

渭河渭南段高漫滩沉积记录的洪水研究

赵景波^{1,2)}, 郝耀闯³⁾, 周旗³⁾

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, 710075;

2) 陕西师范大学旅游与环境学院, 西安, 710062;

3) 宝鸡文理学院地理系, 陕西宝鸡, 721013

内容提要: 本文根据渭河渭南段两个典型高漫滩沉积剖面中和 2005 年洪水沉积中 376 个样品的粒度分析, 并结合历史文献资料研究了高漫滩沉积层代表的洪水变化。结果表明, 渭河高漫滩洪水沉积以粉砂和极细砂为主, 分层明显, 分辨率高, 能够指示洪水频次、洪水位高度和洪水动力。两个剖面厚度为约 5.3m, 均可分为 19 个层位, 指示至少发生了 19 次较大规模的洪水。粒度分析确定的 19 个洪水阶段与历史文献记录的大洪水阶段基本一致。粒度参数 Md 、 Mz 、 σ 、 Sk 、 Kg 在剖面各层差异明显, 也指示了各阶段洪水的差异。其中 WN1 剖面中第 15、14、10、3、12、4、13、6、8、2 阶段洪水发生时高漫滩上的洪水深度大于 2005 年渭南渭河高漫滩上 1.6m 的洪水深度, 当时河床之上的洪水深度大于 8.1m, 其余洪水阶段发生时河床之上的洪水深度接近或略小于 8.1m, 是当时发生了大洪水或中等规模洪水的显示。根据渭河流域近代大洪水发生年的降水条件确定, WN1、WN2 剖面多数阶段洪水的发生是当年降水量的显著增加造成的。

关键词: 渭河洪水; 河漫滩沉积; 粒度成分; 陕西渭南

国内外许多学者对河流古代和现代洪水进行了研究, 并且取得了许多重要成果(朱诚等, 1997; 李柏年, 2005; 黄会平等, 2007; Knox, 1994; Edwards et al., 1999; James, 2000)。国外对河流古洪水的研究大多数侧重于洪水事件和沉积物特征等方面的研究。Benito 等(2008)利用西班牙古洪水和洪水冲积平原记录找到了较长时期气候和环境变化的证据。Laronne 等(2007)研究了裂谷中洪水事件的沉积特征, 认识到沉积物的厚度随洪水的规模增加而增加。Sroubek 等(2007)利用洪水沉积物中的磁化率研究了历史时期气候变化记录, 得出了沉积物中亚铁矿物磁化率系数和集中变化程度与剖面中的侵蚀参数呈正相关的结论。Lecce 等(2004)利用历史时期洪水沉积物研究了沉积物颗粒特征的时空变异, 认识到洪水沉积物中颗粒粒径的大小具有时空变异性并受到原始颗粒物成分的影响。Zielonka 等(2007)利用 58 个在洪水时期由木片残骸或运移石块造成的树轮疤痕, 研究了 1928~2005 年 17 次洪水事件的发生过程, 认识到洪水事件是受多种因素的影响, 其中仲夏的强降水和山上积雪的快速消融是造成该时

期洪水事件的主要因素。在国外, 进行水文模拟研究的也较多, 如 Starkel 等(2006)根据温度与降水量变化的关系, 模拟了流域日输出量。

国内研究者对西北地区气候变化与现代洪水进行了许多研究, 特别是对洪水发生原因、造成灾害(蒋昕晖等, 2003; 张艳玲等, 2002; 王春丽等, 2006)、人为影响(周魁一, 1999; 黄修山等, 2003)和防治洪水灾害的措施(吴强等, 2003; 邢大韦等, 2004)进行了较多研究, 对河流与构造运动、土壤侵蚀的关系、河流堆积与河道变迁也进行了许多研究(甘枝茂等, 2002; 王旭仙等, 2003; 桑广书, 2005; 史念海等, 1999), 并取得了许多重要认识。到目前为止, 对关中渭河历史时期洪水演变进行的研究还较少, 对历史时期大洪水水位高度、洪水搬运动力和洪水指标的研究则更少。河流搬运、堆积与河道变迁主要发生在洪水期, 所以河流洪水演变的研究具有重要理论意义, 对洪水灾害预测和防治有重要现实意义。本文在详细的野外调研基础上, 对渭南渭河高漫滩沉积剖面 and 2005 年洪水沉积进行了采样分析, 以查明渭南地区近代大洪水的演变和洪水搬运动力等问

注: 国家自然科学基金项目(编号 40571004)、中科院黄土与第四纪地质国家重点实验室项目(编号 SKLLQG0814)的成果。

收稿日期: 2008-05-21; 改回日期: 2008-11-20; 责任编辑: 章雨旭。

作者简介: 赵景波, 男, 1953 年生。博士, 教授, 博士生导师。主要从事第四纪与自然地理研究。通讯地址: 710062, 西安市陕西师范大学旅游与环境学院; 电话: 029-85307825; Email: zhaojb@snnu.edu.cn。

题。

1 渭南地区自然地理概况和采样

渭河是黄河的最大支流,位于我国西北黄土高原的东南地区,发源于甘肃省渭源县的鸟鼠山,于陕西潼关注入黄河,全长 818 km。渭河流域包括甘肃、宁夏、陕西三省区 13 个地区 86 个县市,总面积 134766km²,其中甘肃占 44%,宁夏占 6%,陕西占 50%。渭河流域年平均气温 6~14℃,年平均降水量 450~700mm。多年平均径流量 102×10⁸ m³,年内变化与降水相似。6~10 月为汛期,多暴雨,降水强度大,其中 7、8、9 月大汛期间的径流占全年的 60%~70%。年平均流量 323 m³/s,而实测最大洪峰流量 7660 m³/s(1954 年),调查最大洪峰流量 10800 m³/s(1898 年)。渭河流域地貌复杂,山地包括横贯陕甘的秦岭山脉北坡及六盘山、陇山,断陷盆地包括关中冲积平原及黄土高原,黄土高原包括陇东、宁南、陕北的高原沟壑及丘陵沟壑区。河源至宝鸡峡出口为上游,长 430 km,河道狭窄,川峡相间,水流急湍,平均比降 1/260。宝鸡峡至咸阳铁桥为中游,长 177 km,河床宽浅,沙洲较多,比降由 1/500 逐渐变缓为 1/1500。咸阳至潼关河口为下游,长 211 km。

本文研究的渭南地区地处渭河下游,属暖温带半湿润季风气候,四季分明,光照充足,雨量适宜。年均气温 11.3~13.6℃,年雨量为 529~638mm。在渭南渭河段,渭河平水期水深约为 1~1.7m,河宽约 1km。在河床南北两侧有宽广的高漫滩发育,宽约 0.5~1km。滩面较平坦、开阔,高漫滩顶面高出河床平水位 5.3m。采样期间河床水深约 1.2m,所以高河漫滩顶面高出河床底面 6.5m。

