

汉江上游郧县庾家洲河段全新世古洪水研究

白开霞, 查小春, 黄春长, 庞奖励, 顾洪亮, 赵英杰

(陕西师范大学 旅游与环境学院, 陕西 西安 710062)

摘要:通过对汉江上游的实地调查,在湖北省郧县庾家洲段发现了含有 4 期古洪水滞流沉积层的典型全新世黄土—古土壤剖面。结合野外观察和室内粒度、磁化率和烧失量等指标的测定,判定为典型的古洪水滞流沉积物(SWD),记录了汉江上游 4 期古洪水事件。通过地层对比、OSL 断代等方法,确定这 4 期古洪水事件分别发生在 12 600—12 400 a B. P., 4 200—4 000 a B. P., 3 200—2 800 a B. P. 和东汉时期 1 900—1 800 a B. P.。然后利用沉积学和水文学原理恢复了洪峰水位,并选择合适的水文参数,采用比降法水文模型推算出了这 4 期特大古洪水洪峰流量。同时,根据相同的方法,推算了剖面附近 1983, 2005 和 2010 年洪痕对应的洪峰流量,与实测流量相比,误差在 1.99%~4.21%,说明计算古洪水洪峰流量的水文参数选择与计算结果是合理的,而且古洪水洪峰流量计算结果也符合洪峰流量与流域面积关系。

关键词:汉江上游;全新世;郧县;洪水事件

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)04-0295-07

中图分类号: TV122

Holocene Palaeoflood Hydrological Events of Upper Reaches of Hanjiang River in Tuojiashou of Yunxian County

BAI Kai-xia, ZHA Xiao-chun, HUANG Chun-chang,
PANG Jiang-li, GU Hong-liang, ZHAO Ying-jie

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

Abstract: By field investigation in the upper reaches of the Hanjiang River, palaeoflood slack-water deposits (SWD) were found in loess profile on Tuojiashou terrace land in Yunxian County of Hubei Province. Based on field observation, laboratory analysis, including loss on ignition, magnetic susceptibility, calcium carbonate and the grain-size distribution, four SWDs were identified as the most typical Holocene palaeoflood deposits in the Hanjiang River basin and which recorded four palaeofloods events. By using stratigraphic correlations and OSL dating, these four palaeofloods events were dated to 12 600—12 400 a B. P., 4 200—4 000 a B. P., 3 200—2 800 a B. P. and 1 900—1 800 a B. P. in Eastern Han Dynasty, respectively. Then according to the palaeoflood peak stages and reasonable hydraulic parameters, the peak discharges of four palaeofloods were calculated by using the slope-area method. To validate the calculation, the flood peak discharges of extraordinary floods in 1983, 2005 and 2010 were also reconstructed by using the same method and hydraulic parameters in the same cross-section. The error between the reconstructed and gauged discharges was 1.99%~4.21%. This indicated that the reconstructed palaeoflood peak discharges were reliable. And the reconstructed results of palaeoflood discharges were also consistent with the relationship between palaeoflood peak discharge and drainage area. This study prolonged the flood data sequence of Hanjiang River to a time-scale of over 10 000-years. More importantly, it provided significant data for flood control and hazard mitigation in the upper reaches of the Hanjiang River.

Keywords: the upper reaches of the Hanjiang River; Holocene; Yunxian County; palaeoflood events

收稿日期: 2012-06-29

修回日期: 2012-09-26

资助项目: 国家自然科学基金重点项目“汉江上游(南水北调水源区)万年尺度古洪水水文学研究”(41030637); 国家自然科学基金项目(41271108); 国家社会科学基金重点项目(11AZS009); 教育部博士点基金优先发展领域项目(20110202130002)

作者简介: 白开霞(1986—), 女(汉族), 河南省上蔡县人, 硕士研究生, 主要从事土地资源开发与环境演变方面的研究。E-mail: baikaixia1@126.com。

通信作者: 查小春(1972—), 男(汉族), 陕西省南郑县人, 博士, 副教授, 主要从事土地资源开发与环境演变方面的研究。E-mail: zhaxch@snnu.edu.cn。

古洪水是全新世以来至可考证的历史洪水以前这一时期内发生的大洪水事件。根据对古洪水事件的信息载体——滞流沉积物 (slackwater deposits, SWD) 的研究, 可以获得古洪水事件的发生年代、洪峰水位及流量等诸多信息^[1]。目前, 国内外许多学者^[2-7]利用这种古洪水滞流沉积物, 恢复和重建了古洪水事件, 为水利工程计算和制定防洪减灾等措施提供了非常有价值的信息。汉江位于北亚热带季风气候地区, 暴雨洪水灾害频繁发生, 严重影响到该流域地区的经济和社会发展^[8-9]。目前对汉江上游古洪水事件研究较少^[10]。本文对汉江上游郧县庾家洲含有古洪水滞流沉积层的全新世黄土—古土壤剖面进行了古洪水水文学研究, 其研究结果可为汉江流域水资源开发利用, 水力工程建设和防洪减灾提供重要的科学依据。

