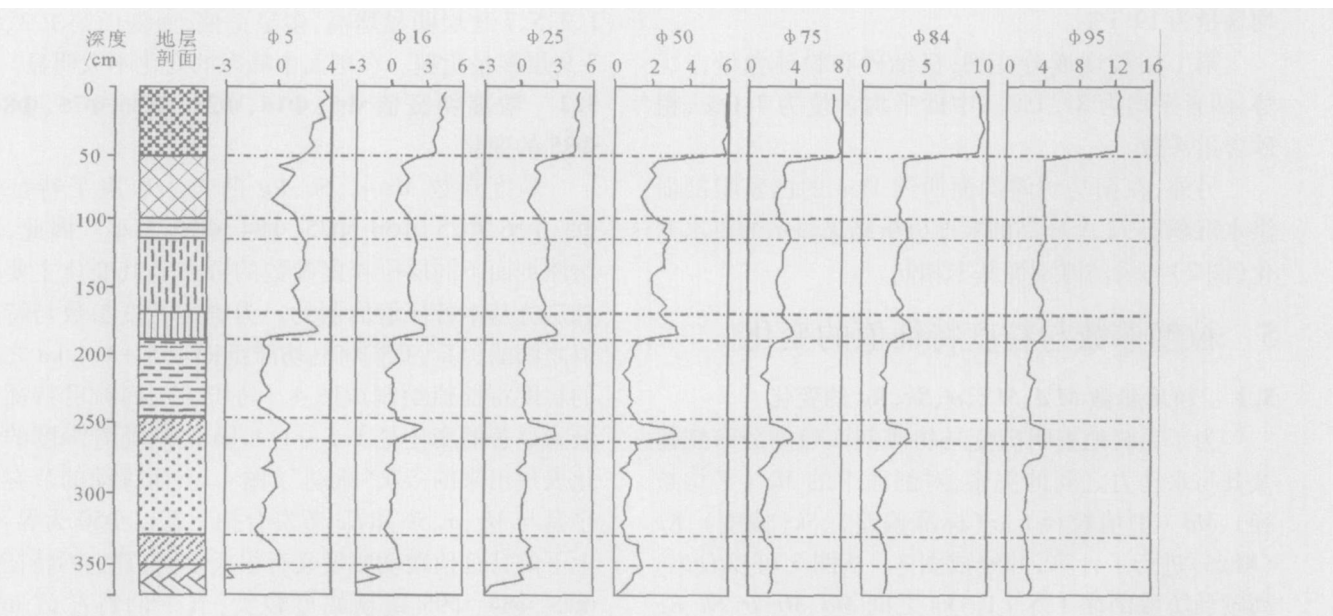


图 4 西安高陵马坊滩剖面  $\Phi_5$ 、 $\Phi_{16}$ 、 $\Phi_{25}$ 、 $\Phi_{50}$ 、 $\Phi_{75}$ 、 $\Phi_{84}$ 、 $\Phi_{95}$  的粒度变化曲线

Fig 4 Curves of grain size of  $\Phi_5$ 、 $\Phi_{16}$ 、 $\Phi_{25}$ 、 $\Phi_{50}$ 、 $\Phi_{75}$ 、 $\Phi_{84}$ 、 $\Phi_{95}$  from Mafangtan profile in Gaoling

## 6 讨论

### 6.1 河漫滩沉积与洪水的关系

河漫滩沉积一般为洪水沉积, 通常只有河床水流高出河漫滩之后才能形成此种沉积。洪水沉积记录的是发生洪水期的水动力和气候状况, 无洪水时则缺少这种沉积。在降水多的时期, 每年都可能发生洪水沉积, 我国南方的河流通常是这样的。在降水少的时期, 洪水一般发生在降水明显增多的年份, 我国北方的河流通常是这样的。西安、高陵近代渭河每 10 年左右出现一次大洪水。因此, 关中渭河洪水沉积是不连续沉积。从关中渭河 1981 年、1994 和 2003 年发生的较大的洪水状况来看, 较强的洪水一般发生在降水明显增多的时期。在历史时期, 由于降水比现代多, 洪水发生频率会比现代高。因为一年的洪水沉积厚度较小, 所以厚度较大的洪水沉积层应当是多次洪水沉积的结果。气候的变化造成了不同时期降水量的差异, 从而出现了强度不同的洪水阶段。