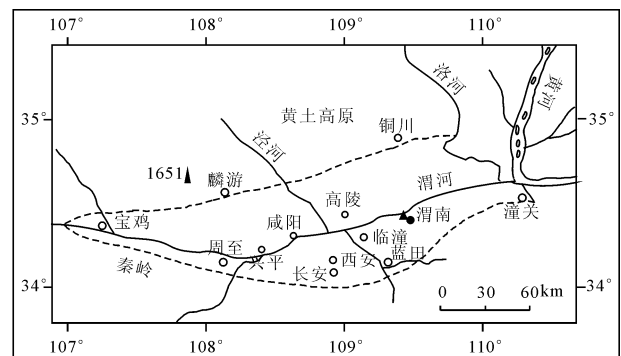


图 1 陕西渭南采样剖面位置

Fig. 1 Location of sampled profiles in Weinan, Shaanxi

我们在渭河渭南段沙王渡桥和上涨渡桥之间的高漫滩上选择了两个保存良好的剖面—WN1 和 WN2 剖面(图 1)作为研究对象。在详细观测的基础上,对整个剖面自上而下进行较高密度、系统采样,采样间隔均为 2~5cm,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。在 WN1 剖面共采样 176 个,WN2 剖面共采样 180 个。为建立确定古洪水规模和洪水深度的标准,另外,我们还在 WN2 剖面西侧 200 m 处选择了两个 2005 年大洪水沉积剖面以 2 cm 间距进行采样,共采集样品 20 个。

2 研究剖面地层划分及断代

WN1、WN2 剖面沉积物均具有二元结构,下层为河床相沉积的粗砂层,上层为河漫滩相粉砂物质。上部沉积物细而松散,下部河床相沉积的粒度一般为粗砂,未见砂砾石层,这应当与渭南位于渭河的下游,洪水搬运动力减弱有关。剖面粒度组成以粉细砂为主,灰黄色,具水平层理,由于粒度差异较小,宏观分层不太清楚。河漫滩相沉积厚度为 5.3~5.5m。河漫滩相洪水沉积共分 19 层,各层特征将在后面详细讨论。

根据 2005 年的野外调查可知,研究剖面中的第 1 层是 2005 年的大洪水沉积形成的。根据高陵县志文献记载,位于渭南西侧的高陵渭河不断由南向北迁移,在 1881 年从南部迁移到现在的河床位置(高陵县地方志编纂委员会,2000)。由此可知,高漫滩及其沉积物大约是近 120 年以来形成的。我们采集了 4 个植物样品送中科院地球环境研究所¹⁴C 加速器实验室进行 AMS¹⁴C 年龄测定,测定的结果表明年代很小,不能利用。另外根据历史文献记录,渭河在公元 1881 年以来的 120 余年里发生过 18 次大洪水(陕西历史自然灾害简要纪实编委会,2002;孟昭华等,1989),与渭南高漫滩剖面洪水阶段基本相同,也表明我们研究的剖面应当是距今约 120 年来沉积的。

3 研究剖面粒度分析结果

根据一般的粒度划分标准,以 0.002mm、0.005mm、0.01mm、0.05mm、0.1mm、0.25mm、0.5mm、2mm 作为胶粒、粘粒、细粉砂、粗粉砂、极细砂、细砂、中砂、粗砂的分界线对研究剖面进行粒度划分。结果表明,在渭南 WN1 和 WN2 剖面中粒度组成很相近,以粗粉砂组分含量为最高,平均含量略

多于 50%；其次为极细砂,平均含量约大于 20%；粘粒含量一般占第 3 位,平均含量为 10%左右；胶粒、细粉砂和中砂含量都很少,砾石和粗砂缺失。剖面中各层粒度成分有明显的不同,具有较清楚的粗细变化规律。渭河上游位于山区,常有粗粒物质带入,剖面中粗粒成分少的原因是渭河下游悬浮搬运动力弱。

3.1 渭南高漫滩剖面粒度分布特征

将渭南 WN1 和 WN2 剖面的粒度数据分析、计算后绘制成百分含量图(图 2,图 3)。图中由下到上各层粒度分布及特征存在一定差别(表 1)。

另外,距渭南 WN1 剖面西 1km 的渭南 WN2 剖面粒度成分及其变化(表 1、图 3)与渭南 WN1 剖面总体相同,但也存在一定差别。相同之处是粒度成分都很细小,以粗粉砂含量最高,平均含量为 50.72%；其次为极细砂,平均含量为 21.83%；整个剖面可分为 19 个层位,代表了与 WN1 剖面基本相同的洪水变化。

3.2 渭南 WN1 和 WN2 剖面粒度参数的变化

为查明渭南 WN1 剖面粒度分布规律与洪水动力变化。我们对 WN1 剖面的中值粒径(Md)、平均粒径(Mz)、标准偏差(σ)、偏度(Sk)和峰态(Kg)进行了计算,并将渭南 WN1 和 WN2 剖面的粒度参数

绘制成图 4 与图 5。粒度参数 Md 、 Mz 、 σ 、 Sk 、 Kg 的大小取决于特征值 Φ_5 、 Φ_{16} 、 Φ_{25} 、 Φ_{50} 、 Φ_{75} 、 Φ_{84} 、 Φ_{95} 大小,所以渭南 WN1 和 WN2 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。

粒度参数的分布图(图 4)表明,渭南 WN1 剖面 Md 和 Mz 的平均值分别为 5.30 和 5.35,分布范围分别为 4.67 ~ 5.98 和 4.95 ~ 5.81; σ 、 Sk 、 Kg 的平均值分别为 1.49,0.13,0.98,分布范围分别为 1.34 ~ 1.81,−0.11 ~ 0.20,0.87 ~ 1.11。图 5 表明,渭南 WN2 剖面 Md 和 Mz 的平均值分别为 5.33 和 5.11,分布范围分别为 4.37 ~ 6.39 和 4.48 ~ 5.88; σ 、 Sk 、 Kg 的平均值分别为 1.53,0.05,0.94,分布范围分别为 1.08 ~ 2.03,−0.68 ~ 0.27,0.74 ~ 1.20。渭南 WN1 和 WN2 剖面不同层位粒度参数表现出多次跳动的特点(图 4,图 5),这种跳动也显示出至少有 19 个洪水变化阶段。

3.3 渭南渭河 2005 年大洪水粒度分析结果

2005 年 9 月 24 日~10 月 3 日渭河全流域发生持续降雨,渭河以南有 23 个雨量站降雨量超过 200 mm,占当地年降雨量的 1/3。渭河下游发生了 1981 年以来最大的大洪水。9 月 30 日临潼站出现了 2720 m³/s 的洪峰流量,10 月 1 日华县站出现了

2720 m³/s 的洪峰流量。临潼站出现了 358.58 m 的历史最高水位。这次洪水及其沉积物是我们恢复古洪水规模与流量的重要依据。

为建立确定古洪水规模和洪水深度的标准,我们对 WN2 剖面西侧 200 m 处 2005 年大洪水沉积的两个剖面的 20 个样品进行了粒度分析。结果表明,渭南渭河 2005 年大洪水粒度组成以粗粉砂含量最高,平均含量为 61.99%,变化范围为 57.46% ~ 67.91%；极细砂次之,平均值

