

汉江上游现代大洪水滞流沉积物的 粒度分布特征研究

郭永强, 黄春长, 庞奖励, 尚瑞清, 周亚利

(陕西师范大学旅游与环境学院, 陕西 西安 710062)

摘要: 对汉江上游现代大洪水高水位滞流沉积物(SWD)系统地采样测试分析, 结果表明: 汉江上游现代大洪水SWD沉积物性质是沙质粘土或粘土质沙、沙质粉沙或粉沙质沙。其分布特征大致分为两大类: 安康段以上基本是以粉沙质沙或沙质粉沙为主, 安康段以下基本是沙质粘土或粘土质沙。粒度成分和粒度参数都反映现代洪水SWD经过充分的分选, 但是受多种因素影响, 其粒径组成具有明显的空间变化。水库或大坝对大洪水SWD的粒度自然分布频率单峰曲线尖窄的形状没有明显的影响, 而更多与其沉积的微地貌环境和水动力条件有关。

关 键 词: 现代大洪水; 滞流沉积物; 粒度; 空间分布; 汉江上游

中图分类号: P954

文献标识码: A

文章编号: 1000-0690(2014)11-1369-08

近年来, 全球变暖背景下, 极端气候水文事件发生频率日益增加。而河流大洪水对流域内气候-水文系统的变化响应敏感^[1]。大洪水形成的悬移质泥沙是流域内地表土壤侵蚀和水土流失的产物, 其粒径分布能够反映流域内岩性、地貌、气候、水文以及人类活动等信息, 尤其是高水位悬移质泥沙对于理解大洪水泥沙的水文特性及其搬运、分选和沉积过程都具有重要意义^[2-5]。汉江上游是中国南水北调中线工程水源区, 前人对汉江上游地貌发育、气象水文及暴雨洪水等方面做了一系列的研究^[6-10]。但是, 对于汉江上游现代大洪水悬移质泥沙沉积物的研究还较为缺乏。近几年, 以黄春长教授为主的科研团队, 对汉江上游古洪水事件和古洪水水文恢复进行了深入研究^[11-19]。本文对汉江上游现代大洪水SWD沿程系统采样分析, 旨在揭示现代大洪水SWD沉积物性质、粒度分布特征及其影响因素。这些成果有助于理解汉江上游现代大洪水的水文学和沉积学过程, 为汉江上游古洪水研究、水土保持和防洪减灾等方面提供科学依据。

1 研究区概况

汉江上游地处秦岭和米仓山、大巴山东西褶皱带之间, 峡谷两侧多为变质岩系(图1)。其中, 安康段以上基本是V型峡谷及基岩山坡, 安康段以下的缓坡地带, 基岩上覆盖着厚度不等的砂卵石层和黄土、古土壤。汉江上游属于北亚热带季风气候, 多年平均降水量800~1 200 mm, 年均降水量的80%主要分布在5~10月, 且多集中在7~9月。秋季当东南季风南下, 与北上的西南季风遭遇西北季风时, 3股气团交绥通常形成该地区长时间、大规模的降水^[7], 加上地势突出, 地貌复杂, 连续性和区域性的暴雨形成洪水, 当干支流洪水大部或全部遭遇时形成区内的大洪水和特大洪水。汉江上游属于典型的羽毛状水系, 秦巴山地又为区内的暴雨中心, 这种独特的自然地理环境决定其经常遭受暴雨洪涝灾害的影响^[6-9]。同时, 汉江上游蕴藏着丰富的水能和水利资源, 规划和建设黄金峡(▽450 m)-石泉(▽410 m)-喜河(▽362 m)-安康(▽330 m)-旬阳(▽243 m)-蜀河(▽218 m)-夹河

收稿日期: 2013-09-16; **修订日期:** 2013-11-10

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(41030637, 41271108, 41371029)、陕西师范大学研究生培养创新基金项目(2013CXS012)资助。

作者简介: 郭永强(1986-), 男, 山西介休人, 博士研究生, 主要从事环境变迁与人地关系研究。E-mail: geogyq@126.com

通讯作者: 黄春长, 教授。E-mail: cchuang@snnu.edu.cn

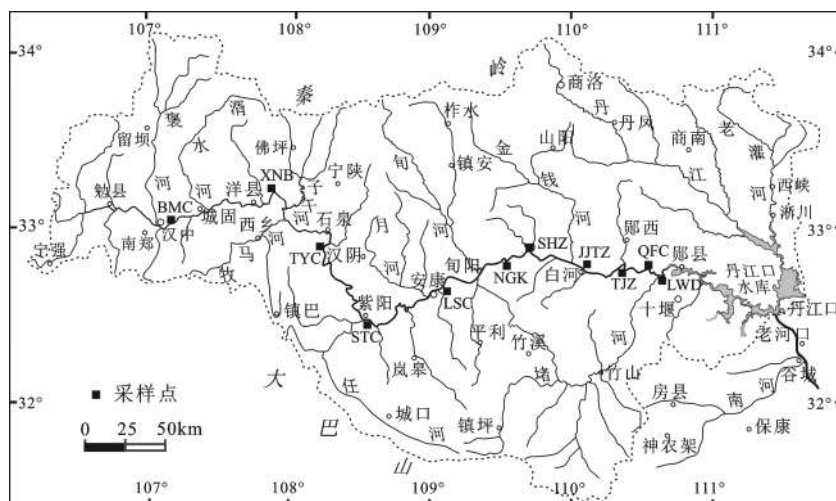


图1 汉江上游水系与现代大洪水SWD采样点位置分布

Fig.1 The locations of river system and modern flood SWD sampling sites in the upper Hanjiang River

