

汉江上游晏家棚段古洪水沉积物粒度空间分布特征

郑树伟, 庞奖励, 黄春长, 查小春, 李 欣

(陕西师范大学 旅游与环境学院, 西安 710062)

摘 要:对汉江上游流域进行了深入的地层学及地貌学调查,在郧县河段河流一级阶地上覆黄土-古土壤沉积剖面中发现了典型的古洪水沉积层。对其进行了系统采样和粒度分析,结果表明,古洪水沉积层的粒度在空间上有明显的变化。水平方向上,相同层位的粒度自然分布曲线、概率累积曲线和平均粒径基本相同;垂直方向上,从上向下粒度自然分布曲线、概率累积曲线和平均粒径明显不同,粒径逐渐变细。水平方向上的粒度特征说明,古洪水同层位的样品可以相互替代;垂直方向上的变化与前人在泾河以及渭河流域等地研究发现的古洪水沉积层呈从下向上逐渐变细的沉积模式不同,说明古洪水沉积层的沉积模式并非只有一种,而是存在多种沉积模式,这种变化可能与洪水过程有关。

关 键 词:古洪水沉积物;粒度;空间变化;汉江上游

doi: 10.11820/dlkxjz.2014.06.008

中图分类号:P931

文献标识码:A

1 引言

沉积物粒度广泛应用于研究各类沉积物的搬运动力、沉积环境及沉积过程。如在黄土高原的研究中,黄土粒度的变化被作为指示东亚冬季风变迁的重要指标(An et al, 1991; Xiao et al, 1996; 鹿化煜等, 1998);河口沉积物粒度的变化可用于指示河口与海域水动力条件(刘红等, 2007);湖泊沉积物粒度的变化能够反映气候干湿的转化(陈敬安等, 2003);深海沉积物的粒度变化又可作为判别搬运动力强弱指标(Bianchi et al, 1999)。在多种沉积物共存的地区,粒度可用来甄别沉积物的成因及来源(鹿化煜等, 1999; 王龙升等, 2012; 张玉柱等, 2012a),等。目前,对古洪水沉积层粒度在空间上变化研究十分有限。本文以晏家棚剖面(YJP)古洪水沉积物为例,对其粒度在空间上的变化规律及指示的水动力条件变化进行了研究,为深入理解古洪水SWD的沉积学规律及相关研究提供可信的第一手证据。

汉江发源于陕西省宁强县,流经陕西的汉中和

安康、湖北的十堰、襄阳和武汉等市。汉江全长1577 km,天然落差1964 m,流域面积 $15.9 \times 10^4 \text{ km}^2$,年均降水量873 mm,年均径流量563亿 m^3 ,年均含沙量 2.39 kg/m^3 ,年均输沙量达1.3亿吨。流域内泥沙来源较稳定,多来自两岸低山、低中山及丘陵区碎屑物(贺素娣, 1997)。汉江支流众多,羽毛状分布于两侧,因其地处亚热带季风气候区,降水充沛且集中(陈华等, 2005),因而洪水灾害频发。

丹江口以上为汉江上游流域,流域地势西北高东南低,长约925 km,平均比降为0.6‰,控水面积达9.52万 km^2 ,植被覆盖率达63%,水资源十分丰富,是中国“南水北调”中线工程的水源区;水资源开发利用、城镇防洪工程的建设与维护、洪水的预防与调度等在区内一直备受关注。汉江上游流域盆地和峡谷相间,盆地多接受堆积形成了平坦的台地是人类主要的聚居地(庞奖励等, 2011)。白河水文站位于晏家棚上游约35 km(1934年建立),控制流域面积达59115 km^2 ,实测最大洪峰流量31000 m^3/s (1983年7月31日),最小为1800 m^3/s (1941年)。

收稿日期:2013-12;修订日期:2014-03。

基金项目:国家自然科学基金项目(41271108,41030637,41371029);中央高校基本科研费项目(GK201301003)。

作者简介:郑树伟(1988-),男,硕士研究生,主要研究方向为土地资源开发与环境演变,E-mail: 798283317@qq.com。

通讯作者:庞奖励(1963-),男,博士,教授,主要从事土地利用与土壤演变的研究,E-mail: jlpang@snnu.edu.cn。

2 研究材料与方法

2.1 研究材料

在汉江上游的郧县—白河段的盆地地带,过去特大洪水发生过程中常漫过一级阶地并形成相关沉积物,这些沉积物往往很快被后期的黄土所覆盖而夹于地层中,因此在多处地层中发现良好的洪水沉积物夹层,如辽瓦店(吴帅虎等, 2012)、前房村(乔晶等, 2012)、庾家洲(白开霞等, 2013)等地。晏家棚段汉江河谷两岸发育有较好的河流阶地,其中右岸发育有一、二级河流阶地,而左岸缺少二级阶地,但一级阶地十分发育,阶地面十分平缓($<10^{\circ}$),阶地面宽度大于300 m(阶地前沿高出汉江平水位约15 m),地面长期栽种旱作农业。