在 1400 年来的时期, 高陵渭河不断向北迁移, 迁移距离达 3 km。河床持续向一侧迁移有利于河漫滩上洪水沉积物的保存, 有利于完整记录洪水发生的阶段。因此, 渭河高陵段河漫滩洪水沉积物能较完整反映洪水与气候的变化。

### 6.2 影响洪水动力与河漫滩沉积粒度成分的因素

影响洪水沉积粒度成分的因素主要是气候与地形等因素。要用河漫滩沉积恢复洪水和降水变化, 需要弄清他们之间的关系。据河流动能计算公式  $E = 1/2MV^2$  可知, 流水动能 ( $E$ ) 与流速 ( $V$ ) 的 2 次方成正比, 与流量 ( $M$ ) 的一次方成正比。对同一河段而论, 流量大小取决于降水的多少, 降水多, 流量大, 反之, 则小。流速既取决于降水量变化, 又取决于构造运动引起的地形变化。降水多, 地形坡度大, 流速快, 反之, 则慢。对同一剖面 and 短的时间段来说, 构造运动引起的地形坡度变化很小, 可忽略它的影响。漫滩上的洪水深度也影响沉积物粒度成分, 漫滩上的洪水深度越大, 搬运的颗粒越粗, 沉积物的粒径越大。河漫滩高度的变化是影响粒度成分的重要因素。随沉积层的增多, 加厚, 河漫滩高度增加, 这会造成河漫滩上洪水沉积物粒径变小。河床宽度对漫滩洪水动力也有影响, 但渭河高陵段处在中、下游, 在同一地点河床宽度变化小, 漫滩上的洪水动力差异小。河床中的微地形对河床沉积粒度大小有影响, 但对较高漫滩上的沉积无影响。还需特别指出, 关中渭河是不断向下侵

蚀的河流, 无天然堤发育, 渭河在高陵地段持续向北迁移, 这些特点对根据河漫滩沉积物研究洪水变化非常有利。在该区渭河向北迁移过程中, 河床逐渐下切变低, 河漫滩逐渐抬高, 经过一定的发展过程, 就形成了只有在洪水期才能淹没的河漫滩。很显然, 在这样的河漫滩上形成的河流沉积物能够指示洪水的特点与变化。而在河漫滩处于较大的高度之后, 只有大洪水才能将其淹没并带来沉积物。因此, 在较高的河漫滩上形成的河流沉积物能够指示大洪水的特点。另外, 河漫滩宽度对河漫滩沉积物粒度成分也有影响。河漫滩宽度大, 相同流量的洪水由于水流在宽阔漫滩上分散, 水深较小, 动力较弱, 沉积物粒度较小。然而, 尽管影响河漫滩洪水动力的因素有多种, 但最终都要通过影响河漫滩洪水沉积物粒度成分的洪水深度和洪水动力表现出来, 所以根据河漫滩沉积物粒度成分能够确定洪水的深度和动力。而洪水深度决定洪水的规模, 因此根据河漫滩沉积物粒度成分能够确定洪水规模。