表 1 渭河高漫滩剖面各层粒度分布特征

Table 1 The granularity distribution characteristics of the high floodplain in the Weihe River

层序	各层名称	厚度 (cm)	主要粒级和次要粒级平均含量(%)				
			中砂	细砂	极细砂	粗粉砂	细粉砂
1	粗粉砂、极细砂层	30		2.9	24.6	55.4	7.8
2	粗粉砂、极细砂、细粉砂和粘粒层	33	2.4	10.3	19.4	54.6	10.3
3	粗粉砂、极细砂层	27		4.3	30.0	52.9	5.3
4	粗粉砂和极细砂层	39		4.4	26.0	51.9	7.6
5	粗粉砂和极细砂层	15	0.2	2.6	15.9	54.2	12.3
6	粗粉砂、极细砂和粘粒层	39			29.0	55.6	4.9
7	粗粉砂、极细砂和细粉砂层	21	2.8	7.6	25.1	55.9	
8	粗粉砂和极细砂层	30	0.4	3.2	27.1	55.1	5.9
9	粗粉砂和极细砂层	30		1.8	25.2	59.4	5.6
10	粗粉砂和极细砂层	18	0.1	6.0	25.2	51.8	6.0
11	粗粉砂和极细砂层	30			25.0	56.1	7.0
12	粗粉砂和极细砂层	12	0.6	4.8	24.1	50.2	
13	粗粉砂和极细砂层	45	0.9	4.5	24.7	51.6	8.2
14	粗粉砂和极细砂层	42	0.5		33.7	45.9	4.6
15	细砂和粗粉砂层	12	12.3	32.8	19.9	23.2	4.8
16	粗粉砂、细粉砂和粘粒层	45		2.6	13.1	50.6	15.6
17	粗粉砂、极细砂和粘粒层	21			15.9	69.5	5.5
18	粗粉砂、极细砂层	30			23.2	64.5	4.1
19	粗粉砂、粘粒层	6			5.0	59.4	15.4

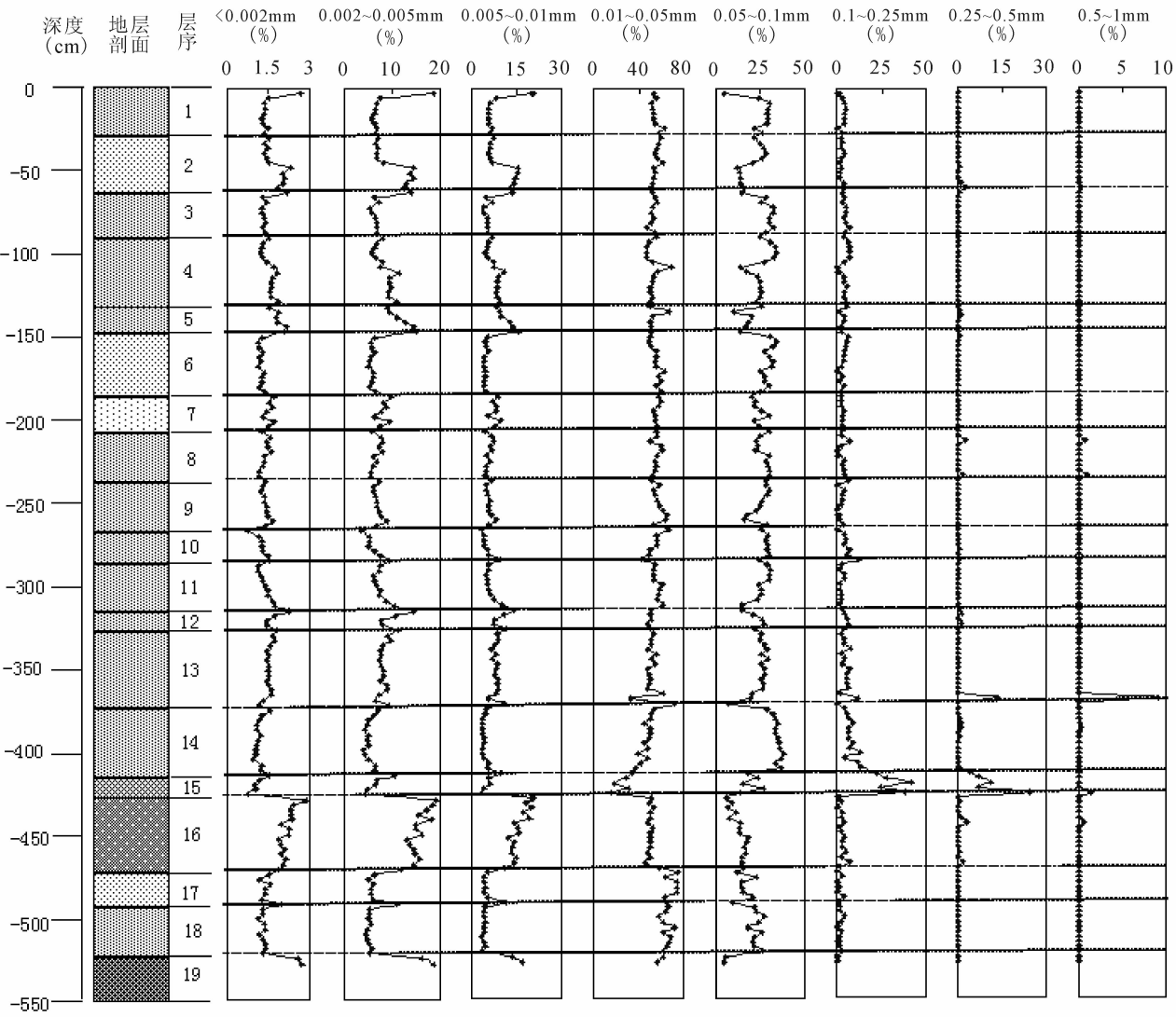


图 2 渭河渭南段 WN1 剖面不同层位粒度成分含量变化(各层名称与粒度含量见表 1)
Fig. 2 Content change of grain size in different layers from WN1 profile in Weinan

26.6%，变化范围为 22.36%~30.71%；粘粒平均含量为 4.92%，变化范围为 3.91%~6.12%；细粉砂平均含量为 4.23%，变化范围为 3.34%~6.12%；细砂平均含量为 1.01%，变化范围为 0.11%~1.91%；胶粒平均值为 1.25%，含量变化范围为 1.14%~1.40%。2005 年渭南渭河洪水位高出高漫滩顶面 1.6m，高漫滩顶面高出河床平水位 5.3m，而采样时平水期河床水深为 1.2m，所以 2005 年渭南渭河洪水位高出河床沉积顶面的高度是 8.1m。这能够作为我们确定古洪水位与洪水深度的标准。在充分考虑了因河漫滩逐渐沉积使地形增高而导致粒度成分变细的因素之后，如果古洪水沉积层粒度成分大于 2005 年大洪水沉积层的粒度成