(∇ 196 m) 7级梯级水电站^[10]。汉江上游白河水文站测量的2010年7月和2011年9月最大洪峰流量分别是21 400 m³/s和21 000 m³/s^[11]。

2 样品采集与分析方法

2010~2012年期间,对汉江上游现代大洪水详细的野外调查,沿程自上而下系统地采集现代大洪水SWD,主要包括:汉中段白庙村(BMC)、洋县段西南坝(XNB)、石泉段太阳村(TYC)、紫阳段双台村(STC)、安康段立石村(LSC)、旬阳段泥沟口(NGK)、蜀河镇(SHZ)、白河段焦家台子(JJTZ)、郧西段鹿家洲(TJZ)、郧县段前坊村(QFC)、辽瓦店(LWD)地点(见图1)。为了保证样品真实反映洪水SWD的粒度特征,首先选择曲流凸岸或者支流沟口的高水位悬移质泥沙沉积地点,可见现代洪水SWD逐渐向上尖灭;尔后选取厚度和质地均匀的新鲜灰白色粉沙,清理采样地点的洪水杂物(如树枝、树叶等),修整好采样剖面;最后采用塑料铲刮去沉积物表层1~2 cm左右,在沉积层块体内部均匀取样测试分析,每个地点同时采集5个以上的样本。

所有样品在室内自然风干,取约0.8 g左右的风干样品,放置在电热板上,先加入浓度为10%的H₂O₂去除有机质,再加入10%的HCl去除碳酸盐等胶结物,经过加水清洗,静置72 h后,在测量前加入分散剂(NaPO₃)。使颗粒充分分散,最后使用英国Malvern公司生产的Mastersizer-S激光粒度仪进行测定分析^[20-24]。所得沉积样品各粒级的百分含量,并借以计算沉积物的沉积特性参数,其中 Φ

值与粒径 d (mm)关系为: $\Phi=\log_2 d$ 。粒度参数一般采用Folk和Ward制定的计算公式:平均粒径 $M_z=(\Phi_{16}+\Phi_{50}+\Phi_{84})/3$;中值粒径 $M_d=\Phi_{50}$;分选系数 $S=(\Phi_{75}+\Phi_{25})/2$;标准偏差 $O=(\Phi_{84}-\Phi_{16})/4+(\Phi_{95}-\Phi_5)/6.6$;偏度 $SK=(\Phi_{84}+\Phi_{16}-2\Phi_{50})/2(\Phi_{84}-\Phi_{16})$;峰态 $K_g=(\Phi_{95}-\Phi_5)/2.44(\Phi_{75}-\Phi_{25})^{[25]}$ 。

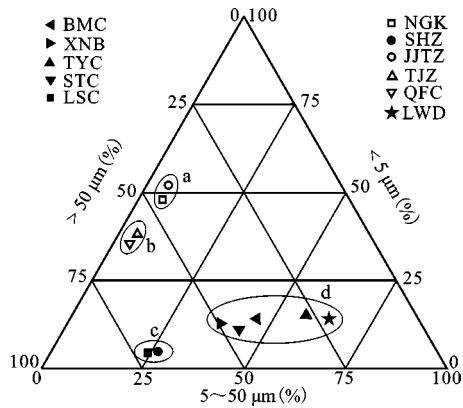
3 结果与分析

3.1 现代大洪水SWD的沉积物性质

依据土壤学分级标准制作的粒度成分三角图常用于沉积物粒度成分的命名与性质判别^[25]。其中,<5 μ m为粘土、5~50 μ m为粉沙、>50 μ m为沙。汉江上游现代大洪水SWD的性质是沙质粘土或粘土质沙、沙质粉沙或粉沙质沙(图2)。其中,汉中段至紫阳段(BMC-STC)和郧县段(LWD)属于沙质粉沙,粉沙含量37.8%~64.2%,沙粒含量22.1%~42.6%;安康段(LSC)和旬阳段(SHZ)属于粉沙质沙,粉沙含量分别是24.2%和26.6%,沙粒含量72.0%和69.1%;旬阳段(NGK)和白河段(JJTZ)属于沙质粘土;粘粒含量分别是48.3%和51.6%,沙粒含量45.7%和42.7%;郧西段(TJZ)和郧县段(QFC)属于粘土质沙,粘粒含量分别是37.8%和35.3%,沙粒含量57.2%和60.6%。总结发现,汉江上游现代大洪水SWD分布大致分为两大类:安康段以上基本是粉沙质沙或沙质粉沙,而安康段以下基本是沙质粘土或粘土质沙。