当地在开采挖掘含金砾石过程中,导致晏家棚段汉江河谷左岸一级阶地断面及其上的沉积物完整地出露,其中砾石层以上的沉积物剖面十分清楚和完整($32^{\circ}49'45.36''\text{ N}$, $110^{\circ}25'33.64''\text{ E}$)。观察发现,在该剖面中存在十分完整的古洪水沉积物夹层(图1),其特征为:① 沉积层上下边界十分清晰,与上下部地层在颜色上和结构上呈突变接触关系,上界面没有被扰动的痕迹,保存完整。② 在垂直于河道方向,古洪水沉积层呈“楔状”夹于地层中,向远离河岸方向其厚度逐渐变薄,最厚处20~25 cm,尖灭点痕迹清晰。向河流上下游追索,沉积物断续

见于地层中。③ 沉积物为灰白色砂层,较松散,粉砂-砂质,内部缺少层理。而上覆地层为浊棕色,下伏地层为暗棕色。显然,该层沉积物是保存完整的典型古洪水滞流沉积物(Slack Water Deposits, 即SWD)。

2.2 研究方法

为研究沉积物粒度的空间分异,对沉积物在水平和垂直方向分别进行了采样。水平方向上,自沉积物尖灭点向河流方向,分别在距离尖灭点0 m、2 m、3 m、4 m和11 m处布设采样。垂直方向上,分别在沉积物顶部、中部和底部采样(图1)。

粒度用美国 Beckman 公司生产的 LS13320 型激光粒度仪测量,具体方法是:取0.8g自然风干样品,加入适量浓度为10%的 H_2O_2 溶液10 ml,除去有机质成分,再加入适量浓度为10%的HCL溶液,除样品中的次生碳酸盐类。再加入适量 $(\text{NaPO}_3)_6$ 作为分散剂分散后上机测试,所有样品测量3次,取平均值。

3 结果和分析

3.1 古洪水SWD整体粒度特征

实验数据显示(表1),古洪水SWD的平均粒径在44.1~107.1 μm 之间,主要为粗粉砂和砂级颗粒。SK(偏态)在0.27~0.47之间,呈正偏态。Kg(峰度)在1.07~1.19之间,峰态尖锐。S(分选系数)在0.98~1.25之间。 $<2\ \mu\text{m}$ 粒级含量在2.27%~4.77%之间,含量较少;2~16 μm 粒级含量在10.43%~21.77%之间;16~63 μm 粒级含量在21.12%~46.95%之间;63~125 μm 粒级含量在20.10%~29.87%之间; $>125\ \mu\text{m}$ 粒级含量在5.81%~40.55%之间。

3.2 古洪水SWD粒度在水平方向上的分布特征

在水平方向上,同层样品的粒度组成变化很小,主要表现为:①同层样品之间粒度自然分布曲线基本一致。如距离尖灭点2~11 m的范围内,沉积层顶部样品的粒度自然分布曲线十分相似,其峰值分布范围集中(图2a);沉积物底部各样品的曲线几乎完全重合(图2b)。②同层各样品的粒度概率累积曲线基本相同,如沉积物顶部所有样品(2-1#、3-1#、4-1#及11-1#)上段及下段的交切点在3~4 ϕ 左右,跃移质粒级分布在2~4 ϕ 之间(占55%~65%),悬

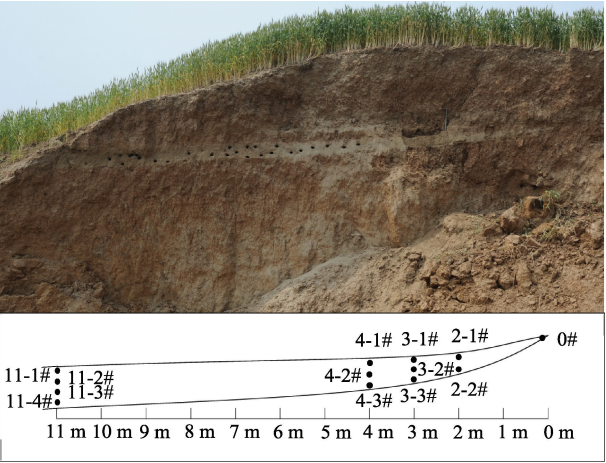


图1 汉江上游晏家棚剖面古洪水SWD照片及采样位置图

Fig. 1 Photo of palaeoflood slack-water deposit and the sketch of sampling points at Yanjiapeng(YJP) site in the upper Han River