分，其形成时漫滩顶面之上的洪水深度就大于 1.6m，河床沉积物顶面之上的洪水深度大于 8.1m，当时的洪水就是比 2005 年洪水还大的大洪水；如果古洪水沉积层粒度成分小于 2005 年洪水沉积层的粒度成分，其形成时漫滩顶面之上的洪水深度就小于 1.6m，河床沉积物顶面之上的洪水深度小于 8.1m，当时的洪水就是比 2005 年洪水规模小的大洪水或中等洪水。

4 讨论

4.1 河漫滩沉积的过程和连续性

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

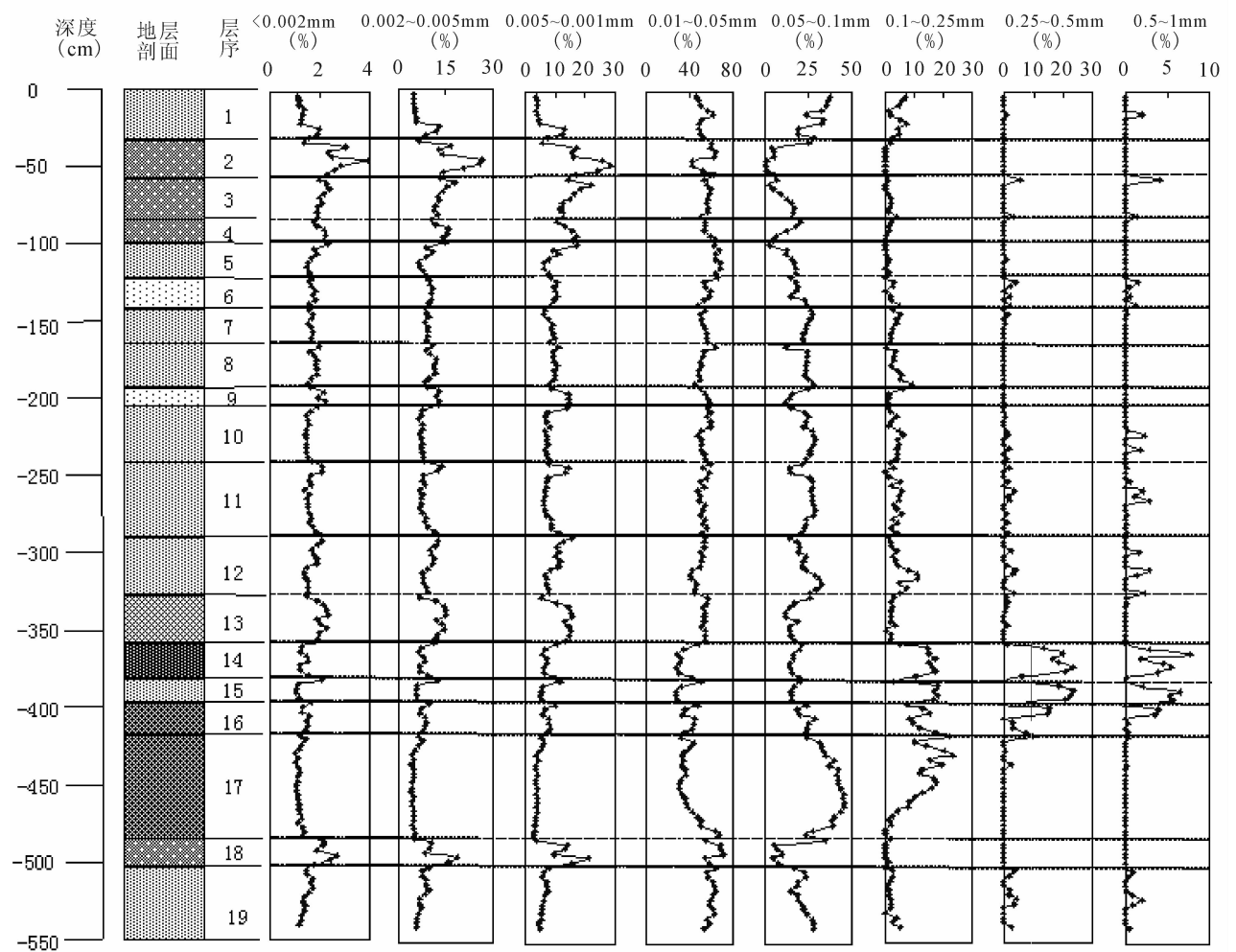


图 3 渭河渭南段 WN2 剖面不同层位粒度成分含量变化

Fig. 3 Content curves of grain size in different layers from WN2 profile in Weinan area

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。

在降水较多的地区河漫滩发育较早时期,河漫滩较低,几乎每年都可能发生洪水沉积。而西安地区降水较少,一般 10 多年出现一次大洪水(陕西历史自然灾害简要纪实编委会,2002;孟昭华等,1989)。因此,关中渭河高漫滩上的洪水沉积是不连续沉积。特别是在河漫滩发育较晚时期,漫滩变高,

只有较大规模的洪水才能淹没河漫滩而带来沉积物,所以在河漫滩中、上部的洪水沉积代表的是大洪水。当然河漫滩下部较粗粒的沉积物也能够代表发生的是大洪水。尽管河漫滩沉积记录的是大洪水,但这毕竟是能够指示洪水变化的最好的地层记录,也是记录危害大的洪水的最好的沉积物。在降水正常条件下,渭河流域 2~3 年就有一次小规模洪水发生,而大洪水平均 19 年才发生一次(陕西历史自然灾害简要纪实编委会,2002;孟昭华等,1989)。由于河漫滩洪水沉积层一般是不连续的,所以在各洪水沉积层之间是没有洪水发生的降水量正常或偏少的阶段。