3.2 现代大洪水SWD的粒度成分

现代大洪水SWD粘粒含量(<2 μ m)沿汉江上



a. 沙质粘土; b. 粘土质沙; c. 粉沙质沙; d. 沙质粉沙

图2 汉江上游现代大洪水SWD粒度成分三角图

Fig.2 Grain-size distribution triangle diagram of the modern flood SWD in the upper Hanjiang River

游自上而下呈现出下降趋势,且大致可分为两大部分:汉中(BMC)至紫阳(STC)地点的粘粒含量在5.1%~6.6%之间,平均为5.9%;而安康段(LSC)以下地点在1.3%~4.3%之间,平均为2.1%。细粉沙含量(2~16 μm)变化趋势与粘粒含量相似,汉中(BMC)至紫阳(STC)地点的细粉沙含量在20.7%~31.4%之间,平均为24.7%,而安康段以下在9.0%~36.9%之间,平均为17.0%。粗粉沙含量(16~63 μm)空间波动较大,平均含量为36.4%。沙粒含量(> 63 μm)与粘粒和细粉沙含量的变化趋势相反。

汉中(BMC)至紫阳(STC)地点的沙粒含量在20.6%~43.7%之间,平均为33.3%,而随着洪水流量的加大和支流泥沙的汇入,安康段以下沙粒增加,在15.1%~65.6%之间,平均为44.2%。其中,郧县段LWD地点的细颗粒含量明显偏大,而沙粒含量明显下降,这与其靠近丹江口水库库尾有关。可见,汉江上游现代大洪水SWD安康段以上地点的细颗粒(粘粒和细粉沙)含量大,沙粒含量小,而安康段以下地点细颗粒含量小,沙粒含量大(图3)。

3.3 现代大洪水SWD的粒度参数

平均粒径(M_z)和中值粒径(M_d)反映沉积物中最主要的颗粒成分^[20-23]。汉中(BMC)至紫阳(STC)地点的平均粒径在4.8 Φ ~5.5 Φ 之间,平均为5.1 Φ (51.2 μm),中值粒径在4.3 Φ ~5.3 Φ 之间,平均为4.7 Φ (38.5 μm);安康段(LSC)以下的地点平均粒径在3.4 Φ ~5.7 Φ 之间,平均为4.4 Φ (73.4 μm),中值粒径在3.3 Φ ~5.5 Φ 之间,平均为4.2 Φ (59.6 μm)。对比发现,汉江上游汉中(BMC)至紫阳(STC)地点的平均粒径和中值粒径小于安康段以下的地点,这与其粒度成分反映的情况一致。并且现代大洪水SWD沿程的平均粒径整体要大于中值粒径,反映其颗粒整体偏粗。

分选系数(S)和标准偏差(σ)都是反映沉积物分选程度的参数^[20-23]。汉江上游现代洪水SWD分选系数在0.91~1.56之间波动,平均为1.15;标准偏

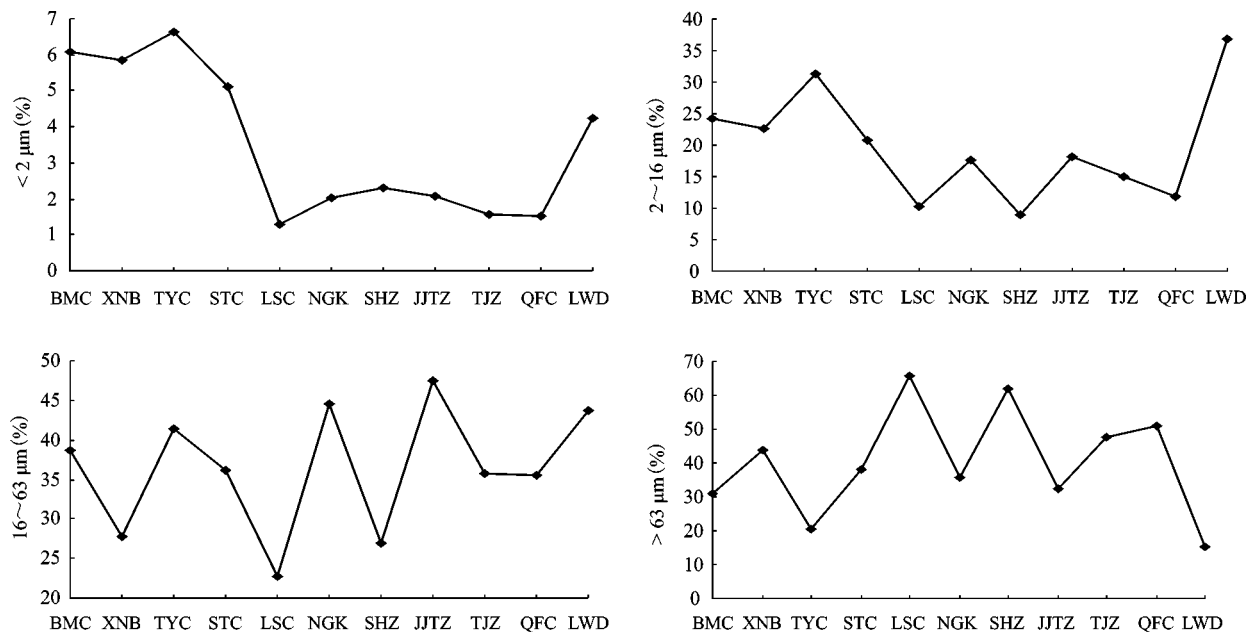


图3 汉江上游现代大洪水SWD粒度成分沿程变化

Fig.3 On-way variation of grain-size distribution in modern flood SWD along the upper Hanjiang River