表1 汉江上游晏家棚剖面古洪水沉积物粒度分布

Tab. 1 Grain size parameters of the palaeoflood slack water deposits and grain size classification at YJP profile									
样品编号	$Mz^{(1)}$ / μm	$SK^{(2)}$ / ϕ	$Kg^{(3)}$ / ϕ	$S^{(4)}$ / ϕ	<2 μm 占比/%	2~16 μm 占比/%	16~63 μm 占比/%	63~125 μm 占比/%	>125 μm 占比/%
0#	52.8	0.28	1.12	1.09	3.95	18.66	42.54	23.94	10.91
2-1#	83.4	0.33	1.07	1.15	2.84	13.88	30.62	25.12	27.54
2-2#	56.7	0.27	1.07	1.17	4.02	19.28	39.52	23.16	14.01
3-1#	106.9	0.41	1.17	1.07	2.56	10.43	23.37	24.40	39.24
3-2#	97.0	0.37	1.14	1.03	2.27	10.56	26.81	26.39	33.99
3-3#	44.1	0.29	1.08	1.06	3.80	21.77	46.82	21.80	5.81
4-1#	107.1	0.47	1.08	1.25	2.97	14.12	21.12	21.24	40.55
4-2#	66.9	0.35	1.17	0.99	2.96	14.03	36.27	29.87	16.87
4-3#	46.9	0.30	1.13	1.00	3.50	19.39	46.95	23.66	6.50
11-1#	95.7	0.36	1.13	1.08	2.46	11.73	26.76	25.90	33.16
11-2#	62.5	0.32	1.19	0.98	3.21	14.28	39.56	28.35	14.60
11-3#	46.2	0.28	1.15	1.04	4.15	20.17	46.52	21.45	7.72
11-4#	44.3	0.28	1.14	1.09	4.77	21.62	46.14	20.10	7.38
范围	44.1~107.1	0.27~0.47	1.07~1.19	0.98~1.25	2.27~4.77	10.43~21.77	21.12~46.95	20.10~29.87	5.81~40.55

注:1) Mz 为平均粒径;2) SK 为偏态;3) Kg 为峰度;4) S 为分选系数

移质粒级分布在3~8 ϕ 之间(占45%~35%)(图3);沉积物底部所有样品(2-2#、3-3#、4-3#及11-4#)上段及下段的交切点在5~6 ϕ 左右,跃移质粒级分布在2~6 ϕ 之间,占45%~55%,悬移质粒级分布在5~8 ϕ 之间。③同层位的样品的粒度参数波动很小。如沉积物顶部样品的平均粒径在83.4~107.1 μm 之间,底部样品在44.1~56.7 μm 之间。顶部样品 SK (偏态)分布在0.33~0.47之间,底部样品在0.27~0.3之间。顶部样品 Kg (峰度)分布在1.07~1.17之间,底

部样品在1.07~1.14之间。顶部样品 S (分选系数)分布在1.08~1.25之间,底部样品为1~1.17之间。④沉积物同层样品的绝对粒径粒度的含量基本相同。沉积物顶部样品中,粘粒(<2 μm)含量在2.46%~2.97%之间,粉砂(2~63 μm)含量在33.80%~44.50%之间,砂级颗粒(>63 μm)在52.66%~63.64%之间,以上数据说明,不同样品的粒度数据差别很小。沉积物底部样品中,粘粒(<2 μm)含量在3.50%~4.77%之间,粉砂(2~63 μm)含量在58.80%~68.60%之间,砂

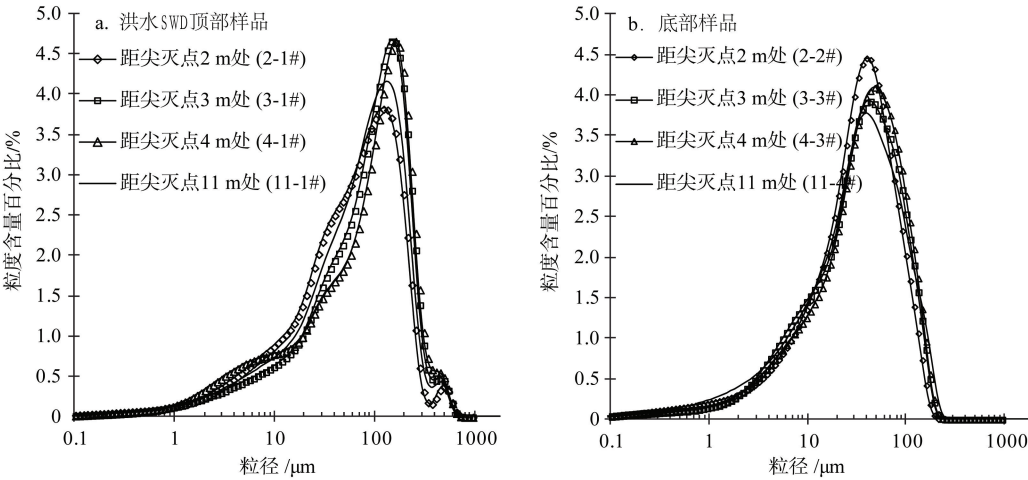


图2 晏家棚剖面古洪水SWD粒度自然分布
Fig. 2 Grain size distribution of palaeoflood slack water deposits at YJP profile