### 6.3 渭河洪水沉积物指示的洪水规模与特大洪水分析

在河床宽度和高度基本稳定的情况下, 洪水的规模主要由洪水水位高度或洪水深度决定。洪水位高, 洪水深度大, 淹没的范围广, 洪水规模就大。洪水深度包括河床水深与河漫滩水深。河漫滩上的水深受洪水沉积物加厚引起的地形增高影响。为进行不同阶段洪水深度对比, 需要以河床沉积砂砾石层顶面为基准来确定当时河床洪水深度。因为本文研究的剖面处在东渭桥附近, 所以在历史记载的河床迁离大桥之前形成的洪水沉积物形成于基本相同河床宽度的条件下。根据沉积学的原理, 我们提出以下 6 条确定洪水深度的标准。(1) 在地形高度相近的情况下 (如薄层沉积), 相邻粗粒层代表的河床洪水深度比细粒层大。(2) 如相邻层位的下层粒径比上层略大, 则者两层形成时的河床水深相近。(3) 如相邻的上层粒径比下层略大或明显大, 则上层形成时的河床水深比下层大。(4) 如是非相邻的层位, 在粒径相近或上层粒径大于下层粒径的情况下, 上层比下层形成时的水深大。(5) 如相邻层位的下部层位粒径比上部层位显著大, 而且由沉积造成的地形高度差别不大, 那么下层沉积物代表的水深通常比上层大。(6) 如要确定非相邻层位的洪水深度差别, 应先进行相邻层位的判别, 然后通过逐层对比来确定洪水的深度。虽然这些判别标准是定性的, 但对确定洪水的深度和规模有重

要作用, 获得的结果也是可靠的。

根据以上判别标准, 可判别马坊滩剖面洪水深度。马坊滩剖面中第 1、3、5、7、9 各层厚度仅为 0.2 m, 他们形成时的漫滩高度比其相邻的下部层位形成时的漫滩略高, 而其沉积物粒径则比相邻的下部层位明显大, 可以确定他们形成时的洪水深度比第 2、4、6、8 层洪水深度小。通过分析判别, 我们得出研究剖面中各层位代表的河床洪水深度与规模由大到小的顺序是: 第 2 阶段 > 第 6 阶段 > 4 阶段 > 第 8 阶段 > 第 3 阶段 > 第 1 阶段 > 第 5 阶段 > 第 9 阶段 > 第 7 阶段。通过对 2003 年渭河高陵大桥附近高出河漫滩顶面约 2 m 水深形成的沉积物 12 块样品的粒度分析可知, 该洪水沉积层中粗粉砂平均含量占 49.72%, 极细砂含量占 17.65%, 粘粒含量占 17.16%, 细粉砂占 12.40%。在充分考虑了沉积物厚度增加引起地形变高后确定, 马坊滩剖面中 9 个沉积层的粒度成分都大于 2003 年的洪水沉积物粒径, 表明这 9 个阶段发生时河漫滩上的洪水深度均大于 2m, 其中第 2、4、6、8 阶段发生时河漫滩上的洪水深度显著大于 2m。2003 年的洪水是大洪水, 显然上述 9 个阶段都是大洪水, 而洪水规模更大的第 2、4、6、8 阶段显然应为特大洪水阶段。

#### 6.4 渭河洪水发生的原因与降水量

洪水沉积可以是年降水量明显增加造成的, 也可以是年降水量没有增加而降水量集中造成的。对于沉积厚度大持续时间较长的洪水来说, 一般都是降水量增加造成的。当然, 降水量增加并不代表整个流域降水量都增加, 常常是流域内部分地区降水明显增加。如 20 世纪 50 年代以来渭河发生了 4 次大洪水, 1954 年的大洪水主要是渭河上游陇东地区和渭北黄土高原降水增加造成的, 1981 年的洪水是渭河中游两岸降水量增加造成的, 2003 年的洪水是渭河中下游年降水量由正常的 600 mm 左右增加到 880 余 mm 造成的。2005 年的洪水过程短暂, 这一年降水量并没有增加, 这次洪水是渭河中下游降水集中造成的。在 2003 年渭河高陵段洪水高出高漫滩顶面约 2 m 沉积了厚 10 cm 左右的粉砂层。由这一沉积层可知, 渭河高陵段在约 3 m 高的漫滩上形成 10 cm 左右厚度的粉砂沉积物就可能代表流域部分地区年降水量的明显增加。在 2000、2001 和 2002 年等正常降水年份, 高漫滩上无洪水沉积。从马坊滩河漫滩洪水沉积层的特征和厚度变化可知, 该剖面第 2、4、6、8 层不仅粒径比第 1、3、5、7、9 层大, 而且厚度也比第 1、3、5、