差在 1.47~2.17 之间波动,平均为 1.75,为分选好。偏度(SK)沿程在 0.15~0.37 之间波动,为正偏态或极正偏态。峰态(K_g)在 0.93~1.21 之间波动,平均为 1.07,为尖窄,沿程呈现出逐渐增加的趋势(LWD 靠近库尾异常外),这也反映出现代大洪水 SWD 的分选性好,且呈现出越往下游分选性越好的特征(图 4)。

4 讨 论

4.1 现代大洪水 SWD 粒径组成的影响因素

河流泥沙的粒径组成及其分布规律对于理解河流水资源特性和泥沙沉积过程具有重要意义,而对于其影响因素是国内外学者探讨的焦点问题^[25-36]。现代大洪水 SWD 是大洪水期间流域内的地表土壤侵蚀和水土流失的产物,其粒度成分必然受流域内自然环境(地质地貌^[6]、气象水文和洪水特性^[7-9])和人类活动(土地利用方式与土壤植被类型^[37,38]和水利工程^[39,40]等)的影响。汉江上游各个地点粒径成分<5、5~50 或者>50 μm 所占的比例具有明显的空间波动(图 5)。其中,汉中至紫阳段(BMC-STC 地点)主要以>50 μm 和 5~50 μm 为主,这与其位于上游段颗粒相对较粗有关。安康段(LSC)和旬阳段(SHZ)也主要以 5~50 μm 和>50 μm 为主,旬阳至郧县段(NGK-QFC 地点)主要以>50 μm 和<5 μm 为主。这些结果与其沉

积物性质反映情况一致(具体数值参见图 2)。现代大洪水既受汉江上游地形地貌和区域气象水文条件的宏观控制,同时受现代大洪水 SWD 物源、水动力条件和微地貌环境以及人类活动等综合因素的影响,造成其在同一流域呈现出不同的粒径组成(图 5)。

4.2 现代洪水 SWD 的粒度自然频率曲线

粒度自然频率曲线可以更直观的反映沉积物性质和沉积环境^[27-30]。汉江上游现代大洪水 SWD 粒度自然频率曲线都呈现出单峰、尖窄型(图 6)。这反映大洪水 SWD 洪水期间经过长距离搬运和充分的分选,且与其粒度成分和粒度参数反映的结果一致(见图 4)。汉江上游现代洪水 SWD 自然频率曲线峰值一般在粗粉沙(16~63 μm)和沙粒(>63 μm)一侧,其中汉中段 BMC 和洋县段 XNB 峰值分别在 70 和 90 μm 左右;而石泉段 TYC 峰值在 30 μm 左右;紫阳段 STC 和安康段 LSC 峰值都在 90 μm 左右;而旬阳段 NGK 和 SHZ 的峰值在 60 和 110 μm 左右;白河段(JJTZ)至郧县段(QFC 和 LWD)峰值在 60~80 μm 左右。按汉江上游 7 级梯级水利开发建设规划,建设如石泉、喜河、安康、旬阳、蜀河、夹河、白河等一系列水库和大坝^[10]。前人研究发现,水利工程对河流泥沙粒径产生一定影响^[39,40]。从汉江上游自上而下的粒度自然频率曲线可以看出,这些水库或大坝对大洪水 SWD 的粒度自然频