级颗粒($>63\text{ }\mu\text{m}$)在27.48%~37.17%之间,不同样品的粒度组成差别也不明显。

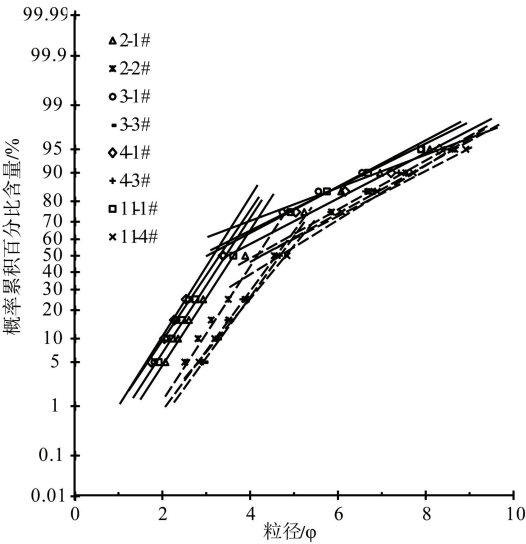


图3 汉江上游晏家棚古洪水SWD概率累积曲线

3.3 古洪水SWD粒度在垂直方向上的分布特征

在垂直方向上,古洪水SWD的粒度变化十分明显,呈从上向下粒度逐渐变细的规律,主要表现为:①从上向下,样品粒度的自然分布曲线逐渐向左偏移,而曲线峰值位置的粒径表现为:顶部样品 $>$ 中部样品 $>$ 底部样品(图4)。②从上向下,样品粒度组成的概率累积曲线也呈逐渐变化。沉积物顶部样品的上下段交切点在3~4 φ左右,而底部样品为5~6 φ左右(图3),中间部位的样品大体上位于两者之间(图5)。沉积物顶部样品的跃移质成分在2~4 φ之间,而底部样品为2~6 φ之间(图2)。沉积物顶部样品悬移质成分在3~8 φ之间,而底部样品为5~8 φ之间(图3)。③从上向下,沉积物的平均粒径逐渐变小。在距离尖灭点3 m处,沉积物顶部样品平均粒径($106.9\text{ }\mu\text{m}$) $>$ 中部样品($97.0\text{ }\mu\text{m}$) $>$ 底部样品($44.1\text{ }\mu\text{m}$)距离尖灭点11 m处,平均粒径变化是顶部样品($95.7\text{ }\mu\text{m}$) $>$ 中上部($62.5\text{ }\mu\text{m}$) $>$ 中下部($46.2\text{ }\mu\text{m}$) $>$ 底部($44.3\text{ }\mu\text{m}$)。④从上向下,沉积物粗颗粒($>125\text{ }\mu\text{m}$)含量呈逐渐变小的特征。在距离尖灭点3 m处,粗颗粒含量变化是顶部样品(39.24%) $>$ 中部样品(33.99%) $>$ 底部样品(5.81%)。