4.2 影响洪水沉积颗粒成分的因素

影响洪水沉积物粒度成分的因素有多种,但都要通过流水动力的变化起作用。其中气候、地形和构造运动对沉积物粒度的影响作用较大。要用河漫

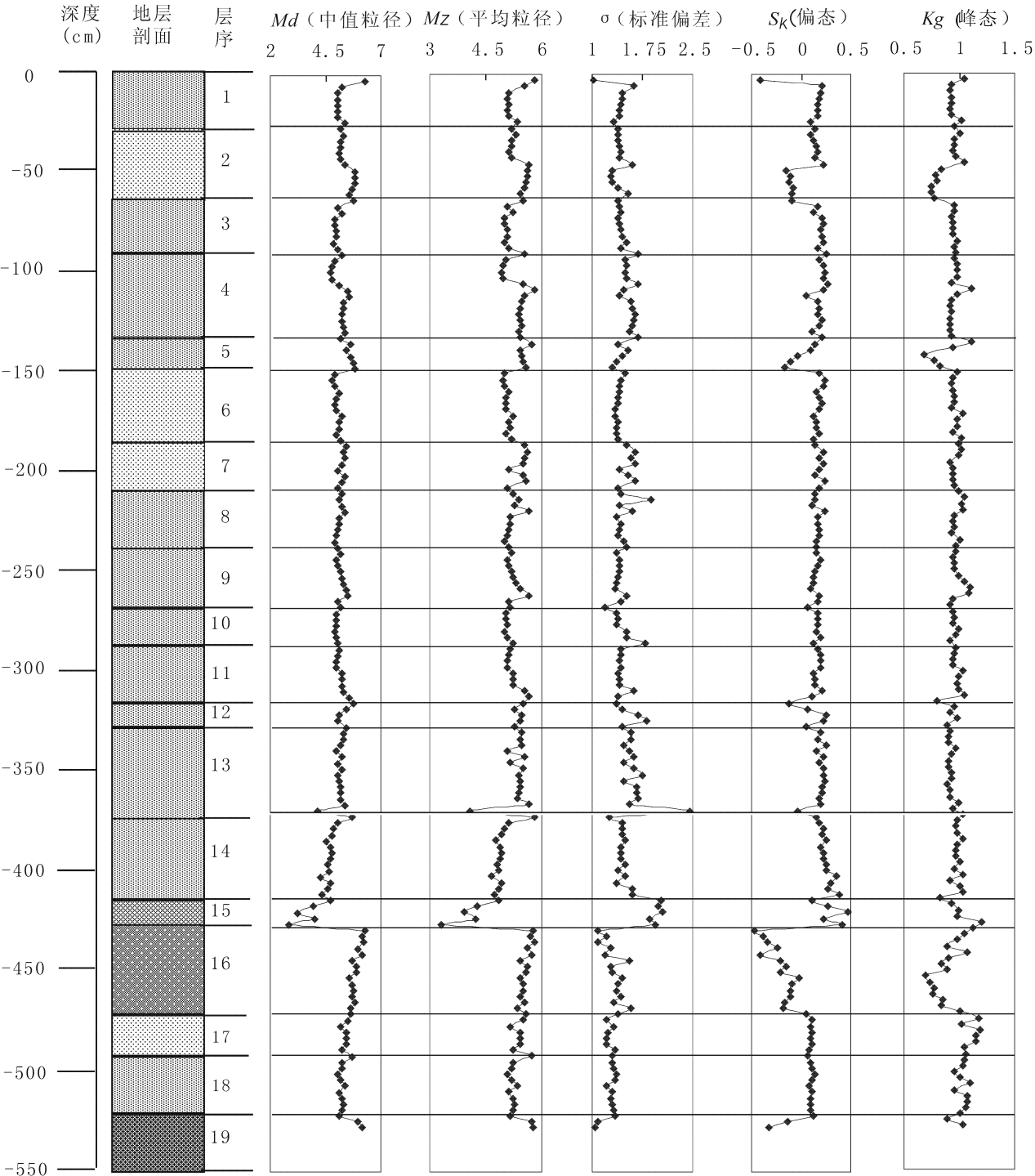


图 4 渭河渭南段高漫滩 WN1 沉积剖面粒度参数变化

Fig. 4 Curves of grain size parameter from WN1 profile in Weinan area

滩沉积物恢复洪水规模和降水量变化,需要弄清楚它们之间存在的关系。根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(谢又予,2000),与流量的一次方成正比。因此,对同一河段而言,流量大小取决于降水量的多

少,降水量增多,流量变大,反之,变小。流速既取决于流量的变化,又取决于构造运动引起的地形变化,流量多,地形坡度大,流速快,反之,则慢。构造运动改变地形的坡度,从而影响水动力的强弱。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。一般来讲,河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、变厚,河漫滩高度增加,这会造成河漫滩上洪水沉积物粒径变小,河床宽度变化对河漫滩洪水搬运动力也有影响。还需要特别指出的是,关中渭河是不断向下侵蚀的河流,这对根据河漫滩沉积物研究洪水变化非常有利。在渭河河床逐渐下切变低的过程中,河漫滩逐渐抬高,经过一定时间的发育过程,就形成了只有在洪水期才能淹没的河漫滩。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,只有较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较大洪水的存在。当然,大洪水在低河漫滩上也会形成沉积物,通常情况下粒径要比高河漫滩上粒径大。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河漫滩上分散,水深较小,动力较弱,沉积物粒度较小。但是,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搬运动力表现出来,所以根据河漫滩沉积物粒度成分能够确定洪水的深度和搬运动力。而洪水深度决定洪水的规模,因此在考虑了河床宽度变化之后根

