

文章编号: 1000-0550(2007) 04-0597-06

咸阳渭河高漫滩沉积洪水变化研究

赵景波^{1 2} 周晓红¹ 孙贵贞¹

(1. 陕西师范大学地理系 西安 710062 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 根据咸阳高漫滩 XY 剖面中 116 个样品的粒度分析, 结合历史文献记载的年代资料得出, 渭河约 120 年来形成的高漫滩洪水沉积分层明显, 对洪水的变化反映清楚, 分辨率高, 能够作为很好地指示洪水变化的指标。XY 剖面最上层为 2003 年大洪水沉积, 最上层之下的其它 15 层为古代洪水发生时期形成的沉积层, 整个剖面记录了 16 次规模较大的洪水。XY 剖面随深度变化具有明显的粗细变化节律, 其中第 1、3、5、7、9、11、13、15 层粒度组成较第 2、4、6、8、10、12、14、16 层细。在充分考虑了因洪水沉积逐步叠加引起地形增高对粒度成分的影响之后, 可以确定这 16 个阶段洪水深度和规模由大到小的变化顺序为: 第 12 阶段 > 第 15 阶段 > 第 6 阶段 > 第 9 阶段 > 第 16 阶段 > 第 1 阶段 > 第 5 阶段 > 第 14 阶段 > 第 7 阶段 > 第 11 阶段 > 第 3 阶段 > 第 13 阶段 > 第 8 阶段 > 第 10 阶段 > 第 4 阶段 > 第 2 阶段。其中第 12、15、6、9、16 1 阶段的洪水规模较第 5、14、7、11、3、13、8、10、4、2 阶段洪水规模更大。根据 2003 年河漫滩上的洪水沉积层粒度成分和洪水深度为 2.2 m 左右确定, 所研究的剖面中第 6、9、12、15、16、1 层形成时的河漫滩上的洪水深度大于 2.2 m, 第 5、14、7、11、3、13、8、10、4、2 层形成时的洪水深度小于 2.2 m。通过与现代大洪水发生时同期年降水量的对比可知, 这些大洪水发生的主要是渭河流域一些地区当年降水量显著增加造成的。在这 16 个洪水阶段之间没有洪水发生的阶段是降水量正常或偏少的阶段。

关键词 西安地区 渭河 河漫滩沉积物 粒度成分 洪水变化

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@smmu.edu.cn

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

1 引言

河流是人类赖以生存的重要淡水资源, 与人类生存息息相关。由于洪水灾害威胁着人们的生命和财产安全, 它的研究受到了高度重视。历史时期洪水变化、水位高度和洪水规模的研究对揭示洪水时空变化有重要科学意义, 对现代防洪和减少洪水灾害造成的损失具有重要实际意义。

国内外许多学者致力于河流水文学研究, 其中对现代河流洪水的研究, 主要集中在洪水成因、对地貌的影响、河流泥沙、洪水灾害与防治等方面^[1~4], 并且取得了许多重要研究成果。我国学者根据历史文献与河流地貌对历史时期渭河河道变迁、河流侵蚀、渭河流量的相对变化与渭河作为运输航道的功能进行了许多研究^[5~8], 取得了重要成果。国外对古代河流洪水的研究多侧重于洪水事件和洪水对气候变化的反应以及流量的变化等方面^[9~12]。国内以往对渭河历史时期洪水动力和洪水规模及其变化研究很少, 也缺少以洪水沉积物为依据的研究。本文在详细的野