1 研究河段概况

汉江是长江最大的支流, 发源于秦岭与米仓山之间宁强县潘家山, 由西向东流经汉中、安康二市, 在白河县出境入湖北省^[11-12], 于武汉市汇入长江。其干流全长 1 577 km, 流域面积约为 $1.59 \times 10^5 \text{ km}^2$ 。其中丹江口以上为汉江上游, 跨越陕西、四川、湖北、河南、重庆 5 省市, 长 925 km, 流域面积 95 200 km^2 ^[8]。汉江自西向东穿行于秦岭、大巴山之间, 河谷深切入基岩层之中, 平均比降为 0.6‰, 河道蜿蜒曲折, 河谷盆地与峡谷交替出现, 是国家南水北调中线工程的水源区。该区属北亚热带边缘湿润季风气候区, 气候较温和、雨量充沛, 年均气温 12~16 °C, 年均降雨量约 700~1 800 mm, 最大与最小比值为 1.8~3.5, 其中 5—10 月降雨量占全年总降雨量的 80%^[13]。由于受东南季风和西南季风的影响, 汉江上游具有显著的夏、秋季暴雨分期特点, 一般多发生于 7—9 月, 个别年份推迟至 10 月。

汉江上游设有洋县、石泉、安康、白河等水文站。其中白河水文站建于 1934 年, 其以上干流河长为 735 km, 控制流域面积 59 115 km^2 , 占全流域面积的 37.2%^[14], 年平均输沙量 $5.1 \times 10^7 \text{ t}$, 年平均含沙量 1.92 kg/m^3 , 河床平均比降为 0.43‰。自建站以来, 白河水文站实测最大洪峰流量为 1983 年 7 月 31 日的 $31\,000 \text{ m}^3/\text{s}$, 致使安康市城墙溃决, 老城被淹, 数万人受灾, 损失惨重^[15]; 其次为 2010 年 7 月 18 日的洪峰流量达 $27\,000 \text{ m}^3/\text{s}$, 引发了严重的洪涝、泥石流、滑坡等灾害^[16]; 2005 年 10 月 2 日的洪峰流量为 $21\,400 \text{ m}^3/\text{s}$, 发生特大洪水, 共造成 461 万人受灾, 16 人死亡 4 人失踪^[17]。本研究区位于白河水文站下游约 31 km 的郧县庾家洲河段处。

2 地层剖面特征与研究方法

通过野外实地考察, 在湖北省郧县庾家洲台地发现了典型的含有古洪水滞流沉积物的黄土—古土壤剖面 (TJZ)。在详细观察的基础上, 自上而下每隔 5 cm 进行连续采样, 至 645 cm 深度处, 共采集 130 个土壤样品。根据野外观察分析和室内实验分析, 对该剖面从上到下划分为: (1) 0—50 cm, 表土层 (MS); (2) 50—100 cm, 古洪水滞流沉积层 (SWD₁); (3) 100—220 cm, 古洪水滞流沉积层 (SWD₃); (4) 220—250 cm, 古土壤层上段 (S_{0上}); (5) 250—260 cm, 古洪水滞流沉积层 (SWD₂); (6) 260—360 cm, 古土壤层下段 (S_{0下}); (7) 360—420 cm, 过渡层 (L₁); (8) 420—480 cm, 古洪水滞流沉积层 (SWD₁); (9) 480 cm 以下, 未见底, 马兰黄土层 (L₁)。

同时, 野外考察过程当中, 在 TJZ 剖面附近发现了 1983 年 7 月 31 日、2005 年 10 月 2 日和 2010 年 7 月 18 日的汉江特大洪水的痕迹, 实地调查和询问当地村民, 确认这 3 次特大洪水的痕迹分别高于现在平水位 16, 15 和 13.5 m, 这为校核计算的全新世特大古洪水流量的可靠性提供了很好的证据。

采集的样品在室内自然风干后, 进行了烧失量、磁化率和粒度的测定。烧失量测定采用燃烧失重法; 磁化率采用英国 Bartington 公司制造的 MS-2B 型磁化率仪测定; 粒度用英国生产的 Baker-man 型粒度仪测定; 大于 0.1 mm 的沙级颗粒含量采用筛分法测定; 样品 OSL (光释光) 年龄在陕西师范大学环境变迁实验室用 Risø-TL/OSL DA-15 断代仪器进行测定。

3 结果分析

3.1 年代的确定

对于 TJZ 剖面的年代, 首先与渭河流域典型全新世 ETC 剖面^[18]、漆水河 HXZ 剖面^[19]和庞奖励等^[20]在汉江上游郧县—郧西河段确定的黄土—古土壤年代框架进行对比, 基本确定了 TJZ 剖面典型层位的年代 (图 1), 即 S_{0上} 顶界 220 cm 处的年代为 3 100 a B. P., S_{0下} 底界 360 cm 处的年代为 8 500 a B. P.。其次, 在 TJZ 剖面 SWD₁ 中部 80—60 cm 层位处发现汉代灰色瓦屑、烧土块和木炭屑, 其考古年代为 1 900—1 800 a B. P.; 并且, OSL 年代的测定表明, 古洪水 SWD₃ 下部 180—200 cm 层位处也发现有周代灰色绳纹薄陶片 (3 000—28 00 a B. P.)、骨屑、烧土块和木炭屑, OSL 测年为 $2\,900 \pm 130 \text{ a B. P.}$; S_{0下} 上部 270—290 cm 层位处发现的石家河文化陶片 (4 600—4 200

a B. P.), OSL 测年为 $4\,600 \pm 180$ a B. P.; L_1 顶界 370—365 cm 处, OSL 测年为 8850 ± 350 a B. P.; 古洪水 SWD_1 顶界 435—430 cm 处, OSL 测年为 $11\,970 \pm 660$ a B. P.; L_1 上部 490—480 cm 处, 相当于 AL+BL 时期, OSL 测年为 $12\,400 \pm 350$ a B. P.;