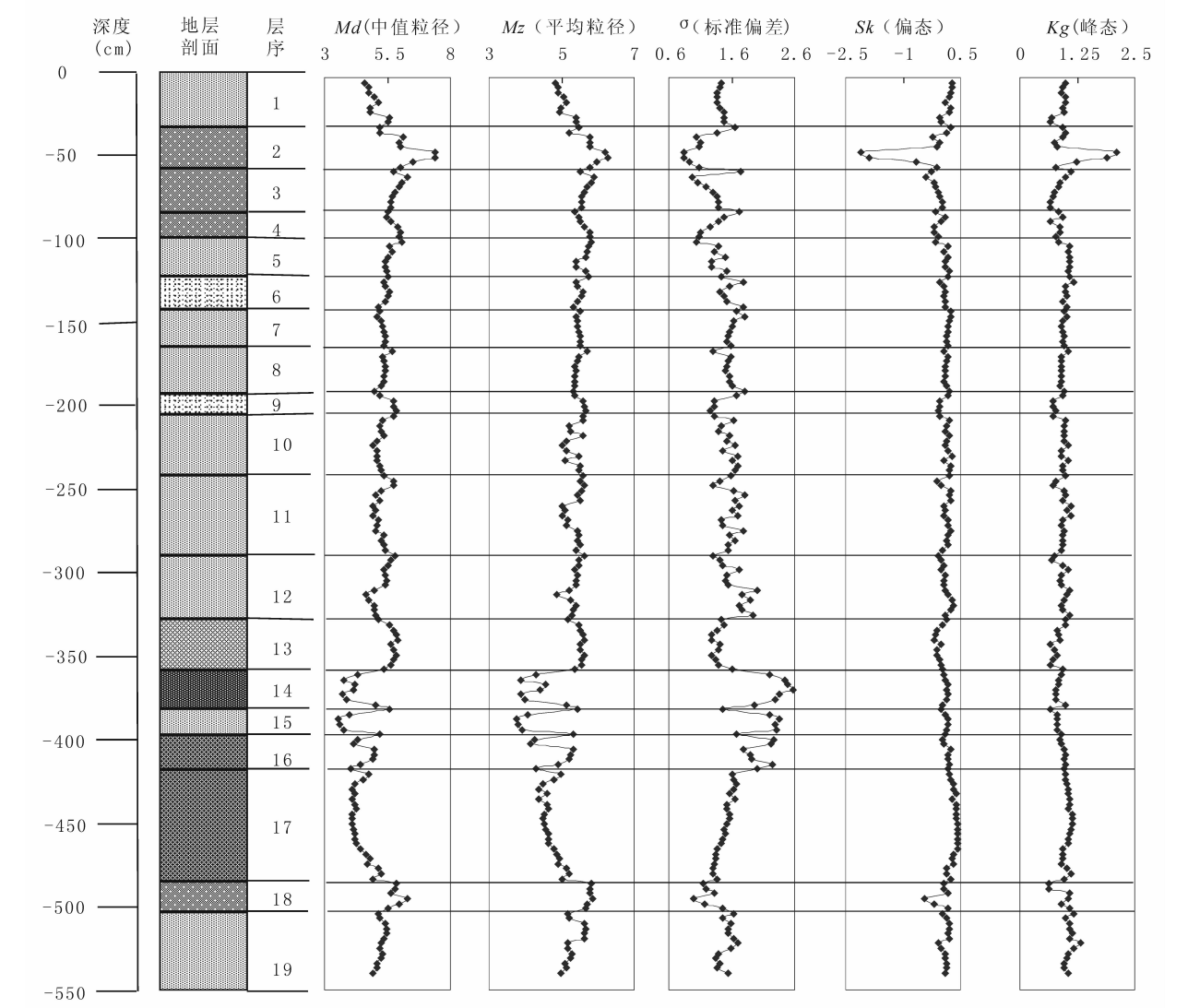


图 5 渭河渭南段高漫滩 WN2 沉积剖面粒度参数变化
Fig. 5 Curves of grain size parameter from WN2 profile in Weinan

据河漫滩沉积物粒度成分能够确定洪水规模的大小。

4.3 一次洪水沉积和多次洪水沉积的识别

识别一次洪水沉积与多次洪水沉积具有非常重要的意义。一次洪水沉积也可能存在粒度成分的差异,不同期次的洪水沉积也可能有相近的粒度成分。根据我们对现代洪水沉积的研究,以下几方面可作为识别不同期次洪水的依据。一是粒度成分的差异:粒度成分的差别代表了洪水动力的差异,粒度成分的明显差别常代表了不同期次的洪水。根据我们对 2005 年 30cm 厚的一次洪水沉积进行了 20 余块样品的粒度分析,结果表明,高漫滩上的洪水沉积粒度成分以粉砂为主,含量占 61.99%,其次为粘粒和极细砂;从下部到上部粒度成分有变细的趋势,但上下部粒度成分差异较小,没有明显的分层显示。二是厚度的差异:在同一剖面中,一次洪水沉积厚度较小,两次或多次洪水沉积厚度较大,这在相邻层位表现更明显。当然,在河漫滩发育早期由于漫滩高度还较低,所以早期沉积通常比晚期沉积厚度大。对高漫滩中、上部厚度大的沉积层要特别注意识别不同期次洪水的沉积。三是粒度成分的差异:这是区分不同阶段洪水的主要依据,粒度成分的明显差别代表了不同阶段的洪水沉积;粒度成分相近的洪水沉积层一般是同一次洪水沉积的结果,但有时也可能是不同期次洪水沉积的,当两次洪水动力相近时,形成的沉积物粒度成分差异就很小。在这种情况下要根据沉积厚度、颜色差异和分层界线来确定是一次洪水沉积还是多次洪水沉积。四是颜色的差异:颜色存在明显差异的沉积层,即使它们的粒度成分相近,也是不同期次洪水形成的沉积层。颜色的差异反应了矿物、化学成分的不同和物质来源的不同。因此,野外观察颜色差异对识别不同期次的洪水是很重要的。四是分层界线的显示:同一次洪水沉积层内部一般没有分层界线。不同期次的洪水常有分层界线,特别是间隔时间较长的洪水沉积物由于地表植物生长等产生的分层界线更明显。因此,通过野外剖面观察识别分层界限对确定洪水期次是很重要的。以上是本文进行洪水阶段划分的主要依据。

4.4 渭河洪水沉积物指示的洪水阶段、深度与规模

根据洪水沉积物的粒度差异对比和当时的地形高度变化,能够确定洪水的规模。在河床宽度基本不变的情况下,洪水的深度大,持续时间长(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 条确定河漫滩洪水深度的标准:

(1) 如相邻层位的下层粒径比上层略大,则两层形成时的水深相近。

(2) 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深度大。

(3) 如相邻的上层粒径比下层略大或明显大,则上层形成时的水深比下层大。

(4) 如相邻层位的下部层位粒径比上部层位显著大,而且由沉积作用造成的地形高度差别不太大,那么下层沉积物代表的水深通常比上层大。

(5) 如是非相邻的层位,那么在粒径相近或上层粒径大于下层时,上层比下层形成时的水深大。

(6) 如要确定非相邻层位的洪水深度差别,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的深度。虽然这些判别标准是定性的,但确定的结果还是可靠的。这些标准对确定洪水相对深度和规模非常重要。

上述标准和 2005 年大洪水河漫滩沉积物粒度成分指示的洪水深度,能够作为我们确定古洪水深度的重要标准。根据剖面粒度分层和上述划分洪水阶段的依据,可将剖面划分为 19 个洪水阶段。通过对比和充分考虑了沉积厚度引起的地形增高对粒度成分的影响之后,可以确定 WN1 剖面 19 个阶段洪水深度和规模由大到小的变化顺序依次为:第 15 阶段>14 阶段>10 阶段>3 阶段>12 阶段>4 阶段>13 阶段>6 阶段>8 阶段>2 阶段>1 阶段>7 阶段>11 阶段>5 阶段>16 阶段>9 阶段>18 阶段>17 阶段>19 阶段。其中第 1 阶段是 2005 年大洪水形成的沉积,所以 WN1 剖面中 15 阶段>14 阶段>10 阶段>3 阶段>12 阶段>4 阶段>13 阶段>6 阶段>8>2 阶段洪水深度大于 2005 年渭南渭河高漫滩上 1.6m 的洪水深度,第 7 阶段>11 阶段>5 阶段>16 阶段>9 阶段>18 阶段>17 阶段>19 阶段形成时高漫滩上洪水深度与 2005 年渭南渭河高漫滩上 1.6m 的洪水深度相近或更小。由于 WN1 剖面 2005 年大洪水形成的第 1 层沉积物的顶面位于现代河床沉积顶面之上 6.5m,所以剖面中 15、14、10、3、12、4、13、6、8、2 阶段河床地面之上的洪水深度大于 8.1m (6.5m 加上高漫滩之上 1.6m 的洪水深度),第 7、11、5、16、9、18、17、19 阶段形成时河床之上的洪水深度为 8.1m 或小于 8.1m。WN2 剖面 19 个阶段的洪水也存在着规模大小的交替变化。由于 2005 年的洪水是大洪水,而且比 1981 年以来发生的其他几次洪水规模更大,显然第