外考察基础上, 根据洪水沉积物颗粒成分分析并结合历史文献资料, 研究了咸阳约 120 年来洪水动力和洪水深度和规模等问题。

2 自然地理概况、剖面选择与采样

咸阳市处在关中平原中部, 气候温和, 四季分明, 年平均气温 13℃左右, 年降水量 600 mm 左右。在咸阳附近的渭河南侧有宽约 0.5~1 km 高漫滩发育, 滩面较平坦。通过野外调查和剖面对比, 我们在咸阳渭河南岸 1 号桥西侧大约 200 m 处的高漫滩上选择了一个保存完好的代表性剖面作为研究对象。剖面海拔高度 400 m 左右, 地处东经 107°39'~109°11', 北纬 34°12'~35°34'。该剖面高出河水位 4 m 左右, 高漫滩高出低漫滩约 3 m, 剖面为一天然陡坎, 在高漫滩底部的低漫滩上垂直下挖 1 m, 整个剖面厚 4 m。对整个剖面自上向下进行较高密度的系统采样, 采样间隔为 2~5 cm, 对厚度比较小的层位加大采样密度, 对厚度比较大的层位减小采样密度, 共采集样品 116 个。

3 研究剖面地层划分及其断代

XY 剖面主要由河漫滩相粗粉砂和细砂物质构成,中砂和粗砂少量,仅在剖面下部个别粗粒层位偶见细砾石。研究的 XY 剖面最上层均为最新洪水沉积,即 2003 年大洪水形成的沉积,最上层之下的其它 15 层为过去所形成的洪水沉积层。通过历史文献资料^[13]可知,在秦汉以来 2000 多年的历史时期,是渭河一级阶地与高漫滩形成的主要时期,此后渭河一直向北迁移,在南侧形成了宽 2~5 km 的河漫滩与一级阶地。根据历史文献记载,公元 1881 年渭河迁移到现在的位置,而在此之后河床是一直向北迁移的,由此可知高漫滩及其沉积物大约是近 120 年以来形成的。从关中渭河大洪水发生时间为 10 年左右分析,研究剖面开始沉积的年代为 100 余年。因此,研究剖面的年代为 120 年左右应是可信的。

4 咸阳 XY 剖面粒度组成和粒度参数变化

4.1 咸阳 XY 剖面粒度组成

分析结果(图 1)表明,各粒级综合反映出研究剖面可分为 16 层。第 1 层粗粉砂占首位,含量为 53.4%~56.8%,平均为 54.9%;极细砂含量在 28.7%~33.5%之间,平均为 31.5%;胶粒、粘粒、细粉砂和细砂少量,中砂和粗砂缺失。第 2 层以粗粉砂为主,含量在 43.3%~54.8%之间,平均为 47.8%;极细砂次之,含量在 33.5%~39.7%之间,平均为 37.1%;粘粒少量,细粉砂、细砂含量较第 1 层高约 1 倍。第 3 层粗粉砂占首位,含量在 52.91%~59.5%之间,平均为 56.9%;极细砂含量占第 2 位,含量在 27.4%~35.0%之间,平均为 30.3%;胶粒、粘粒、细粉砂和细砂少量,中砂含量甚微。第 4 层以粗粉砂为主,含量在 51.9%~64.7%之间,平均为 58.2%;极细砂较第 1、2、3 层少,含量在 6.3%~34.6%之间,平均为 22.3%;胶粒、细砂少量,粘粒和细粉砂含量均比第 3 层高约 1 倍。第 5 层以粗粉砂和极细砂为主,其中粗粉砂占首位,含量在 53.7%~58.6%之间,平均为 56.0%;极细砂较第 4 层稍高,含量在 25.3%~28.5%之间,平均为 27.2%;粘粒和细粉砂含量相对减少,细砂含量增加。第 6 层以粗粉砂和极细砂为主,其中粗粉砂占首位,含量在 53.7%~56.6%之间,平均为 55.4%;极细砂含量在 25.3%~28.5%之间,平均为 26.78%,稍低于第 5 层;粘粒和