L_1 中部 555—550 cm 处, OSL 测年为 $15\,600 \pm 1\,140$ a B. P.。由此确定了 TJZ 剖面各层的年代(图 1)。 SWD_1 , SWD_2 , SWD_3 和 SWD_4 对应于分别为 $12\,600$ — $12\,400$ a B. P., $4\,200$ — $4\,000$ a B. P., $3\,200$ — $2\,800$ a B. P. 和东汉时期 $1\,900$ — $1\,800$ a B. P.。

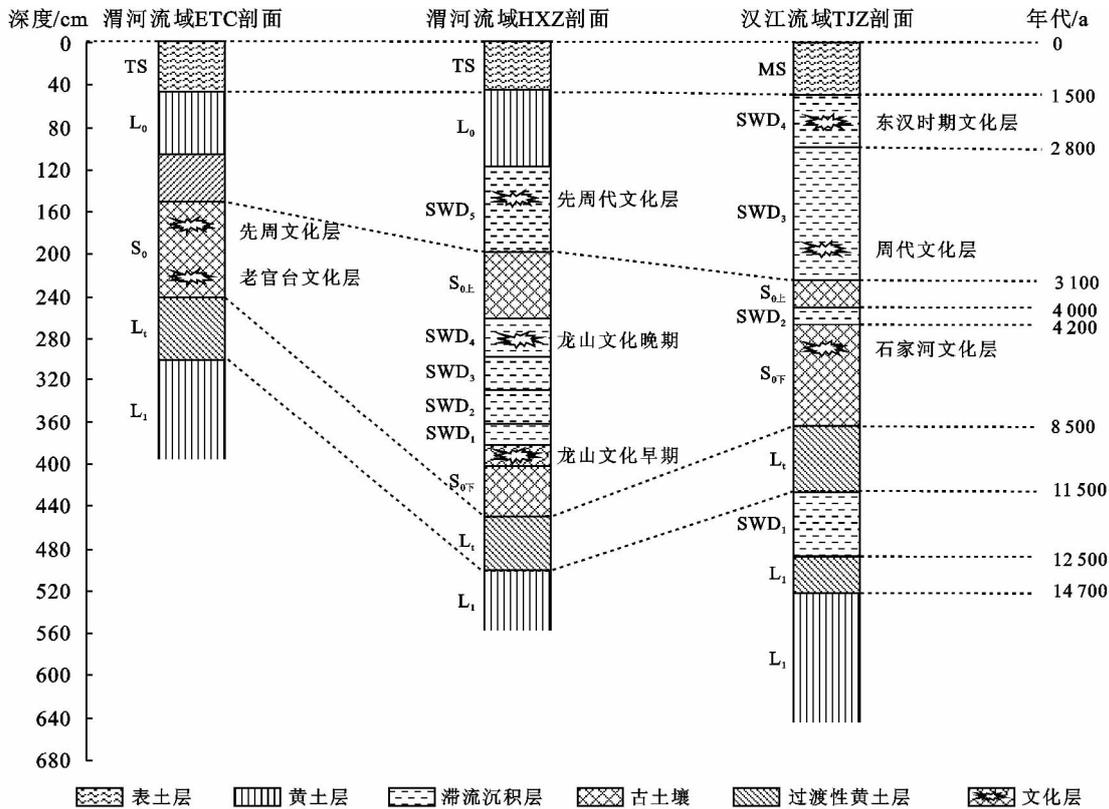


图 1 汉江上游郧县 TJZ 剖面与渭河流域 ETC 剖面、HXZ-W 剖面地层年代(B. P. 纪年)对比

3.2 沉积学特征

磁化率能够敏感地反映沉积物中磁性矿物特别是铁磁性矿物含量的变化,常作为衡量夏季风强弱的指标^[21]。由图 2 可知,TJZ 剖面的磁化率在 $6.01 \times 10^{-7} \sim 2.81 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$ 变化。马兰黄土层 L_1 的磁化率平均值最低,为 $1.021 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$,表明黄土堆积时期气候寒冷干旱,沙尘暴活动频繁,成壤较弱。在马兰黄土层 L_1 上部 480—520 cm 处,出现一个磁化率峰值,对应于晚冰期 AL+BL 时期形成的弱成壤层。古土壤 S_{0E} 和 S_{0F} 的磁化率平均值都较高,分别为 $1.62 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$ 和 $1.72 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$ 。古洪水 SWD_1 磁化率较低,平均值为 $1.34 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$,此时正好对应于末次冰期后期 $12\,600$ — $12\,400$ a B. P. 的 AL+BL 时期,气候寒冷干燥;位于全新世大暖期的后期的古洪水 SWD_2 ,磁化率值较高,平均值为 $2.01 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$,因当时气候温暖湿润,古洪水滞流沉积物有成壤作用所致;古洪水 SWD_3 磁化率为 $1.72 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$,含量较低,对应于全新世中期与