7、9 层明显大。由此推断, 厚度大的第 2、4、6、8 阶段洪水发生的原因应当是降水量的明显增加。从 2003 年关中渭河大洪水发生在年降水量 880 余 mm 的条件下推测, 那时年降水量应为 800 ~ 900 mm; 厚度小的第 1、3、5、7、9 阶段的洪水一般是降水量有一定增加或偶有降水集中造成的。在各洪水发生期之间应为降水量正常或降水量偏少的阶段。

## 7 结论

综上所述, 可得出以下初步结论:

(1) 高陵渭河约 1400 ~ 1100 年间洪水沉积分层明显, 对洪水的发生和短期降水量变化反映清楚, 分辨率高, 能够作为很好的指示洪水与降水量变化的指标。

(2) 渭河高陵段距今 1400 ~ 1100 年间发生了 9 次规模大的洪水, 其中第 2、4、6、8 阶段为特大洪水, 第 1、3、5、7、9 阶段为大洪水。

(3) 马坊滩剖面沉积时洪水深度、洪水规模和洪水动力比现今大, 这主要应当是当时降水量较多造成的。

(4) 渭河漫滩沉积厚度与粒度显示, 研究剖面中第 2、4、6、8 特大洪水阶段是降水量明显增加造成的, 第 1、3、5、7、9 洪水阶段主要是降水量有一定的增加造成的, 个别阶段是降水量集中造成的。第 2、4、6、8 特大洪水阶段年降水量应为 800 ~ 900 mm。

(5) 第 1、3、5、7、9 阶段的洪水位高出漫滩顶面为 2 m 左右, 第 2、4、6、8 阶段洪水高出漫滩顶面应明显大于 2 m。

## 参考文献 (References)

- 1 朱诚, 于世永, 卢春成. 长江三峡及江汉平原地区全新世环境考古与异常洪涝灾害研究. 地理学报, 1997, 52(3): 268 ~ 278 [Zhu Cheng Yu Shiyong Lu Chuncheng The study of Holocene environmental archaeology and extreme flood disaster in the three gorges of the Changjiang River and the Jianghan plain Acta Geographica Sinica 1997, 52(3): 268 ~ 278]
- 2 朱诚, 郑朝贵, 马春梅, 等. 长江三峡库区中坝遗址地层古洪水沉积判别研究. 科学通报, 2005, 50(20): 2240 ~ 2250 [Zhu Cheng Zheng Chaogui Ma Chunmei et al The study on ancient flood sediment at central dam ruins in the reservoir area of Three Gorges of the Yangtze River Chinese Science Bulletin 2005, 50(20): 2240 ~ 2250]
- 3 向立云. 洪水灾害特性变化分析. 水利发展研究, 2002, 12(2): 44 ~ 47 [Xiang Liyun Flood calamity property change analysis Water Resources Development Research 2002, 12(2): 44 ~ 47]