细粉砂含量增加,细砂含量减少。第 7 层以粗粉砂和极细砂为主,其中粗粉砂占首位,含量在 52.1%~62.6%之间,平均为 57.3%;极细砂含量在 12.4%~31.9%之间,平均为 18.5%,较第 6 层少 8.3%;粘粒和细粉砂平均含量出现最高值,分别为 10.8%和 9.9%,细砂平均仅有 1.9%。第 8 层以粗粉砂和极细砂为主,其中粗粉砂占首位,含量在 48.7%~57.3%之间,平均为 51.8%;极细砂含量在 28.7%~37.3%之间,平均为 33.8%;粗粉砂含量较第 7 层低,极细砂含量较第 7 层高,粘粒和细粉砂含量分别减少到了 4.2%和 3.1%,细砂含量又有所增加。第 9 层仍以粗粉砂和极细砂为主,粗粉砂含量在 45.6%~56.4%之间,平均为 50.5%;极细砂含量在 29.4%~39.1%之间,平均为 34.6%;胶粒、粘粒、细粉砂和细砂含量均与第 8 层相当。第 10 层粗粉砂占首位,含量在 53.5%~54.9%之间,平均为 53.9%;极细砂含量在 31.5%~33.5%之间,平均为 32.6%;胶粒、粘粒和细砂少量。第 11 层粗粉砂含量达到最高,含量在 53.9%~71.3%之间,平均为 60.9%;极细砂含量相对减少,占 22.3%;胶粒、粘粒和细粉砂含量增加,细砂含量减少。第 12 层粗粉砂减少,极细砂和细砂含量稍有增加,粗粉砂含量在 45.4%~51.0%之间,平均为 48.4%;极细砂含量在 32.5%~37.1%之间,平均为 35.1%;细砂含量在 6.3%~9.7%之间,平均为 7.7%。第 13 层以粗粉砂和极细砂为主,粗粉砂含量在 39.9%~46.0%之间,平均为 43.1%;极细砂含量在 34.3%~39.7%之间,平均为 37.2%;细砂含量增加,在 8.5%~14.7%之间,平均为 11.4%;中砂含量较上层增加,平均为 0.3%。第 14 层粗粉砂含量在 46.0%~47.7%之间,平均为 46.8%;极细砂含量在 33.5%~37.3%之间,平均为 35.3%;细砂含量在 8.5%~8.8%之间,平均为 8.6%;胶粒、粘粒、细粉砂和粗粉砂平均含量都有所增加,细砂含量减少。第 15 层粗粉砂占首位,含量在 46.6%~54.4%之间,平均为 50.9%;极细砂含量在 27.6%~35.9%之间,平均为 31.6%;细砂含量在 4.2%~10.6%之间,平均为 7.4%;粘粒和细砂含量相对减少,出现极少量中砂和粗砂。第 16 层以粗粉砂和极细砂为主,粗粉砂含量在 47.1%~54.8%之间,平均为 51.1%;极细砂含量在 22.4%~31.5%之间,平均为 27.4%,含量较第 15 层减少;细砂含量在 3.9%~9.9%之间,平均为 6.6%;胶粒、粘粒、细粉砂含量增加,含有极少量中砂。

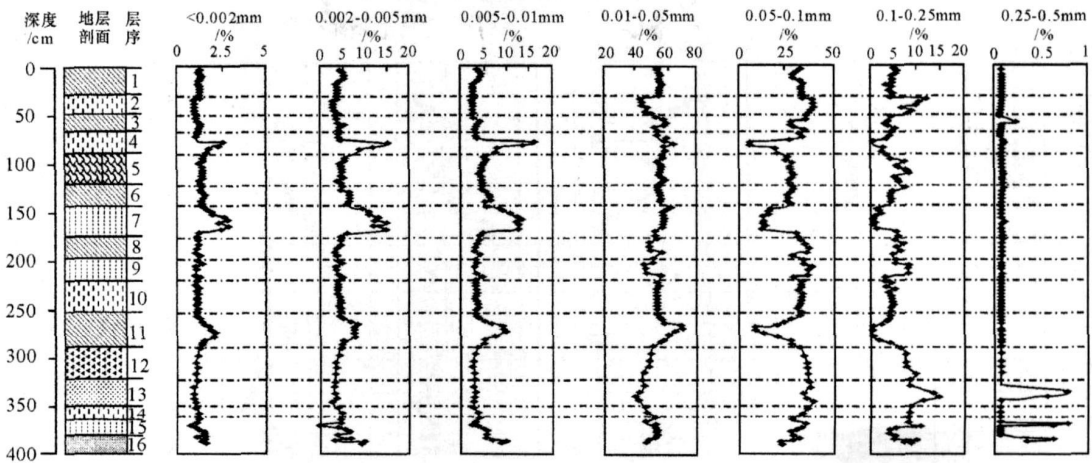


图 1 咸阳渭河 XY 剖面各层位颗粒百分含量

Fig. 1 Content change of grain size in different layers from XY profile in Xi'an yang