晚期转折阶段,当时气候系统很不稳定,寒冷干燥,成壤作用微弱;古洪水 SWD_4 磁化率值较高,平均值为 $2.50 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{kg}$,则是因为在东汉时期人类活动较强,对流域地表影响大,使其磁化率值较高^[22-23]。

烧失量可以指示沉积物和土壤中有有机碳的含量,与风化成壤作用强度的变化密切相关,因此在黄土—古土壤沉积剖面的研究中常被用来当做气候变化的代用指标^[24-26]。TJZ 剖面中烧失量与磁化率变化趋势一致,剖面中烧失量值在 $0.65\% \sim 2.88\%$ 变化。马兰黄土层(L_1)的烧失量比较低,在 $0.83\% \sim 1.42\%$ 。古土壤层 S_0 层中较高,表明了全新世中期气候湿润,生物活动频繁。古洪水 SWD 烧失量含量变化与磁化率值变化基本一致。古洪水 SWD_2 和 SWD_4 的烧失量值较高,平均值分别为 1.86% 和 1.49% ,说明在全新世大暖期后期气候适宜,植被茂盛,生物环境条件好;古洪水 SWD_1 和 SWD_3 的烧失量值较低,平均值分别为 0.89% 和 0.93% ,说明在末次冰期后期和全新世中期向晚期转折阶段,气候寒冷干燥,地表植被稀少。

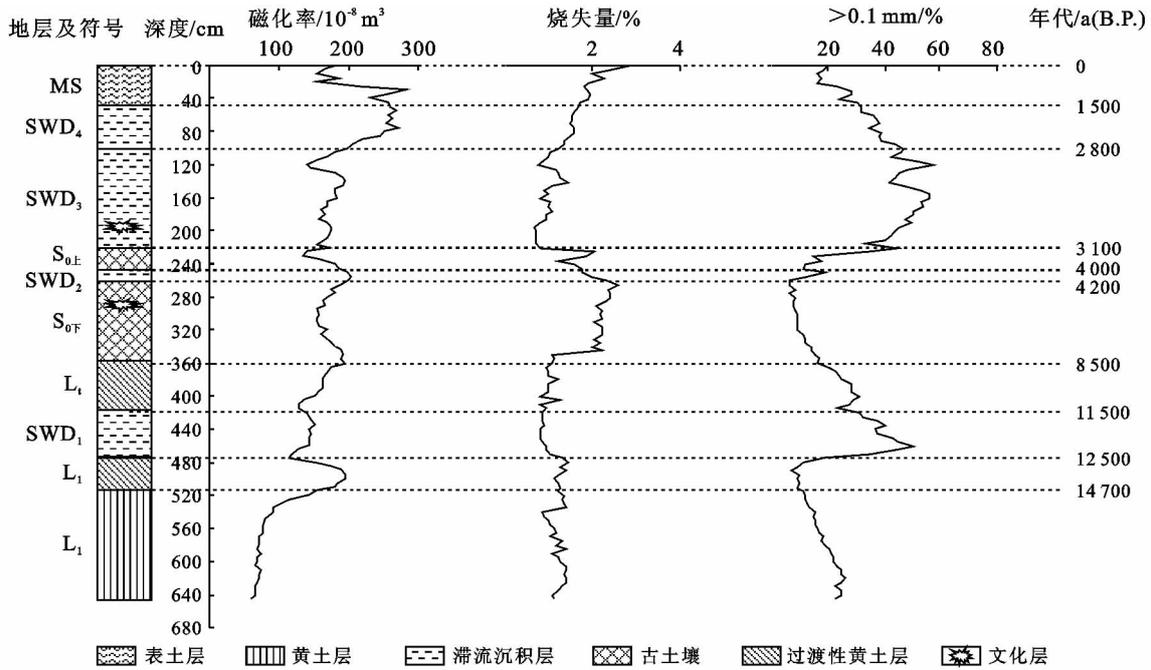


图 2 汉江上游郧县 TJJ 剖面地层划分、磁化率、烧失量和 >0.1 mm 含量曲线

全新世洪水滞流沉积物的沉积结构主要体现在其粒度方面,因此粒度分析是判别 SWD 的重要手段之一^[27-28]。表 1 中数据表明,TJJ 剖面中古洪水滞流沉积层粒度以粉砂为主,2~63 μm 粒级含量在 48.43%~75.65%,>63 μm 颗粒含量在 19.6%~44.23%,<2 μm 颗粒很少,在 5.71%~11.06%。古洪水 SWD₁ 和古洪水 SWD₃ 的中值粒径(M_d)和平均粒径(M_z)较大,中值粒径(M_d)分别为 49.74 和 70.62 μm,平均粒径(M_z)分别为 115.5 和 124.2 μm;SWD₂ 和 SWD₄ 的中值粒径(M_d)和平均粒径(M_z)都较小,中值粒径(M_d)分别为 22.3 和 32.8 μm,平均粒径(M_z)分别为 82.2 和 82.16 μm。这与古洪水 SWD 形成时的环境条件有关。分选系数(S)是表示分选程度的参数,古洪水 SWD 的 S 较高,在