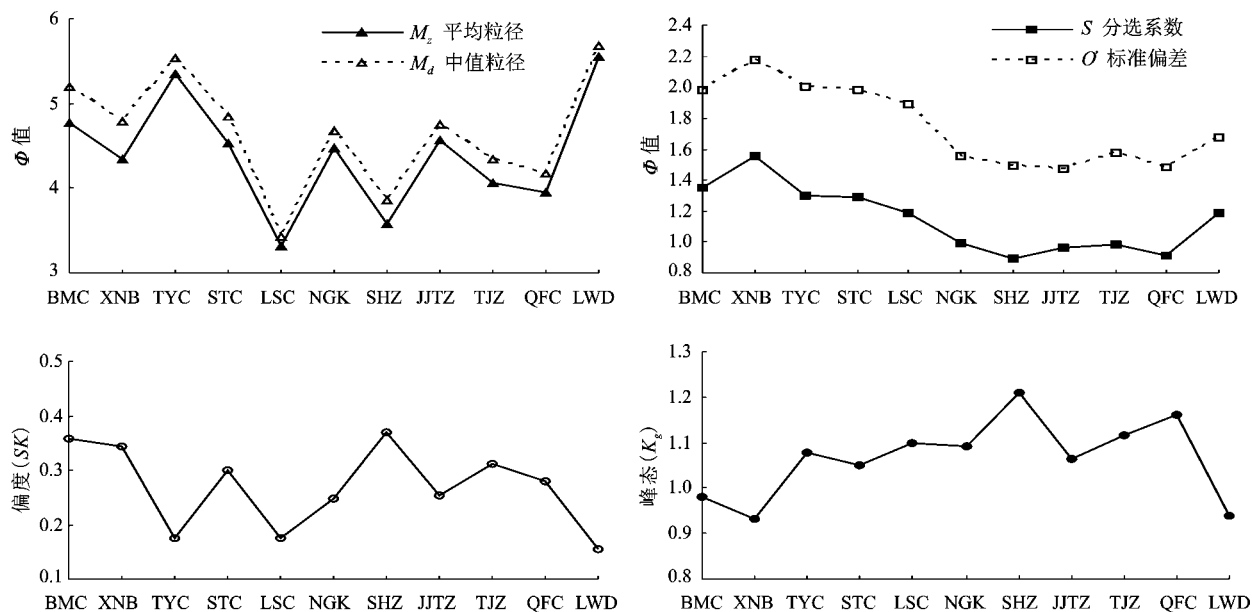


图 4 汉江上游现代大洪水 SWD 粒度参数沿程变化

Fig.4 On-way variation of grain-size indices in modern flood SWD along the upper Hanjiang River

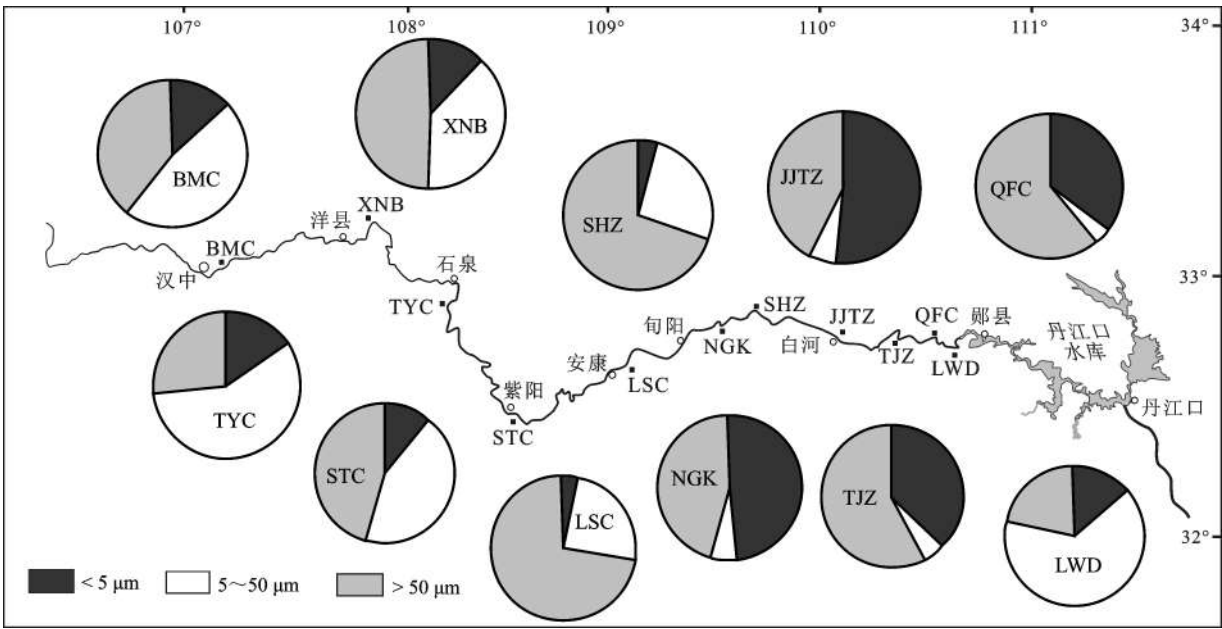


图5 汉江上游现代大洪水SWD 粒径含量沿程变化

Fig.5 On-way variation of particle-size distribution in modern flood SWD along the upper Hanjiang River