1 极细砂、粗粉砂层; 2 细砂、极细砂、粗粉砂层; 3 极细砂、粗粉砂层; 4 粘粒、细粉砂、粗粉砂层; 5 细砂、极细砂、粗粉砂层; 6 极细砂、粗粉砂层; 7 粘粒、极细砂、粗粉砂层; 8 细砂、极细砂、粗粉砂层; 9 细砂、极细砂、粗粉砂层; 10 极细砂、粗粉砂层; 11 粘粒、细粉砂、粗粉砂层; 12 细砂、极细砂、粗粉砂层; 13 细砂、极细砂、粗粉砂层; 14 细砂、极细砂、粗粉砂层; 15 极细砂、粗粉砂层; 16 细砂、极细砂、粗粉砂层

4.2 咸阳 XY 剖面粒度参数和粒度特征值的变化

计算并绘制成图 2 由图 2 可知, M_d 、 M_z 、 σ 、 Sk 、 Kg 平均值为 4.97、5.06、1.16、0.01、0.13 表明该剖面峰态很宽, 偏度近对称, 标准偏差表明分选较差。

对咸阳 XY 剖面中值粒径 (M_d)、平均粒径 (M_z)、标准偏差 (σ)、偏度 (Sk)、峰态 (Kg) 进行分析、

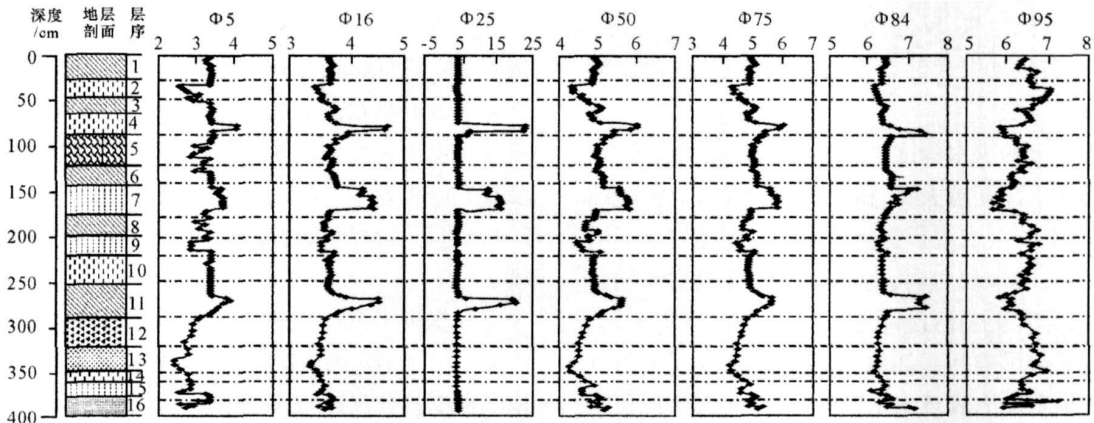


图 2 咸阳渭河 XY 剖面粒度参数变化曲线 (图例同图 1)

Fig. 2 Variation curves of grain size parameter from XY profile in Xi'an yang

5 讨论

5.1 河漫滩沉积物的形成

构成河漫滩的物质包括河流水位上升淹没河漫滩形成的洪水沉积、河漫滩形成后的冲沟沉积和沙尘暴带来的沉积。其中最主要的是洪水期淹没河漫滩形成的洪水沉积, 这种沉积显然代表了洪水发生过程, 能够指示洪水动力和洪水位高度。沙尘暴沉积在西北地区的河漫滩上普遍存在, 但由于短期内沉积很薄, 加之洪水的改造, 已成为洪水沉积的一部分。冲