1.87~2.09,均比黄土层高。古洪水 SWD 的偏度(SK)为 0.13 (SWD₁)、0.25 (SWD₃)和 0.04 (SWD₄),偏态为正偏,粒度集中在粗颗粒部分。表 2 中 TJJ 剖面的沙级颗粒(>0.1 mm)含量很多,在 9.86%~47.74%,古洪水滞流沉积层(SWD₁, SWD₃, SWD₄)中含量与黄土和古土壤相比,含量最多,平均值分别为 37.84%,47.74%和 36.53%,主要是沙级颗粒。其中 SWD₃ 和 SWD₁ 出现峰值,分别达到 37.84%和 47.74%。但位于古土壤层中间的古洪水 SWD₂ 中的沙级颗粒含量比较少,平均值为 16.05%,与古土壤(S₀)含量相当,这说明古洪水 SWD₂ 有成壤现象,这些都表明汉江 TJJ 剖面中的 4 次古洪水滞流沉积物的粒度特征,都具有典型的古洪水滞流沉积的粒度特征。

表 1 汉江上游郧县 TJJ 剖面沉积物粒度特征值

深度/cm	层位	<2 μm/ %	2~16 μm/%	16~63 μm/%	>63 μm/%	>0.1 mm/%	M_d / μm	M_z / μm	SK _φ	S _φ
50—0	TS	10.00	39.06	32.44	18.90	22.50	14.70	24.4	0.21	1.44
100—50	SWD ₄	6.57	27.95	28.63	36.84	36.53	32.80	82.2	0.04	1.87
220—100	SWD ₃	5.71	38.68	34.07	19.60	47.74	70.60	124.2	0.25	1.97
250—220	S _{0上}	10.81	31.15	29.34	28.70	22.63	26.60	71.4	0.07	1.79
260—250	SWD ₂	11.06	31.66	28.72	28.56	16.05	22.30	82.2	-0.02	1.94
360—260	S _{0下}	12.65	39.29	32.87	15.15	10.41	15.10	28.9	0.09	1.45
420—360	L ₁	7.83	27.71	28.25	36.21	25.56	31.90	80.5	0.05	1.85
480—420	SWD ₁	7.08	24.71	23.72	44.23	37.84	49.70	115.5	0.13	2.09
520—480	L ₁	8.80	39.59	32.21	19.40	9.86	17.40	35.0	0.00	1.41
>520	L ₁	13.60	43.75	31.83	10.75	19.68	12.78	22.3	0.16	1.41

注: M_d 为中值粒径; M_z 为平均粒径; Q 为标准离差; SK 为偏度; S 为分选系数; $\phi = -\log_2 d$ (d 为颗粒直径,mm)。

粒度分布频率曲线可以反映沉积物的物质来源^[26]。从图 4 可见,古洪水 SWD 粒度分布频率曲线(图 3)与 TJZ 剖面黄土和古土壤粒度分布频率曲线相似,曲线均为双峰型,表明洪积物来源于黄土风尘沉积和河漫滩上沙的二次搬运,但 4 期古洪水 SWD 与古土壤和黄土有着显著的差别。4 期古洪水 SWD 主峰都集中在沙粒中,古土壤 S_0 和 马兰黄土 L_1 主峰主要集中在粗粉沙中;并且与古土壤和黄土层相比,古洪水 SWD_1, SWD_2, SWD_3 和 SWD_4 频率曲线的主峰高而窄,说明古洪水 SWD 分选较好,具有流水分选的特征,而古土壤 S_0 和黄土 L_1 比较宽和低,其中 SWD_3 主峰与其它几期洪水相比,峰高并且窄,这可能是和 SWD_3 中夹有很多陶片、木炭屑及坡积物有关(图 3)。以上这些特征也表明古洪水 SWD 与黄土和古土壤有着显著的差别。

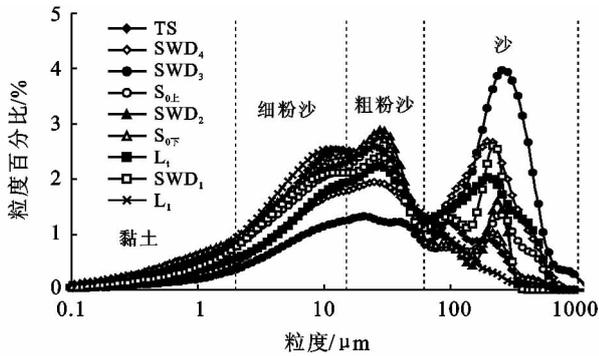


图 3 汉江上游郧县 TJZ 剖面粒度自然分布频率对比曲线

综上所述,古洪水 SWD_1, SWD_2, SWD_3 和 SWD_4 的沉积特征与 TJZ 剖面中的黄土、古土壤和表土层沉积特征差异明显,具有洪水滞流沉积特征,为典型的古洪水滞流沉积物,表明 TJZ 剖面分别记录了汉江上游 12 600—12 400 a. B. P., 4 200—4 000 a. B. P., 3 200—2 800 a. B. P. 和东汉时期 1 900—1 800 a. B. P. 这 4 期古洪水事件。