15、14、10、3、12、4、13、6、8、2 阶段的洪水是大洪水甚至是特大洪水。

4.5 渭河洪水积物记录与历史文献记录的洪水对比

根据历史文献记录,渭河在公元 1881 年来的 120 余年里发生过 18 次大洪水(陕西历史自然灾害简要纪实编委会,2002;孟昭华等,1989),分别出现在公元 1881 年、1901 年、1903 年、1949 年、1951 年、1954 年、1956 年、1957 年、1959 年、1973 年、1975 年、1981 年、2003 年和 2005 年。根据上述渭河渭南段高漫滩沉积物记录的 19 个阶段的洪水分析,历史文献记录的大洪水一般都有沉积物记录。然而历史文献记录缺少洪水位、水深和相对流速的内容,而洪水沉积物具有指示洪水位、水深和相对流速的作用。由于近 120 年来历史文献记录的 18 次洪水都是大洪水,所以由此可以推断,渭河 WN1 剖面沉积物记录的 19 次洪水一般都是大洪水。

4.6 渭河洪水发生的主要原因与降水量变化

大洪水的发生常与降水量的变化有关,有时能够指示降水量的变化(Dionysia,1997; Macklin et al., 2006; Starkel et al., 2006; Thorndycraft et al., 2006)。通过对渭南渭河河漫滩沉积剖面中的粒度成分和沉积厚度分析以及现代洪水观测结果可推断当时降水量的变化。洪水的出现通常是以下三种原因引起的。一是年降水量的明显增加造成的,特别是持续时间较长的大洪水,一般是这种原因造成的。如 1954 年的渭河大洪水主要是渭河上游和渭北当年降水量增加所致,1981 年的渭河大洪水是渭河中游当年降水量增加造成的,2003 年的渭河洪水是渭河中一下游年降水量增加到了 880mm 造成的。在 2002、2001 和 2000 年等正常降水年份,高漫滩上无洪水沉积。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黄土高原南部降水增加所致,1975 年的渭河洪水是关中地区和黄土高原中南部年降水量一般增加了 150~200mm 引起的,1981 年的大洪水是关中地区中、西部降水增加了 120mm(西安)~250 mm(宝鸡)造成的。2003 年的大洪水是整个关中地区和黄土高原中南部降水量一般增加了 200~280 余 mm 造成的。资料表明,在年降水量显著增加年份,降水常常更为集中,更易于产生洪水。二是年降水量没有增加,而是降水量的年内分配不均而引起的大雨或者暴雨集中造成的洪水。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,偶尔也会产生大洪水。由于降水量集中产生的洪水规模较小,一般不能在高漫滩上发生沉积,所以渭南渭河高漫滩沉积代表的大洪水一般不是这种原因造成的。由于年降水量没有增加,这种洪水持续的时间较短。短期的大雨或者暴雨集中造成的洪水水位上升高度小,形成的沉积层厚度小,年降水量的明显增加往往造成洪水位上升幅度大,形成的沉积物厚度大。根据我们对 2003、2005 年渭河洪水沉积的调查可知,WN1、WN2 剖面中的河漫滩相沉积物主要是当年降水量增加所致,也就是说,渭河渭南段 19 个洪水阶段中的绝大多数阶段反映了当年降水量的增加。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 Knox, 1994; James, 2000)。由于研究的剖面时间较短,气候在数年或更长时期内变得湿润不是造成渭南渭河高漫滩剖面大洪水发生的原因。

5 结论

通过以上分析,可以得出以下结论:

(1)渭河渭南段高漫滩 WN1、WN2 剖面洪水沉积分层与变化明显,对洪水的发生和当年降水量变化反映清楚,分辨率高,能够作为很好地指示洪水动力与频次等变化的重要指标。粒度成分较粗,指示沉积时洪水搬运动力较强;粒度成分较细,指示沉积时洪水搬运动力较弱。

(2)渭河渭南段 WN1、WN2 高漫滩剖面均由 19 个沉积层构成,指示约近 120 年以来至少发生了 19 次较大规模的洪水。这与历史文献记录近 120 年来发生的 18 次大洪水基本一致。

(3)WN1、WN2 剖面粒度成分具有明显的粗细变化规律。在充分考虑了沉积厚度引起的地形增高对粒度成分的影响之后,可以确定 WN1 剖面 19 个阶段洪水深度和规模由大到小的变化顺序依次为第 15 阶段>14 阶段>10 阶段>3 阶段>12 阶段>4 阶段>13 阶段>6 阶段>8 阶段>2 阶段>1 阶段>7 阶段>11 阶段>5 阶段>16 阶段>9 阶段>18 阶段>17 阶段>19 阶段。其中第 15、14、10、3、12、4、13、6、8、2 阶段洪水发生时河漫滩上的洪水深度

大于 1.6m,河床之上的水深大于 8.1m;第 1、7、11、5、16、9、18、17、19 阶段洪水发生时高漫滩上洪水深度接近于或略小于 1.6m,河床之上的洪水深度接近于或略小于 8.1m。

(4)据渭河渭南段高漫滩沉积层厚度与粒度判断,研究剖面中的 19 个洪水阶段主要是当年降水量明显增加造成的,也可能有少数阶段的洪水是短时的暴雨造成的。

(5)渭河河漫滩洪水沉积一般是不连续的,在各洪水沉积层之间是没有洪水发生的降水量正常或偏少的阶段,无洪水发生阶段持续时间比洪水发生阶段持续时间更长。

参 考 文 献 / References

甘枝茂,桑广书,甘瑞. 2002. 晚全新世渭河西安段河道变迁与土壤侵蚀. 水土保持学报, 16(2): 129~132.

高陵县地方志编纂委员会. 2000. 高陵县志. 西安:陕西人民出版社, 12~36

黄会平,张昕,张岑. 2007. 1949~1998 年中国大洪水灾害若干特征分析. 灾害学, 22(1):73~76.

黄修山,王新宏,杨方社,吴巍. 2004. 2003 年渭河下游汛期洪水特性分析. 西北水力发电, 20(3):24 ~ 27.

蒋昕晖,霍世青,刘龙庆,孙文娟,陈静. 2004. 2003 年渭河洪水特性分析. 人民黄河, 26(1):24 ~ 27.

李柏年. 2005. 淮河流域洪水灾害分析模型研究. 灾害学, 20(2):18 ~21.

孟昭华,彭传荣. 1989. 中国灾荒史. 北京:水利电力出版社, 55~120.

桑广书. 2005. 秦末以来秦都咸阳地貌演变. 地理科学, 25 (6):709 ~715.

陕西历史自然灾害简要纪实编委会. 2002. 陕西历史自然灾害简要纪实. 北京:气象出版社, 43~79.

史念海. 1999. 黄河流域诸河流的演变与治理. 西安:陕西人民出版社, 315~320 .