沟沉积分布在低洼处, 不能代表河流洪水过程。河漫滩上偶尔还有牛轭湖沉积, 这种沉积也不能很好指示洪水过程。在我们研究的剖面中, 未见冲沟沉积和牛轭湖沉积, 所以整个剖面均为洪水沉积。西安、高陵近代渭河一般每 10~15 年左右出现一次大洪水, 所以关中渭河洪水沉积是不连续沉积, 这也是我国北方河流洪水沉积的共同特点。

5.2 决定河漫滩沉积粒度成分的因素

决定洪水沉积粒度成分的关键因素是洪水动力, 影响水动力的因素主要是气候、地形和构造运动等多

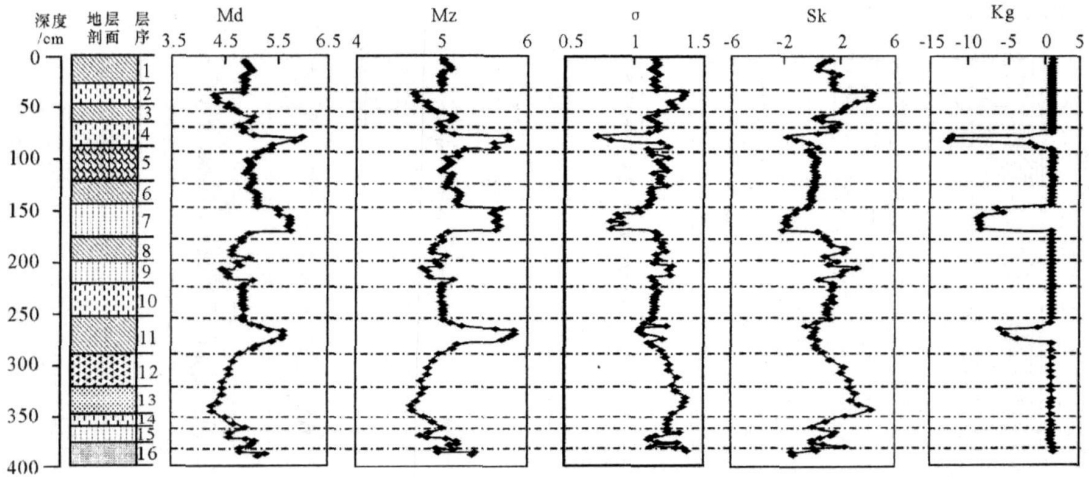


图 3 咸阳渭河 XY 剖面粒度特征值的变化 (图例同图 1)

Fig. 3 Characteristic value change of grain size from XY profile in Xianyang

种因素。要用河漫滩沉积恢复洪水和降水量变化, 需要弄清楚它们之间的关系。河流动能主要取决于流速和流量^[14]。对同一河段而言, 流量大小取决于一定地区降水量的多少, 降水量多, 流量大, 反之, 则小。流速既取决于流量变化, 又取决于地形坡度, 流量多, 地形坡度大, 流速快, 反之, 则慢。对同一河段较短时间来说, 构造运动引起的地形坡度变化很小, 可忽略它的影响。

河漫滩上的洪水深度也影响沉积物粒度成分, 河漫滩上的洪水深度越大, 沉积物的粒径越大。河漫滩高度大, 其上的洪水沉积物粒径变小。河床宽度与河漫滩宽度大, 洪水动力弱, 河漫滩上的沉积物粒径越小。然而, 尽管影响河漫滩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, 洪水深度大则淹没的范围广, 洪水规模大, 因此在考虑了河床宽度变化之后根据河漫滩沉积物粒度成分能够确定洪水规模。

5.3 洪水沉积物与洪水阶段划分

在洪水沉积物粒度分层中, 有的相邻层位粒度成分相差较大, 有的相邻层位粒度成分差异较小, 有的相邻层位具有过渡性, 介于两个层位之间, 如何根据粒度成分的变化划分洪水期次值得讨论。对于粒度差异明显的沉积层, 可以确定各层代表了洪水动力差异明显的洪水期。假如两次洪水动力相近, 那么形成的洪水沉积层粒度相差较小, 它们同样代表了不同的洪水阶段。关于粒度具过渡性的层位, 是一次洪水变