4 古洪水水文学恢复与验证

4.1 古洪水洪峰流量的恢复

在古洪水水文学研究中,确定古洪水滞流沉积物的性质及对该峡谷河段进行水文断面的测量和分析研究,获得有关古洪水水位和行洪断面水文参数数据,是恢复全新世古洪水的洪峰流量必要条件^[4-5]。本研究的 TJZ 剖面位置,地处汉江上游基岩峡谷,河槽形态十分规整,抗蚀能力强,在全新世时期河槽变化不大^[29],有利于准确测量过水断面,确定各种水文参数,故在采样点附近选取狭窄基岩河槽作为恢复流

量的横断面,测量断面形态,并且获得有关参数(图 4)。

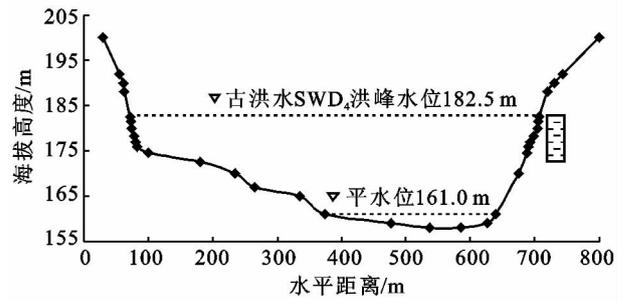


图 4 汉江上游郧县 TJZ 古洪水和现代洪水的过水断面

古洪水水文重建的最终目的是借助古洪水水位来恢复其洪峰流量,而古洪水水位的确定完全依赖于古洪水滞流沉积所提供的顶面高程。谢悦波等人^[30]发现古洪水滞流沉积尖灭点高程可以很好地指示古洪水的最高水位。并且大量的室内模型实验、野外观测和取样调查的结果都证明古洪水滞流沉积层尖灭点高程指示洪水水位精度最高^[31-33]。在野外实地对汉江上游 TJZ 剖面古洪水滞流沉积层进行了详细调查时发现,古洪水滞流层位比较平缓,沿剖面向两侧水平延伸,因此以古洪水滞流层顶面高程作为古洪水水位,分别推算出了汉江 4 期特大古洪水水位高程(表 2)。

关于古洪水洪峰流量的计算,国内外有多种方法和模型,如控制断面法、回水曲线法、水位—流量关系法、比降法等^[34]。结合研究地段基岩峡谷河槽的特点,确定采用比降法计算古洪水洪峰流量,其计算公式为:

$$Q = \frac{1}{n} AR^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

式中, Q ——洪峰流量(m^3/s); n ——河道糙率系数; A ——过水断面面积(m^2); R ——水力半径(m); S ——水面比降。

在本研究当中水面比降 S 以河床比降代替,在野外先用高精度 GPS 配合红外测距仪实地测量,然后结合 1:10 000 地形图中水面高程点进行校正,确定汉江上游在该河段的比降为 0.8‰。野外观察,所选过水断面所处河槽形状较规整,水流湍急,两岸基岩崖壁陡峭并有树木和灌木,无宽阔河漫滩,特大洪水发生时直接淹没全部河槽与两岸基岩,根据《水力学》中的河道糙率有关标准,确定该河段糙率值 n 为 0.035。根据以上参数,结合古洪水的水位推算出相应古洪水事件特大洪峰流量介于 39 690~58 000 m^3/s (表 2)。

表 2 汉江上游 TJZ 全新世古洪水水文数据

洪水期次	洪峰水位/m	水面宽/m	水深/m	水面比降 S/%	糙率系数 n	过水面积 A/m^2	湿周 L/m	水力半径 R/m	洪峰流量 $Q/(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$	误差/%
SWD ₄	182.5	635.00	23.5	0.000 8	0.035	10 874.33	641.33	16.96	58 000	
SWD ₃	182.0	632.80	24.0	0.000 8	0.035	10 557.38	638.91	16.52	55 350	
SWD ₂	180.5	629.25	22.5	0.000 8	0.035	9 606.16	631.24	15.22	47 670	
SWD ₁	178.8	621.30	20.8	0.000 8	0.035	8 542.92	619.69	13.79	39 690	
1983	177.0	613.00	19.0	0.000 8	0.035	7 437.00	616.37	12.07	31 620	1.99
2005	176.0	608.00	18.0	0.000 8	0.035	6 826.50	610.97	11.17	27 570	2.12
2010	174.5	588.00	16.5	0.000 8	0.035	5 929.50	590.55	10.04	22 300	4.21