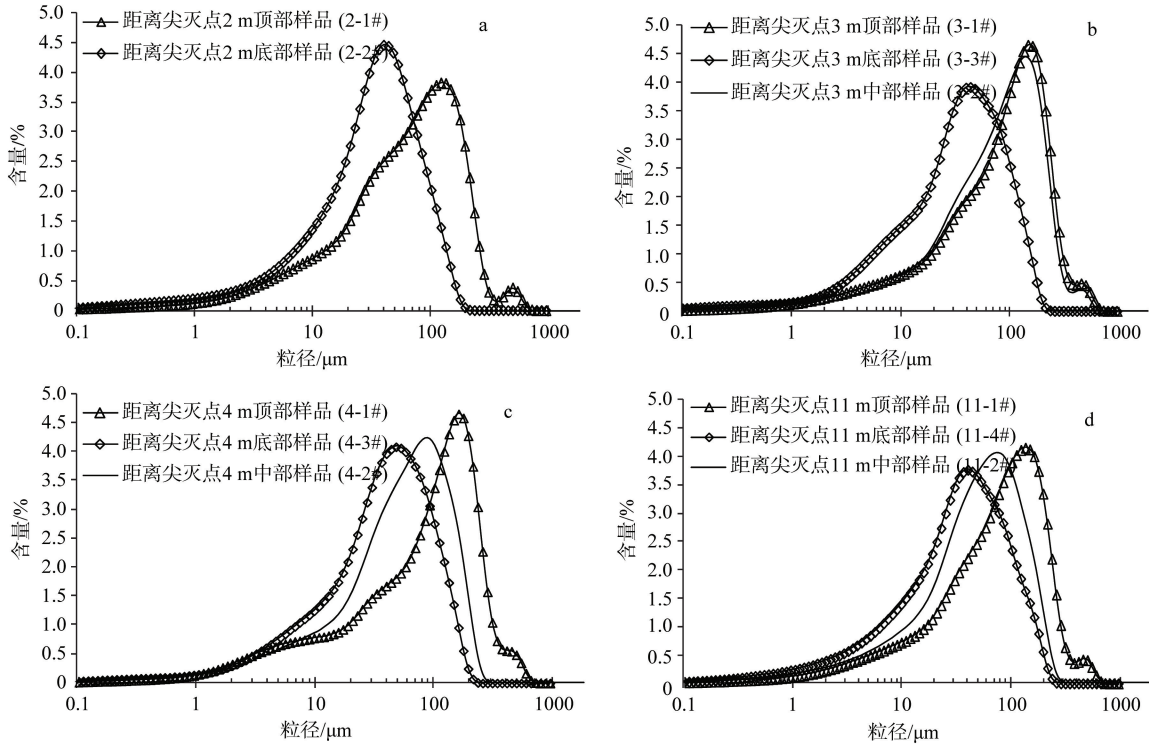


图4 汉江上游晏家棚剖面古洪水SWD自然分布曲线图

Fig.4 Grain size distribution of the palaeoflood slack water deposits at YJP profile in the upper Han River

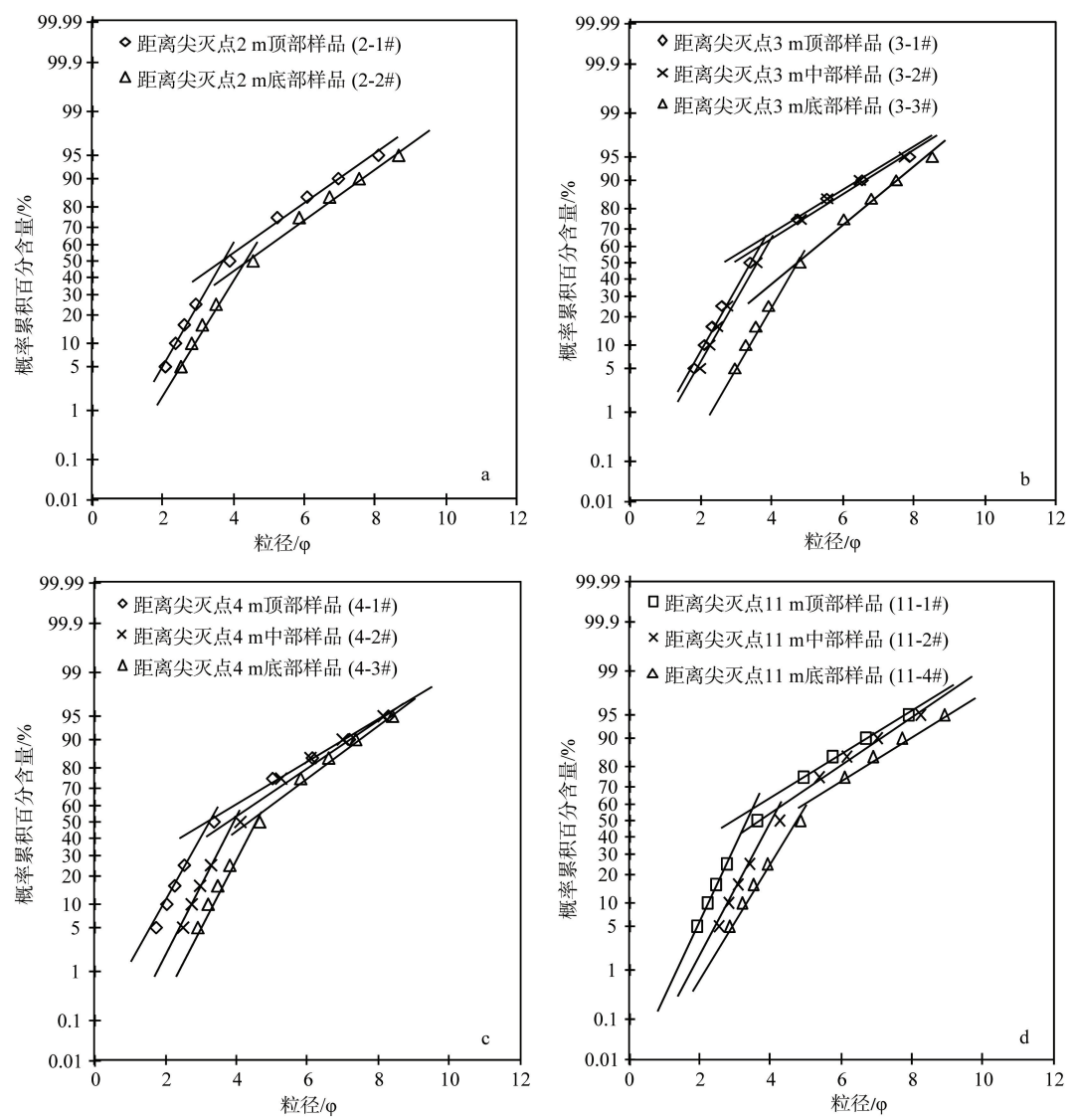


图5 汉江上游晏家棚剖面古洪水SWD概率累积曲线图

Fig.5 Cumulative probability distribution of palaeoflood slack water deposits at YJP profile in the upper Han River