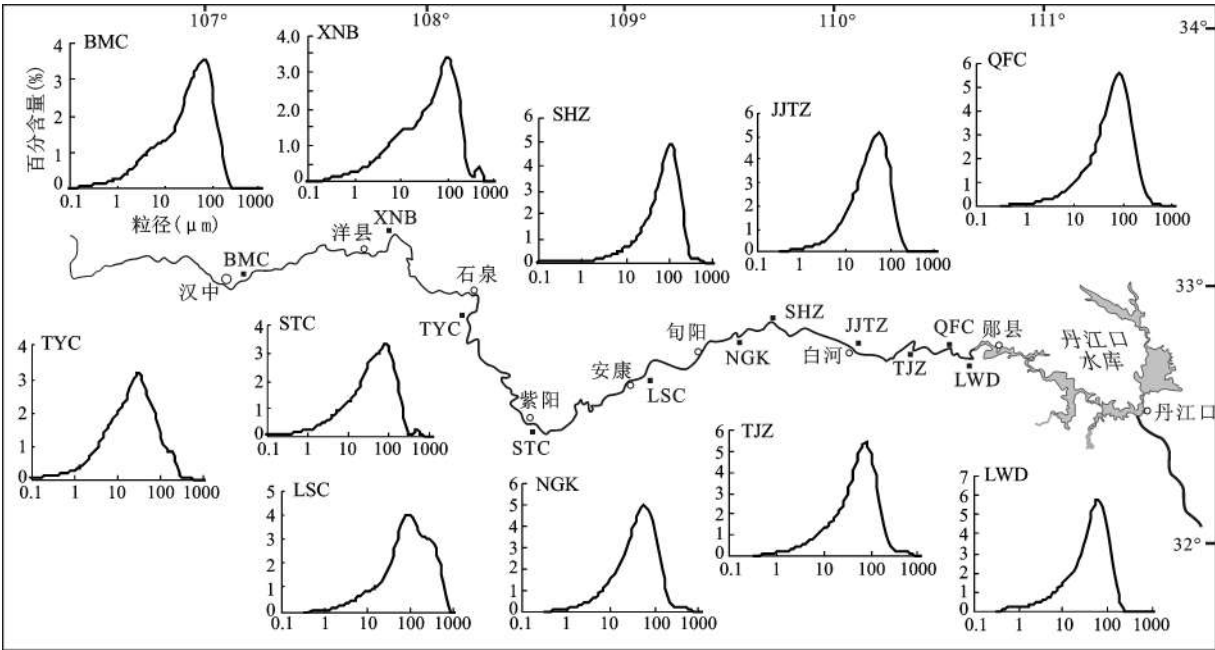


图6 汉江上游现代大洪水SWD 自然频率曲线沿程变化

Fig.6 On-way variation of particle-size distribution frequency in modern flood SWD along the upper Hanjiang River

率曲线峰值范围的波动可能产生一定影响,而对其单峰尖窄的形状没有明显的影响(图6)。这是由于水库或大坝等水利设施主要影响的是洪水期间的推移质泥沙,而对悬移质泥沙影响较小。并且大洪水SWD 是高水位滞流环境下,水流速度接近于0 的悬移质泥沙,其频率曲线更多与其沉积的微地

貌环境和水动力条件有关。这反映出现代大洪水SWD 粒度自然频率曲线可以作为验证古洪水SWD 指标之一,其沉积原理具有一致性。

5 结 论

汉江上游现代大洪水SWD 沉积物性质是沙

质粘土或粘土质沙、沙质粉沙或粉沙质沙。其分布大致可分为两大类:安康段以上基本以粉沙质沙或沙质粉沙为主,安康段以下基本是沙质粘土或粘土质沙。粒度成分分析发现,安康段以上的细颗粒(粘粒和细粉沙)含量大,沙粒含量小,而安康段以下地点细颗粒含量小,沙粒含量大。这些结果与其平均粒径和中值粒径反映的情况一致。并且现代大洪水 SWD 沿程的平均粒径整体要大于中值粒径,反映其颗粒整体偏粗。标准偏差和分选系数沿程呈现出逐渐下降的趋势,而峰态呈现逐渐增加的趋势,这些反映现代大洪水 SWD 在长距离搬运和沉积过程中经过充分的分选,且越往下游分选性越好。

汉江上游现代大洪水 SWD 粒度具有明显的空间变化。这不仅与汉江上游构造格局、地貌发育、气象水文条件等宏观因素控制有关,同时受大洪水 SWD 物源、水动力条件和微地貌环境以及人类活动等综合因素的影响,这些共同造成现代大洪水 SWD 在同一流域呈现出不同的粒径组成。现代大洪水 SWD 粒度自然频率曲线自上而下都呈现出单峰、尖窄型。这表明水库或大坝对大洪水 SWD 的粒度自然频率曲线的单峰尖窄形状没有明显的影响,而更多与其沉积的微地貌环境和水动力条件有关。故现代大洪水 SWD 粒度自然频率曲线可以作为验证古洪水 SWD 指标之一,其沉积原理具有一致性。汉江上游现代大洪水 SWD 粒度成分的空间分布特征更好地揭示了大洪水水文学和沉积学过程。

参考文献:

- [1] Knox J C. Large increases in flood magnitude in response to modest changes in climate[J]. *Nature*, 1991, **351**: 410-437.
- [2] Walling D E, He Q. The spatial variability of overbank sedimentation on river floodplains[J]. *Geomorphology*, 1998, **24**: 209-223.
- [3] Beuselinck L, Steegen A, Govers G, et al. Characteristics of sediment deposits formed by intense rainfall events in small catchments in the Belgian Loam Belt[J]. *Geomorphology*, 2000, **32**: 69-82.
- [4] 周 华, 廖富强, 徐明星, 等. 连云港藤花落遗址土壤粒度及重金属累积特征[J]. *地理科学*, 2013, **33**(3): 349-355.
- [5] Haritashya U K, Kumar A, Singh P. Particle size characteristics of suspended sediment transported in meltwater from the Gangotri Glacier, central Himalaya—An indicator of subglacial sediment evacuation[J]. *Geomorphology*, 2010, **122**: 140-152.
- [6] 沈玉昌. 汉水河谷的地貌及其发育史[J]. *地理学报*, 1956, **22**(4): 295-323.
- [7] 李庆宝. 汉江上游十大洪水气象特征分析[J]. *灾害学*, 1991, **6**(2): 39-44.
- [8] 杨永德, 邹 宁, 郭希望, 等. 汉江上游水文特性的初步分析[J]. *水文*, 1997, **2**: 54-56.
- [9] 张 楷. 汉江上游暴雨洪水特性研究[J]. *灾害学*, 2006, **21**(3): 98-102.
- [10] 周建华. 汉江上游梯级水电开发模式研究[D]. 西安理工大学博士学位论文, 2002.
- [11] Huang Chun Chang, Pang Jiangli, Zha Xiaochun, et al. Extraordinary hydro-climatic events during the period A D 200-300 recorded by slackwater deposits in the upper Hanjiang River valley, China[J]. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 2013, **374**: 274-283.
- [12] Zhang Yuzhu, Huang Chun Chang, Pang Jiangli, et al. Holocene paleo floods related to climatic events in the upper reaches of the Hanjiang River valley, middle Yangtze River basin, China[J]. *Geomorphology*, 2013, **195**: 1-12.
- [13] 王龙升, 黄春长, 庞奖励, 等. 旬阳东段汉江全新世古洪水研究[J]. *地理科学进展*, 2012, **31**(9): 1141-1148.
- [14] 李晓刚, 黄春长, 庞奖励, 等. 汉江上游白河段万年尺度洪水水文学研究[J]. *地理科学*, 2012, **32**(8): 971-978.
- [15] 查小春, 黄春长, 庞奖励, 等. 汉江上游郧西段全新世古洪水事件研究[J]. *地理学报*, 2012, **67**(5): 671-680.
- [16] 乔 晶, 庞奖励, 黄春长, 等. 汉江上游郧县前坊段全新世古洪水水文学研究[J]. *长江流域资源与环境*, 2012, **21**(5): 533-539.
- [17] 虎亚伟, 庞奖励, 黄春长, 等. 汉江上游郧西段全新世古洪水水文学研究[J]. *自然灾害学报*, 2012, **21**(5): 55-62.
- [18] 许 洁, 黄春长, 庞奖励, 等. 汉江上游安康东段全新世古洪水沉积学与水文学研究[J]. *湖泊科学*, 2013, **25**(3): 445-454.
- [19] 刘建芳, 查小春, 黄春长, 等. 汉江上游郧县尚家河段全新世古洪水水文学研究[J]. *水土保持学报*, 2013, **27**(2): 90-94.
- [20] Huang Chun Chang, Pang Jiangli, Su Hongxia, et al. Impact of monsoonal climatic change on Holocene overbank flooding along Sushui River, middle reach of the Yellow River, China[J]. *Quaternary Science Reviews*, 2007, **26**: 2247-2264.
- [21] Huang Chun Chang, Pang Jiangli, Su Hongxia, et al. Holocene environmental change inferred from the loess-palaeosol sequences adjacent to the floodplain of the Yellow River, China[J]. *Quaternary Science Reviews*, 2009, **28**: 2633-2646.
- [22] Huang Chun Chang, Pang Jiangli, Zha Xiaochun, et al. Extraordinary Floods of 4 100-4 000 a B.P. recorded at the Late Neolithic Ruins in the Jinghe River Gorges, Middle Reach of the Yellow River, China[J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2010, **28**: 1-9.
- [23] Huang Chun Chang, Pang Jiangli, Zha Xiaochun, et al. Extraordi-