4.2 古洪水洪峰流量的验证

验证计算古洪水洪峰流量的可靠性有两种方法,一种方法是采用相同的水文参数和计算公式推算现代洪痕的洪峰流量,如与实测流量相比,误差小于 5%,则认为计算结果是可靠的^[22];另一种方法是 Baker^[35]对世界各地河流古洪水洪峰流量研究结果指出,流域中发生的大洪水应介于 $Q=760D^{0.4}$ 和 $Q=21D^{0.73}$ 之间(式中: Q —洪峰流量; D —流域面积),由此如果计算的古洪水洪峰流量符合 Baker 提出的流域面积和流域内特大洪水洪峰流量的关系,则认为计算结果是可靠的。

在野外考察过程当中,在 TJZ 剖面附近发现了 1983 年 7 月 31 日、2005 年 10 月 2 日和 2010 年 7 月 18 日特大洪水的痕迹,分别高于现在平水位 16, 15 和 13.5 m。根据此水位高程,结合计算 TJZ 剖面 4 期特大古洪水流量选定的水文参数,根据相同的断面,采用相同的比降法计算公式,推算出 1983, 2005 和 2010 年特大洪水的洪峰流量分别为 31 620, 27 570 和 22 300 m^3/s ,与白河水文站实测的 31 000, 27 000 和 21 400 m^3/s 流量相比,误差介于 1.99%~4.21%。根据已有对河流现代洪水痕迹调查对实测洪水的校核^[36],以及采用现代洪痕对全新世古洪水流量的计算结果的验证方法^[10,37],表明计算的汉江上游 4 期古洪水事件的特大洪峰流量的结果是可靠的。

同时,由图 5 可见, TJZ 剖面记录的 4 期古洪水流量介于 $Q=760D^{0.4}$ 和 $Q=21D^{0.73}$ 之间,符合 Baker 提出的流域面积和流域内特大洪水洪峰流量的关系,也说明计算的汉江上游 4 期古洪水事件的特大洪水洪峰流量结果是可靠的。

5 结论

(1) 汉江上游郧县 TJZ 典型的黄土—古土壤地层中记录了汉江上游全新世以来的 4 期特大洪水事件,分别为 SWD₁, SWD₂, SWD₃ 和 SWD₄。这些 SWD 层均为粉沙质细沙为主,属于典型的古洪水滞

流沉积物,与剖面中古土壤和黄土性质显著不同。

(2) 对于 TJZ 剖面的地层年代,结合地层对比和光释光测年,确定了 TJZ 剖面各层的年代。并且也确定了 TJZ 剖面记录的汉江上游 4 期洪水事件分别发生在 12 600—12 400 a B. P., 4 200—4 000 a B. P., 3 200—2 800 a B. P. 和东汉时期 1 900—1 800 a B. P.。

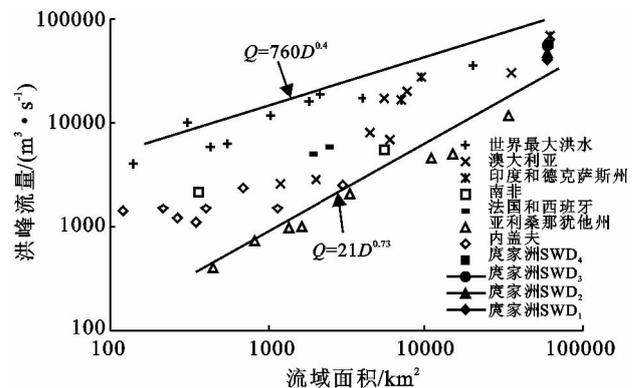


图 5 汉江上游 TJZ 剖面洪峰流量与流域面积的关系

(3) 粒度、磁化率和烧失量等指标表明,12 600—12 400 a B. P. 的洪水事件发生在 AL+BL 与 YD(新仙女木事件)的转折时期;而全新世大暖期的后期 4 200—4 000 a B. P. 的一次全球性的降温事件,使汉江上游有一期洪水事件记录;3 200—2 800 a B. P. 正是全新世“大暖期”结束之际,因气候系统很不稳定,降水变率大,诱发了汉上游一期洪水事件;1 900—1 800 a B. P. 的东汉时期,气温降低,并在人类活动的作用下,旱涝等灾害频繁发生,使汉上游记录有这期洪水事件。

(4) 利用古洪水滞流沉积层尖灭点高程确定洪峰水位,并结合野外测量和观察获得的相关水文参数,采用比降法推算出汉江上游全新世以来 4 期特大古洪水的洪峰流介于 3 9690~58 000 m^3/s 。并用相同的过水断面、相同的水文参数和计算公式,推算出了 1983, 2005 和 2010 年特大洪水的洪峰流量,与实测相比,误差介于 1.99%~4.21%;而且古洪水洪峰

流量计算结果也符合 Baker 提出的流域面积和流域内特大洪水洪峰流量的关系,这些均表明古洪水洪峰流量计算结果是可靠的。

[参 考 文 献]