化造成的还是不同期次洪水造成的, 这取决于过渡性层位的厚度, 厚度较大的过渡层一般代表了独立的一次洪水, 厚度很小的过渡层位可能是一次洪水末期形成的。此外, 对于粒度成分相同但颜色存在明显差异的沉积层, 它们也代表了不同期次的洪水。这些标准是本文划分洪水期次的依据。根据这些标准, 我们将咸阳 XY 剖面划分出 16 个洪水阶段。在咸阳高漫滩剖面中没有洪水发生的阶段是降水量正常或偏少的阶段。由于一次大洪水通常代表了一年的时间, 所以没有大洪水发生的阶段持续时间更长。

5.4 渭河洪水沉积物粒度成分指示的洪水位高度与规模

根据洪水沉积物的粒径大小、当时的地形高度和河床宽度, 能够定性确定洪水位的高度差异和洪水规模。根据现代洪水沉积物粒径和现代洪水位之间关系的研究, 可定量确定洪水位高度。在河床宽度基本不变的情况下, 洪水位高度大, 洪水过程长 (沉积厚度大) 指示洪水规模大。根据沉积学原理, 我们提出以下 6 条确定洪水位高度的标准: (1) 在地形高度相近的情况下 (如薄层沉积), 相邻的粗粒层比细粒层代表的洪水位高度大。(2) 如相邻层位的下层粒径比上层略大, 则两层形成时的洪水位相近。(3) 如相邻的上层粒径比下层略大或明显大, 则上层形成时的洪水位高度比下层大。(4) 如是非相邻的层位, 那么在粒径相同、相近或上层粒径大于下层时, 上层比下层形成时的洪水位高度大。(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太大, 那么下层沉积物代表的洪水位高度

通常比上层大。(6)如要确定非相邻层位的洪水水位高度差别,最好先进行相邻层位的判别,然后通过逐层对比来确定洪水水位高度。虽然这些判别标准是定性的,但确定的结果是可靠的。这些标准对确定洪水的相对深度和规模是很重要的。

上述标准能够作为我们确定古洪水水位高度的重要标准。通过对比得知,在充分考虑了因洪水沉积叠加引起地形增高对粒度成分的影响之后,可以确定 XY 剖面 16 个阶段洪水水位高度和规模由大到小的变化顺序,依次为第 12 层 > 15 层 > 6 层 > 9 层 > 16 层 > 1 层 > 5 层 > 14 层 > 7 层 > 11 层 > 3 层 > 13 层 > 8 层 > 10 层 > 4 层 > 2 层。根据 2003 年河漫滩上的洪水沉积层的粒度成分和形成时的洪水深度为 2.2 m 左右确定,所研究的剖面中第 6、9、12、15、16、1 层粒度比 2003 年洪水沉积粒度大,这 6 层形成时河漫滩上的洪水深度大于 2.2 m,第 5、14、7、11、3、13、8、10、4、2 层形成时的洪水深度小于 2.2 m。

5.5 洪水发生的主要原因

对洪水发生起作用的因素较多,包括流域内的气候、地形条件以及人类的社会经济行为等,其中气候是最主要的原因。

根据我们收集到的资料分析可知,气候对洪水的影响表现在以下三方面。一是年降水量基本没有增加,而降水量的集中形成的大雨和暴雨造成了洪水的发生。渭河流域属于大陆性季风气候,冬季干燥寒冷,夏季气温高、降水多。该区降水的年内变化较大,主要的降水集中在夏、秋季,降水量的分配很不均匀。在这种情况下,年降水量不增加甚至略有减少有时也会有洪水发生。小规模短暂洪水常常是降水量集中和暴雨形成的结果。由于降水量集中产生的洪水规模较小,所以咸阳高漫滩沉积代表的大洪水一般不是这种原因造成的。二是当年降水量明显增加引起的洪水。在一年内持续时间较长的大洪水常常是持续较长的强降雨过程造成的,这种强降雨过程持续数十天,这种原因引起的洪水指示了当年气候变得湿润。如 2003 年关中平原几次大的降雨过程共持续了近 50 天^[15],这一年的降水量由正常的 600 mm 左右增加到了 883 mm,造成了大洪水及其灾害的发生。在较短的历史时期内,这种情况是最常发生的,1954 和 1981 年的大洪水也是当年降水量增加的结果。这种原因是造成咸阳高漫滩大洪水的主要原因。需要指出的是,当年降水量的增加并不代表整个流域降水量都增加,常常是流域部分地区降水量增加。如