- nary floods related to the climatic event at 4 200 a B.P. on the Qishuihe River,middle reaches of the Yellow River,China[J]. Quaternary Science Reviews,2011,**30**:460-468.
- [24] 庞奖励,乔 晶,黄春长,等.前处理过程对汉江上游谷地“古土壤”粒度测试结果的影响研究[J].地理科学,2013,**33**(6):748~753.
- [25] 詹道江,谢悦波.古洪水研究[M].北京:中国水利水电出版社,2001:17~21.
- [26] 张晓华,潘贤娣,李 勇,等.黄河中游干流泥沙组成规律[J].泥沙研究,1998,(4):70~74.
- [27] 周 娜,张春来,刘永刚.雅鲁藏布江米林宽谷段新月形沙丘粒度分异研究[J].地理科学,2011,**31**(8):958~963.
- [28] 王丰年,李保生,王江龙,等.萨拉乌苏河流域MGS2层段粒度与CaCO₃记录的千年尺度气候变化[J].地理科学,2012,**32**(5):596~602.
- [29] Vandenbergh J,Moor J J W,Spanjaard G.Natural change and human impact in a present-day fluvial catchment:The Geul River,Southern Netherlands[J].Geomorphology,2012,**160**:1-14.
- [30] 刘爱霞,卢金发.黄河中游悬移质泥沙粒径与流域环境关系[J].地理学报,2002,**57**(2):232~237.
- [31] 许炯心.黄河中游支流悬移质粒度与含沙量、流量间的复杂关系[J].地理研究,2003,**22**(1):39~48.
- [32] 刘新有,何大明.怒江流域悬移质输沙时空分布特征及变化趋势[J].地理学报,2013,**68**(3):365~371.
- [33] Nicola Surian.Downstream variation in grain size along an Alpine river: analysis of controls and processes[J].Geomorphology,2002,**43**:137-149.
- [34] Erik W H,Erin R K,Jacob O S,et al.Climatic and geomorphic interactions on alluvial fans in the Atacama Desert,Chile[J].Geomorphology,2010,**121**:184-196.
- [35] Michael M B.Controls on overbank deposition in the Upper Mississippi River[J].Geomorphology,2003,**56**:271-290.
- [36] Zhang Yuzhu,Huang Chun Chang,Pang Jiangli,et al.Comparative study of the modern flood slackwater deposits in the upper reaches of Hanjiang and Weihe River Valleys,China[J].Quaternary International,2012,**282**:184-191.
- [37] 沈泽昊,张全发,岳 超,等.南水北调中线水源区土地利用/土地覆被的空间格局[J].地理学报,2006,**61**(6):633~644.
- [38] 黄宁波,王义民,苏保林.汉江上游洪水特性复杂度分析[J].南水北调与水利科技,2012,**10**(1):45~48.
- [39] Wang Zhao Yin,Wu Baosheng,Wang Guangqian.Fluvial processes and morphological response in the Yellow and Weihe Rivers to closure and operation of Sanmenxia Dam[J].Geomorphology,2007,**91**:65-79.
- [40] Wenhao Yuan,Daowei Yin,Brian Finlayson,et al.Assessing the potential for change in the middle Yangtze River channel following impoundment of the Three Gorges Dam[J].Geomorphology,2012,**148**:27-34.

Grain Size Characteristics of Modern Flood Slackwater Deposits Along the Upper Hanjiang River

GUO Yong-qiang, HUANG Chun-chang, PANG Jiang-li, SHANG Rui-qing, ZHOU Ya-li

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

Abstract: Modern large flood events were marked clearly by grayish slackwater deposits of silty fine sand on the channel side. The most recent large floods in the upper Hanjiang River occurred on 19 July, 2010 with a peak discharge 21 400 m³/s and 19 September, 2011 with a peak discharge 21 000 m³/s as measured in the Baihe gauge station in the upper Hanjiang River basin. Modern flood slackwater deposits (SWD) were systematically investigated and sampled from upstream to downstream along the upper Hanjiang River in 2010-2012. These results showed that modern flood SWD is sandy clay, clay sand, sandy silt and silty sand in the upper Hanjiang River. There are two parts for the distribution of modern flood SWD. Sediment properties of modern

flood SWD in the upstream of Ankang section are sandy silt and silty sand, but they are sandy clay and clayey sand in the downstream of Ankang section. The average clay ($<2\ \mu\text{m}$) content (5.9%) in the upper stream of Ankang section (LSC site) is higher than that in the down stream (clay content 2.1%). The average fine silt ($2\text{--}16\ \mu\text{m}$) content (24.7%) in the upper stream of Ankang section (LSC site) is higher than that (17.0%) in the down stream. The average coarse silt ($16\text{--}63\ \mu\text{m}$) content of modern flood SWD is 36.4% in the upper Hanjiang River. Clay and fine silt present high values in the upstream of LSC site and low values in the down stream of LSC site. On the contrary, sand ($>63\ \mu\text{m}$) content shows that the low values (33.3%) in the upper stream of LSC site, whereas high values (44.2%) present in the down stream of LSC site. Mean size and medium size of modern flood SWD in the upstream of Ankang section are finer than that in the downstream. Mean size is larger than medium size of modern flood SWD along the upper Hanjiang River. Both sorting and skewness gradually decrease, but kurtosis gradually increases along the upper Hanjiang River. These results reflect that modern flood SWD are suspend deposits during highly energetic flood flows and deposited at long-term preservation. Grain size distribution of modern flood SWD presents obvious spatial variation along the upper Hanjiang River. Grain-size distributions of modern flood SWD are not only controlled by the lithology, topography, geomorphology and hydrology of the upper Hanjiang River, but also affected by the flood SWD sources, hydrologic conditions and micro-geomorphology of the SWD sedimentary environment. The shapes of particle-size distribution frequency curves in the modern flood SWD are more related to the micro-geomorphology environment and hydrodynamic conditions during flood periods, and reservoirs and dams have weak influence on the shapes of modern flood SWD in the upper Hanjiang River. The shape of particle-size distribution frequency curve of modern flood SWD is an important proxy for identifying the palaeoflood SWD. These results provide a basic reference to mitigate flood disasters, palaeoflood science, and soil and water conservation in the upper Hanjiang River.

Key words: modern flood; slackwater deposits; grain size; spatial variation; the upper Hanjiang River