- [1] 谢悦波,王文辉,王平. 古洪水平流沉积粒度特征[J]. 水文,2000,20(4):18-20.
- [2] 查小春,黄春长,庞奖励. 关中西部漆水河全新世特大洪水与环境演变[J]. 地理学报,2007,62(3):292-300.
- [3] 谢悦波,姜红涛. 古洪水研究:挖掘河流大洪水的编年史[J]. 南京大学学报:自然科学版,2001,37(3):390-395.
- [4] 詹道江,谢悦波. 洪水计算的新进展:古洪水研究[J]. 水文,1997(1):1-6.
- [5] 杨达源,谢悦波. 古洪水平流沉积[J]. 沉积学报,1997,15(3):29-32.
- [6] Baker V R. Paleoflood hydrology and extraordinary flood events[J]. Journal of Hydrology, 1987, 96(1/4):79-99.
- [7] Benito G, Sopea A, Snchez-Moya Y, et al. Palaeoflood record of the Tagus River (Central Spain) during the Late Pleistocene and Holocene[J]. Quaternary Science Reviews, 2003,22(15/17):1737-175.
- [8] 赵德芳,孙虎,延军平,等. 陕南汉江谷地近年气候变化及其生态环境意义[J]. 山地学报,2005,23(3):313-318.
- [9] 沈大军,刘昌明,陈传友. 南水北调中线工程对汉江中下游的影响分析[J]. 地理学报,1996,51(5):426-230.
- [10] 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.
- [11] 殷淑燕,王海燕,王德丽,等. 陕南汉江上游历史洪水灾害与气候变化[J]. 干旱区研究,2010,27(4):523-527.
- [12] 朱震达. 汉江上游丹江口至白河间的河谷地貌[J]. 地理学报,1955,21(3):259-271.
- [13] 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.
- [14] 苏连璧. 汉江洪水成因及其出现规律[J]. 人民长江,1981(4):82-87.
- [15] 安康特大洪水分析小组. 汉江安康“83·7”特大洪水分析[J]. 水文,1986(2):6-12.
- [16] 沈桂环,李军社. 汉江上游“2010·7”特大暴雨洪水分析[J]. 资源环境,2011,40(3):66-67.
- [17] 崔讲学,徐双柱,王仁乔,等. 2005年汉江秋汛气象水文特征分析[J]. 暴雨灾害,2007,26(4):289-294.
- [18] 李瑜琴,黄春长,查小春,等. 泾河中游龙山文化晚期特大洪水水文学研究[J]. 地理学报,2009,64(5):541-552.
- [19] 黄春长,庞奖励,查小春,等. 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[J]. 中国科学:地球科学,2011,41(11):1658-1669.
- [20] 庞奖励,黄春长,周亚利,等. 汉江上游谷地全新世风成黄土及其成壤改造特征[J]. 地理学报,2011,66(11):1562-1573.
- [21] Maher B A. Characterization of soils by mineral magnetic measurement[J]. Physics of the Earth and planetary Interiors, 1986, 42(1/2):76-92.
- [22] 万红莲,黄春长,庞奖励,等. 渭河宝鸡峡全新世特大洪水水文学研究[J]. 第四纪研究,2010,30(2):430-440.
- [23] 王夏青,黄春长,庞奖励,等. 黄河中游北洛河宜君段全新世特大洪水及其气候背景研究[J]. 湖泊科学,2011,23(6):910-918.
- [24] 张文河,穆桂金. 烧失法测定有机质和碳酸盐的精度控制[J]. 干旱区地理,2007,30(3):455-459.
- [25] 叶玮. 中国西风区黄土常量元素地球化学行为与古环境[J]. 干旱区地理,2003,26(1):23-29.
- [26] 庞奖励,黄春长,贾耀峰. 关中东部地区全新世土壤发育及记录的水文事件[J]. 土壤学报,2005,42(2):187-193.
- [27] 任明达,王乃梁. 现代沉积环境概论[J]. 北京:科学出版社,1981:9-12.
- [28] 李晓刚,黄春长,庞奖励,等. 关中西部漳水河全新世古洪水平流沉积地层研究[J]. 地学杂志,2009,33(2):198-205.
- [29] 沈玉昌. 汉水河谷的地貌及其发育历史[J]. 地理学报,1956,22(4):295-321.
- [30] 谢悦波,费宇红,沈起鹏. 古洪水平流沉积与水位[J]. 地球学报,2001,22(4):320-323.
- [31] 朱向锋,黄春长,查小春,等. 泾河流域现代洪水泥痕沉积学特征研究[J]. 干旱区资源与环境,2009,23(8):86-90.
- [32] Waythomas C F, Jarrett R D. Flood geomorphology of Arthurs Rock Gulch, Colorado: Paleoflood history[J]. Geomorphology, 1994, 11(1):15-40.
- [33] Kochel R C. Extending stream records with slackwater palaeoflood hydrology: Examples from West Texas[M]// Baker B C. Flood Geomorphology, New York: Wiley Interscience, 1988:377-391.
- [34] 詹道江,谢悦波. 古洪水研究[M]. 北京:中国水利水电出版社,2001:1-83.
- [35] Baker V R. Paleoflood hydrology in a global context [J]. Catena, 2006,66(1/2):161-168.
- [36] 查小春,黄春长,庞奖励,等. 泾河中游现代洪水痕迹调查对实测洪水的校核[J]. 水土保持通报,2009,29(3):149-153.
- [37] 王龙升,黄春长,庞奖励,等. 汉江上游旬阳段古洪水水文学研究[J]. 陕西师范大学学报,2012,40(1):88-93.