1954 年的渭河大洪水主要是渭河上游和渭北降水增加所致,1981 年的洪水是渭河中游降水增加造成的,2003 年的洪水是渭河中下游年降水增加造成的。三是气候在数年或更长时期内降水量明显增加引发的洪水,这种洪水指示气候在数年或更长时期内变得湿润。根据历时文献记录可知,气候在数年或更长时期内变得湿润的机率相当小,不是造成咸阳近 100 余年来大洪水的主要原因。

6 结论

通过以上分析,可以得出以下结论:

(1) 渭河约 120 年来洪水沉积分层明显,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和降水量变化的指标。沉积物的粒度成分反映了沉积时期水动力的变化,粒度成分较粗,指示沉积时期水动力大;粒度成分较细,指示沉积时期水动力小。

(2) XY 剖面最上层为最新洪水沉积,即 2003 年大洪水沉积,最上层之下的其它 15 层为过去洪水发生时期形成的沉积层,整个剖面指示了 16 次大小不同的洪水发生期。

(3) XY 剖面随着深度具有明显的粗细变化节律。其中 XY 剖面第 1、3、5、7、9、11、13、15 层粒度较第 2、4、6、8、10、12、14、16 层细,在充分考虑了因洪水沉积叠加引起地形增高对粒度成分的影响之后,可以确定这 16 个阶段洪水深度和规模由大到小的变化顺序为:第 12 阶段 > 第 15 阶段 > 第 6 阶段 > 第 9 阶段 > 第 16 阶段 > 第 1 阶段 > 第 5 阶段 > 第 14 阶段 > 第 7 阶段 > 第 11 阶段 > 第 3 阶段 > 第 13 阶段 > 第 8 阶段 > 第 10 阶段 > 第 4 阶段 > 第 2 阶段。其中第 12、15、6、9、16、1 阶段的洪水规模比第 5、14、7、11、3、13、8、10、4、2 阶段洪水规模更大。

(4) 根据 2003 年河漫滩上的洪水沉积层形成时的洪水沉积粒度和洪水深度为 2.2 m 左右确定,所研究的剖面中第 6、9、12、15、16、1 层形成时的河漫滩上的洪水深度大于 2.2 m,第 5、14、7、11、3、13、8、10、4、2 层形成时的洪水深度小于 2.2 m。这些大洪水的发生主要是渭河流域一些地区当年降水量的明显增加造成的。

(5) 在咸阳高漫滩剖面中 16 个洪水阶段之间则是没有洪水发生的阶段,这些阶段是降水量正常或偏少的阶段。

参考文献 (References)