4 古洪水SWD粒度变化原因

关于古洪水SWD粒度的分布特征前人进行了一定的研究,多数人认为古洪水SWD粒度的分布常常具有上细下粗的特征。例如,黄河某些河段古洪水SWD粒度分布具有上细下粗的特征,反映了大洪水漫上阶地面后突然展宽,水流趋缓的水文过程(黄春长等, 2011; 张玉柱等, 2012b)。洪水期间近岸边水流的流速趋于0(杨达源等, 1997),水流携砂能力大大降低,泥沙沉降过程中呈现粗颗粒沉降快而细颗粒沉降慢的沉积特征(谢悦波等, 2001),等。

本文对晏家棚剖面的研究却显示,古洪水SWD的粒度分布并不具备上述上细下粗的特征,

却呈现出从上向下逐渐变细、水平方向上变化不大的特征(本文资料说明至少在距离尖灭点11 m的范围内如此)。其可能原因为:①古洪水SWD粒度从上向下逐渐变细的沉积学特征反映了古洪水发生过程中沉积区水动力逐渐增强的水文状态,即形成底层沉积物时水动力条件相对较弱,随后水动力条件逐渐增强并形成了逐渐变粗的沉积物,这可能与多洪峰洪水的水文过程有关。即在古洪水发生过程中,出现多次快速退水的洪峰,且后期漫上阶地的洪峰较前期洪峰要大,这也导致前期洪峰产生的沉积物较细,后期洪峰产生的沉积物较粗,而在同时期洪水发生过程中,尽管不同洪峰之间有时间差,但这种时间间隔很短,其形成的沉积间断可以

忽略不计,即形成的沉积物可认为是连续的,因此就会形成古洪水SWD上粗下细的现象。据沈桂环等(2011)对2010年7月汉江上游特大暴雨洪水的研究表明,此次暴雨洪水曾导致了汉江上游出现多次洪峰,这也证实上述洪水水文过程的存在。②古洪水SWD粒度从上向下逐渐变细的沉积特征可能与洪水期间局部河道发生壅塞的水文环境有关。即汉江上游古洪水发生过程中,洪水在晏家棚附近河段形成短期堰塞湖,这一过程中河流水文环境发生了变化,由于堰塞湖水面比降小于原河流,泥沙沉积从周边逐步向湖中心推移,结果导致剖面上出现上粗下细的沉积特征。

同时也发现,古洪水SWD中同层位沉积物的粒度组成基本相同,同层位各样品的平均粒径、粒度参数和自然分布曲线及概率累积曲线变化很小(图2、图3、表1),这说明洪水沉积过程中同层位沉积物沉积时的水动力条件基本上相同。实际上,野外观察发现能够较好保存古洪水SWD尖灭的位置在地形上往往较平缓。在这些地方因地形起伏较小而水流很慢(近于滞水),水流的环境条件(如含沙量、流速、水深等)基本一致,往往会使得在距离尖灭点不远的范围内所形成沉积物的粒度组成差异很小。显然,晏家棚剖面古洪水SWD粒度在水平方向上变化很小的现象可能就是此原因造成的。

尽管关于晏家棚古洪水SWD的粒度分布特征的确切原因尚需进一步探讨,但其粒度分布的上述特征至少可说明:①古洪水形成的沉积物不止一种沉积模式,其沉积特征与其发生时的水动力条件有关,既能够形成像黄河流域那样上细下粗的沉积特征,也能够形成如汉江晏家棚地段上粗下细的沉积特征。这就要求在研究古洪水SWD粒度组成时应该进行分层采样,才能够得到古洪水SWD粒度组成的整体特征,而随机单个样品的结果可能带来较大的误差。②在野外调研过程中,当无法找到古洪水SWD尖灭点位置时,可用附近同层位SWD沉积物粒度数据近似代替(本文的数据证实在距离尖灭点<11m范围是可行的)。

5 结论

(1) 晏家棚古洪水SWD的粒度在空间分布上是不均一的。同层位的粒度组成基本相同,粒度自然分布曲线、概率累积曲线、平均粒径和粒度参数

等变化很小;而垂直方向上的粒度组成从上向下逐渐变细。

(2) 同层位古洪水SWD的粒度组成基本相同说明沉积时水动力条件基本相同,垂直方向上的粒度分布的变化则可能与古洪水发生过程中局部河道的短期堰塞或者多次逐渐增强且快速退水的洪峰等有关。