王春丽,邢俊江,王明洁. 2006. 暴雨山洪灾害成因及预报方法. 自然灾害学报, 15(4):65 ~ 70.

王旭仙,孙一民,赵奎锋,杜继稳,张永红. 2003. 渭河流域洪水灾害特征分析. 灾害学, 18(1): 42~46.

吴强,杨晋芳,李建成. 2004. 2003 年渭河洪水的特点及治理对策. 西北水电, (1): 4 ~ 8.

向立云. 洪水灾害特性变化分析. 2002. 水利发展研究, 12(2):44 ~ 47.

谢又予. 2000. 沉积地貌分析. 北京:海洋出版社, 3~4.

邢大韦,张玉芳,粟晓玲. 2004. 对 2003 年陕西渭河洪水的思考. 水利与建筑工程学报, 2(1): 1 ~ 4.

熊治平. 2004. 我国江河洪灾成因与减灾对策探讨. 中国水利, (7): 41~42.

张琼华,赵景波. 2006. 近 50 a 渭河流域洪水成因分析及灾害防治. 中国沙漠, 26(1): 117~121.

张艳玲. 2002. 陕西省渭河流域水文特性分析. 西北水资源与水工程, 13(2): 62 ~ 64.

赵录宇. 2004. 陕西省水灾损失特征. 西北水力发电, 20 (3): 42 ~ 44.

周魁一. 1999. 大规模人类活动与洪水灾害——从历史到现在. 第四纪研究, 19(5):423 ~ 427.

朱诚,于世永,卢春成. 1997. 三峡及江汉平原地区全新世环境考古与异常洪水灾害研究. 地理学报, 52(3):268~278.

Allens G. 1996. British Columbia flood scars: maximum flood—stage indicators. Geomorphology, 14: 319~325 .

Benito G, Thorndycraft V R, Rico M, Sanchez—Moya Y, Sopena A. 2008. Palaeoflood and floodplain records from Spain: Evidence for long—term climate variability and environmental changes. Geomorphology . 101: 68~77.

Edwards H, Macklin M G, Taylor M P. 1999. 2000 yeas sediment—born heavy metal storage in the Yorkshire Ouse basin, NE England. Hydrological Processes, 13: 1087~1102.

James C . 2001. Sensitivity of modern and Holocene floods to climate change. Quaternary Science Review, 19:439~457.

Knox J C. 1994. Large increases in flood magnitude in response to modest changes in climate. Nature, 361: 410~437.

Laronne J B, Shlomi Y. 2007. Depositional character and preservation potential of coarse—grained sediments deposited by flood events in hyper—arid braided channels in the Rift Valley, Arava, Israel. Sedimentary Geology. 195 : 21~37.

Lecce S A, Pavlowsky R T. 2004. Spatial and temporal variations in the grain—size characteristics of historical flood plain deposits, Blue River, Wisconsin, USA. Geomorphology. 61 : 361~371.

Nakamura F. 1996. Some methodological developments in the analysis of sediment transport processes using age distribution of floodplain deposits. Geomorphology, 16: 139~145.

Sroubek P, Diehl J F, Kadlec J. 2007. Historical climatic record from flood sediments deposited in the interior of Spirálka Cave, Czech republic, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 251:547—562.

Starkel L, Soja R, Michczyn D J. 2006. Past hydrological events reflected in the Holocene history of Polish rivers. Catena 66:24 ~33.

Zielonka T, Holeska J, Ciapala S. 2007. A reconstruction of flood events using scarred trees in the Tatra Mountains, Poland. Dendrochronologia. 26 :173~183.

A Study on Great Floods Recorded by Sediments on the High Alluvial Flat of Weihe River in Weinan, Shaanxi

ZHAO Jingbo^{1, 2)}, YU Yaochuang³⁾, ZHOU Qi³⁾

1) State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Environment Institute of Earth, Chinese Academy of Science, Xi'an, 710075;

2) College of Tourism and Environment Science, Shaanxi Normal University, Xi'an, 710062;

3) Department of Geography, Baoji University Arts&Sci. Shaanxi, Baoji 721013

Abstract: Based on the granularity analyses of 376 samples from two typical profiles on high alluvial flat and 2005's flood sediment of the Weihe River in Weinan, Shaanxi, combining historical literature information, the flood recorded on sediment layers of high alluvial flat were researched. The results indicate that flood sediment on high alluvial flat of the Weihe River is mainly silt and very fine sand, stratified obviously and differentiated clearly, which can indicate the flood frequency, the flood level and the flood power. The two profiles, with the depth of about 5.3 m, are divided into 19 layers, which indicates that there were 19 floods of larger scale at least. The 19 floods determined by granularity analyses are basically consistent with that recorded on historical literatures. The granularity parameters such as M_d , M_z , ϕ , S_k , K_g differentiate obviously, which indicates the differences of each flood. The flood depth on the high alluvial flat is higher than 1.6 m of 2005, when the 15th, 14th, 10th, 3rd, 12th, 4th, 13th, 6th, 8th, 2nd flood occurred. The depth of these floods above the riverbed are larger than 8.1 m, and others are near to or less than 8.1 m, which indicates there occurred large or medium scale floods at that time. Based on the yearly precipitation when the modern flood occurred in the Weihe valley, it is determined that the most floods of WN1 and WN2 profiles are caused by the obvious increase of precipitation at that time.

Key words: Flood of Weihe River; Sediment on alluvial flat; Grain size composition; Weinan in Shaanxi

《地质论评》《地质学报》(中、英文版)刊发论文获第六届
中国科学技术协会期刊优秀学术论文奖

2008 年 12 月,中国科学技术协会颁发了第六届中国科协期刊优秀学术论文奖,《地质论评》刊发的“中国前陆盆地油气富集规律”(作者:宋岩、赵孟军、柳少波等)和“东昆仑造山带纳赤台岩群基质地层发现中新世孢粉组合”(作者:郭宪璞、王乃文、王大宁等)分获二、三等奖。

与此同时,《地质学报》刊发的“藏南地区金和锑矿床(点)类型及其时空分布特征”(作者:聂凤军、胡朋、江思宏等)和《地质学报(英文版)》刊发的“A New Titanosaurian Sauropod from Late Cretaceous of Nei Mongol, China”(作者:徐星、张晓虹、谭庆伟等)获二等奖;《地质学报》刊发的

“闽中梅仙式铅锌银矿床矿质来源的硫、铅同位素示踪及成矿时代”(作者:丰成友、丰耀东、张德全等)和《地质学报(英文版)》刊发的“Report on 3.4 Ga SHRIMP Zircon Age from the Yuntaishan Geopark in Jiaozuo, Henan Province”(作者:高林志、赵汀、万渝生等)获三等奖。

中国科协期刊优秀学术论文奖每年评选一届,评选最近 5 年中所属学会主办的各期刊发表的学术论文。由各学会推荐,中国科协组织各专业专家评审,中国科协期刊优秀学术论文评审委员会进行审核和论文等级评定的。

(本刊编辑部供稿)