- 1 Knox J.C. Large increases in flood magnitude in response to modest changes in climate. *Nature*, 1994, 361: 410-437
- 2 王国庆, 王云璋. 渭河流域产流产沙模型及径流泥沙变化原因分析. *水土保持学报*, 2000, 14(4): 22-25 [Wang Guoqing, Wang Yunzhang. Analysis on causes of runoff and sediment variation in Weihe Basin based on hydrological model. *Journal of Soil Water Conservation*, 2000, 14(4): 22-25]
- 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. Characteristic analysis of flood disaster. *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. A discussion on cause of flood disaster and countermeasure reducing natural disasters. *China Water Resources*, 2004, 7: 41-42]
- 5 王元林. 历史上黄渭洛汇流区河道变迁及沿岸的治理开发. *地域研究与开发*, 1997, 16(2): 87-92 [Wang Yuanlin. Riverbed change in converging area among Yellow River, Weihe River and Luo River and administration. *Areal Research and Development*, 1997, 16(2): 87-92]
- 6 甘枝茂, 桑广书, 甘瑞. 晚全新世渭河西安段河道变迁与土壤侵蚀. *水土保持学报*, 2002, 16(2): 129-132 [Gan Zhima, Sang Guangshu, Gan Rui. Watercourse changes and soil erosion of Weihe River along Xi'an reaches in the Late Holocene. *Journal of Soil Water Conservation*, 2002, 16(2): 129-132]
- 7 李键超. 一千五百年来渭河中下游的变迁. *西北历史资料*, 1980, 3: 68-78 [Li Jianchao. Migration of middle and low reaches since fifteen hundred years. *Northwest Historical Material*, 1980, 3: 68-78]
- 8 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. Change of the Rivers in Yellow River Catchment and Administration. Xi'an: Shaanxi People Press, 1999. 315-320]
- 9 Dionysia P. Sensitivity of flood events to global climate change. *Journal of Hydrology*, 1997, 191: 208-222
- 10 Allens G. British Columbia flood scars: maximum flood-stage indicators. *Geomorphology*, 1996, 14: 319-325
- 11 Michael J. Large floods and climatic change during the Holocene on the Ara River, Central Japan. *Geomorphology*, 2001, 9: 21-37
- 12 James C. Sensitivity of modern and Holocene floods to climate change. *Quaternary Science Review*, 2000, 19: 439-457
- 13 高陵县地方志编纂委员会. 高陵县志. 西安: 陕西人民出版社, 2000 [Board Compiling Local Chronicles of Gaoling County. *Gaoling Chronicles*. Xi'an: Shaanxi People Press, 2000]
- 14 谢又予. 沉积地貌分析. 北京: 海洋出版社, 2000. 3-4 [Xie Youyu. Analysis of Sedimentary Geomorphology. Beijing: Ocean Press, 2000. 3-4]
- 15 蒋昕晖, 霍世青, 刘龙庆, 等. 2003年渭河洪水特性分析. *人民黄河*, 2004, 26(1): 24-27 [Jiang Tinghui, Huo Shiqing, Liu Longqing, et al. Flood characteristic analysis of Weihe River in 2003. *People Yellow River*, 2004, 26(1): 24-27]

Research on Flood Change Indicated by Deposit in High Valley

Flat Profile of Weihe River in Xianyang

ZHAO Jing-bo^{1,2} ZHOU Xiao-hong¹ SUN Gui-zhen¹

(1 Department of Geographical 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 analysis of 116 samples in grain size from high valley flat section in Xianyang and historical book material of Weihe migration time, we knew that the delamination of 120 years' flood deposition of Weihe River is obvious and can be regarded as an indicator of flood and change. The XY profile indicated that there are 16 flood deposition stages, including the top major flood deposition layer formed in 2003 and the other 15 flood deposition layers formed in the ancient flood stages. There is an obvious variety rhythm of granularity along with the depth in the XY. The granularity in the 1st, 3rd, 5th, 7th, 9th, 11th, 13th and 15th layer was thinner than the 2nd, 4th, 6th, 8th, 10th, 12th, 14th and 16th layer in the XY profiles. After thinking over the effect of the heightening landform caused by the accumulating deposition thickness on grain size composition, the order of flood depth and the flood scale of these 16 flood stages was 12th > 15th > 6th > 9th > 16th > 1st > 5th > 14th > 7th > 11th > 3rd > 13th > 8th > 10th > 4th > 2nd > . The 12th, 15th, 6th, 9th, 16th and 1st were the catastrophic flood stages and the 5th, 14th, 7th, 11th, 3rd, 13th, 8th, 10th, 4th and 2nd were the big flood stages. The origin of the flood was obviously increased of annual rainfall at the year in some areas in the Weihe basin. The stages in which no flood occurred in high valley flat were of normal rainfall or less rainfall.

Key words Xi'an Area, Weihe River, valley flat deposit, flood change, grain size characteristics