(3) 晏家棚古洪水SWD的粒度变化说明,古洪水形成的沉积物不止一种沉积模式,既可能形成上细下粗的沉积特征,也能够形成上粗下细的沉积特征,在研究古洪水SWD粒度组成时应该分层采样才能够得到粒度组成的整体特征,当野外无法找到古洪水SWD尖灭点位置时可用附近同层位SWD沉积物粒度数据近似代替。

参考文献(References)

- 白开霞, 查小春, 黄春长, 等. 2013. 汉江上游郧县鹿家洲河段全新世古洪水研究. 水土保持通报, 33(4): 295-301. [Bai K X, Zha X C, Huang C C, et al. 2013. Holocene palaeoflood hydrological events of upper reaches of Hanjiang River in Tuojiazhou of Yunxian County. Bulletin of Soil and Water Conservation, 33(4): 295-301].
- 陈华, 郭生练, 柴晓玲, 等. 2005. 汉江丹江口以上流域降水特征及变化趋势分析. 人民长江, 36(11): 29-31. [Chen H, Guo S L, Chai X L, et al. 2005. Analysis of the characteristics and change trend of precipitation in Danjiangkou basin of Hanjiang River. Yangtze River, 36(11): 29-31.]
- 陈敬安, 万国江, 张峰, 等. 2003. 不同时间尺度下的湖泊沉积物环境记录: 以沉积物粒度为例. 中国科学: D辑, 33(6): 563-568. [Chen J A, Wan G J, Zhang F, et al. 2003. The Different time scales of the lake sediment environment- study in grain-size. Science in China: Series D, 33(6): 563-568.]
- 黄春长, 庞奖励, 查小春, 等. 2011. 黄河流域关中盆地史前大洪水研究: 以周原漆水河谷地为例. 中国科学: 地球科学, 41(11): 1655-1669. [Huang C C, Pang J L, Zha X C, et al. 2011. Prehistorical floods in the Guanzhong Basin in the Yellow River drainage area. Science China: Earth Science, 41: 1658-1669.]
- 贺素娣. 1997. 汉江流域水土流失特点及防治对策. 长江流域资源与环境, 6(3): 271-276. [He S D. 1997. Characteristics of soil erosion in Hanjiang Valley and possible countermeasures. Resources and environment in the Yangtze Basin, 6(3): 271-276.]
- 刘红, 何青, 王元叶, 等. 2007. 长江口表层沉积物粒度时空分布特征. 沉积学报, 25(3): 445-455. [Liu H, He Q, Wang