- 4 熊治平. 我国江河洪灾成因与减灾对策探讨. 中国水利, 2004 (7): 41~42 [Xiong Zhiping. The river flooding calamity cause and mitigation countermeasure discussion in China. China Water Resources, 2004 (7): 41~42]
- 5 施雅凤, 孔昭宸, 王苏民, 等. 中国全新世大暖期气候变化和重要气候事件. 中国科学 (B 辑), 1992, 22(12): 1300~1308 [Shi Yafeng, Kong Zhaochen, Wang Sumin, et al. Climatic change and important events during the Holocene Megathermal in China. Sciences in China (series B), 1992, 22(12): 1300~1308]
- 6 Zhao Jingbo. Middle Holocene and migration of climatic zone in the Guanzhong Plain of China. Soil Science, 2005, 170(4): 292~300
- 8 朱士光, 王元林. 历史时期关中地区气候变化初步研究. 第四纪研究, 1998, 18(1): 1~9 [Zhu Shiguang, Wang Yuanlin. Study on climate variations in the region of Guanzhong in the historical period. Quaternary Sciences, 1998, 18(1): 1~11]
- 9 史念海. 黄河流域诸河流的演变与治理. 西安: 陕西人民出版社, 1999. 315~320 [Shi Nianhai. Evolution and Administration of Rivers in Yellow River Catchment. Xi'an: People Press of Shaanxi, 1999. 315~320]
- 10 李有利, 傅建力, 杨景春, 等. 黄河水量明显减少对下游河流地貌影响. 水土保持研究, 2001, 8(2): 7~13 [Li Youli, Fu Jianli, Yang Jingchun, et al. Geomorphological effect of discharge reduction on the lower reaches of the Yellow River. Research of Soil and Water Conservation, 2001, 8(2): 7~12]
- 11 Michael J. Large floods and climatic change during the Holocene on the Ara River, Central Japan. Geomorphology, 2001, 39: 21~37
- 12 James C. Sensitivity of modern and Holocene floods to climate change. Quaternary Science Review, 2000, 19: 439~457
- 13 Dionysia P. Sensitivity of flood events to global climate change. Journal of Hydrology, 1997, 194: 208~222
- 14 Allens G. British Columbia flood scars: maximum flood-stage indicators. Geomorphology, 1996, 14: 319~325
- 15 王维申. 再论汉唐时代的长安渭河三桥. 中国历史地理论丛, 1999, (增刊): 225~234 [Wang Weishen. Discussion on three bridges built in Han and Tang Dynasties. Collections of Essays on Chinese Historical Geography, 1999, Suppl: 225~234]

## Study on Flood Changes of Weihe River at Mafangtan in Gaoling

ZHAO Jing-bo<sup>1,2</sup> LI Sheng-li<sup>1</sup>

(1 College of Tourism and Environment Science, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062)

2. Center of Historical Environment and Socio-Economic Development in Northwest China of Shaanxi Normal University, Xi'an 710062)

**Abstract** On the basis of the field investigation, grain size analyses for 147 samples from Mafang sections in valley flat in Gaoling and the historical record age material, flood and precipitation change between 1400 and 1100 years were studied. Ancient flood deposit layers of Weihe River in Gaoling is clear and can sensitively reflect the flood change and the short term rainfall change, and also can make up the insufficiency of the historical literature record. The grain composition and the grain size parameter show that there are at least 9 sedimentary layers of different grain composition in the section with 3.5 m thick in valley flat at Mafangtan in Gaoling, which indicates 9 great flood stages. Among them, 2nd, 4th, 6th and 8th layer is bigger in thickness and grain diameter than 1st, 3rd, 5th, 7th and 9th, and the flood scale was greater when the former 4 layers deposited than when the later 5 layers deposited. The scale of the 9 flood stages is greater than that in 2003, and 2nd, 4th, 6th and 8th flood stage are catastrophic flood stages. According to the sedimentary principle and difference of grain diameter of the 9 flood stages, the magnitude order of the 9 flood stages is 2nd > 6th > 4th > 8th > 3rd > 1st > 5th > 9th > 7th. The water depth on the valley flat during the 9 flood stages was above 2m, the flood depth, flood energy and flood magnitude are greater at that time than at present, and the origin of the 9 flood stages is the precipitation increased obviously at that time.

**Key words** Weihe River in Gaoling; river deposit; flood change; flood depth; climate change