- Y Y, et al. 2007. Temporal and spatial characteristics of surface sediment grain-size distribution in Changjiang Estuary. *Journal of Sediment Research*, 25(3): 445-455.]
- 鹿化煜, 安芷生. 1999. 黄土高原红粘土与黄土古土壤粒度特征对比: 红粘土风成成因的新证据. *沉积学报*, 17(2): 226-232. [Lu H Y, An Z S. 1999. Comparison of grain-size distribution of red clay and loess-palaeosol deposits in Chinese Loess Plateau. *Journal of Sediment Research*, 17(2): 226-232.]
- 鹿化煜, 安芷生. 1998. 黄土高原黄土粒度组成的古气候意义. *中国科学: D辑*, 28(3): 278-283. [Lu H Y, An Z S. 1998. Paleoclimatic significance of grain size of loess-palaeosol deposit in Chinese Loess Plateau. *Science in China: Series D*, 28(3): 278-283.]
- 庞奖励, 黄春长, 查小春, 等. 2011. 汉江上游谷地全新世风成黄土及其成壤改造特征. *地理学报*, 66(11): 1562-1573. [Pang J L, Huang C C, Zha X C, et al. 2011. Holocene aeolian loess and its pedogenic modification in the Upper Hanjiang River Valley, China. *Acta Geographica Sinica*, 66(11): 1562-1573.]
- 乔晶, 庞奖励, 黄春长, 等. 2012. 汉江上游郧县段全新世古洪水滞流沉积物特征. *地理科学进展*, 31(11): 1467-1474. [Qiao J, Pang J L, Huang C C, et al. 2012. Characteristics of palaeoflood slackwater deposits of Yunxian County in the upper reaches of the Hanjiang River. *Progress in Geography*, 31(11): 1467-1474.]
- 沈桂环, 李军社. 2011. 汉江上游"2010·7"特大暴雨洪水分析. *甘肃科技纵横*, 40(3): 66-70. [Shen G H, Li J S. 2011. Analysis of the upstream of the Hanjiang River "2010·7" Torrential rainstorm and flood. *Resources and Environment*, 40(3): 66-70.]
- 王龙升, 黄春长, 庞奖励, 等. 2012. 旬阳东段汉江全新世古洪水研究. *地理科学进展*, 31(9): 1141-1148. [Wang L S, Huang C C, Pang J L, et al. 2012. Holocene Palaeofloods Recorded in the East Xunyang Reach in the Upper Hanjiang River. *Progress in Geography*, 31(9): 1141-1148.]
- 吴帅虎, 庞奖励, 黄春长, 等. 2012. 汉江上游郧县辽瓦店全新世古洪水研究. *水土保持通报*, 32(6): 182-186. [Wu S H, Pang J L, Huang C C, et al. 2012. Palaeoflood study in Liaowadian site of Yunxian County in the upper reaches of Hanjiang River. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 32(6): 182-186.]
- 谢悦波, 费宇红, 沈起鹏. 2001. 古洪水平流沉积与水位. *地球学报*, 22(4): 320-323. [Xie Y B, Fei Y H, Shen Q P. 2001. Slackwater deposits and flow peak level of a paleoflood. *Journal of Earth Science*, 22(4): 320-323.]
- 杨达源, 谢悦波. 1997. 古洪水平流沉积. *沉积学报*, 15(3): 29-32. [Yang D Y, Xie Y B. 1997. Palaeoflood slackwater deposits. *Journal of Sediment Research*, 15(3): 29-32.]
- 张玉柱, 黄春长, 庞奖励, 等. 2012a. 汉江与渭河大洪水滞流沉积物性质对比分析. *水土保持学报*, 26(1): 101-105. [Zhang Y Z, Huang C C, Pang J L, et al. 2012a. Comparative study of the modern flood slackwater deposits in the Hanjiang and Weihe River valleys. *Journal of Soil and Water Conservation*, 26(1): 101-105.]
- 张玉柱, 黄春长, 庞奖励, 等. 2012b. 泾河下游古洪水滞流沉积物地球化学特征研究. *沉积学报*, 30(5): 900-908. [Zhang Y Z, Huang C C, Pang J L, et al. 2012b. Deposits in the lower reaches of the Jinghe River. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2012b, 30(5): 900-908.]
- An Z S, Kukla G, Porter S C, et al. 1991. Late quaternary dust flow on the Chinese Loess Plateau. *Catena*, 18: 125-132.
- Bianchi G G, McCave I N. 1999. Holocene periodicity in North Atlantic climate and deep-ocean flow south of Iceland. *Nature*, 397: 515-517.
- Xiao J L, Porter S C, An Z S, et al. 1996. Grain-size of quartz as an indicator of winter monsoon strength on the Loess Plateau of central China during the last 130000 yr. *Quaternary Science Reviews*, 6(6): 711-717.

Spatial variation of palaeoflood deposits at Yanjiapeng site in the upper reach of the Han River

ZHENG Shuwei, PANG Jiangli, HUANG Chunchang, ZHA Xiaochun, LI Xin

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

Abstract: Through the stratigraphy and geomorphology investigation along the upper reach of the Han River, a loess-soil profile recorded palaeoflood slack-water deposits (SWD) was found at the riverbank near the Yanjiapeng site. This profile (YJP) was examined in great details in the field. The palaeoflood slack-water deposits samples were collected systematically and the grain size of the samples was analyzed in the laboratory. Results indicate that the grain size of the palaeoflood slack-water deposits shows a significant change in space. In the horizontal direction, grain size distribution, cumulative probability distribution and average grain size are the same in the same layer. In the top samples, the content of clay ($< 2\ \mu\text{m}$) is between 2.46%-2.97%, the content of silt ($2-63\ \mu\text{m}$) is between 33.80%-44.50%, and the content of sand-sized particles ($> 63\ \mu\text{m}$) is between 52.66%-63.64%. The grain size distribution curves of these deposits are consistent in the same layer. In the vertical direction, however, grain size distribution, cumulative probability distribution and average grain size vary, and the grain size becomes smaller down from the top—the grain size distribution curves shift to the left gradually. The particle size of the peak position shows the following feature: top samples $>$ middle samples $>$ bottom samples. Some previous studies indicate that in the vertical direction the grain size of palaeoflood slack-water deposits becomes larger down from the top in the Wei River and Jing River. The results of this study at the YJP site in the upper reach of the Han River proved that the spatial variation of palaeoflood slack-water deposits has different forms. Similar grain size in the same layer indicates that the hydrodynamic force was basically the same in the horizontal direction and this result is good for sample collection in the field. The change of grain size in the vertical direction indicates that the hydrodynamic force was different and the reasons for this change may be related to the temporary river damming during the floods or the gradual built-up and quick withdrawal cycles of the palaeofloods. Samples should be collected layer by layer in the field study of grain size of palaeoflood slack-water deposits. If the palaeoflood slack-water deposits pinch out point cannot be identified in the field, grain size of palaeoflood slack-water deposits pinch out point of the same layer at close proximity can be used instead.

Key words: palaeoflood SWD; grain size; spatial variation; upper Han River