

古今洪水沉积粒度参数的对比分析

史 威¹, 陈 炜²

(1. 江苏教育学院 地理系, 江苏 南京 210013; 2. 中国科学院 南京地理与湖泊研究所, 江苏 南京 210008)

摘 要:通过对长江上游重庆段中坝和玉溪古今洪水沉积物的平均粒径(Mz)、分选系数(So)、标准离差(Sd)、偏度(Sk)和尖度(KG)等参数,以及沉积物粒度概率累积曲线分析,认为:①研究区古今洪水层是上游过境洪水和当地洪水共同作用的结果,反映了长江上游大范围区域性洪水现象;②古洪水尤其是史前时期的古洪水并不比现代洪水规模大,现代洪水沉积物的粒度偏粗除与水动力条件有关外,还与现代洪水形成的下垫面生态环境退化有关;③古今洪水沉积物粒度参数的对比分析,不仅要与同流域同河段对比,还要注意干支流不同地貌部位沉积环境的差异。

关键词:长江上游;古洪水沉积;现代洪水沉积;粒度参数

中图分类号:TV632.63

文献标志码:A

文章编号:1672-3767(2012)05-0078-08

Contrastive Analysis on Grain Size Parameters of Ancient and Modern Flood Deposits

SHI Wei¹, CHEN Wei²

(1. Department of Geography, Jiangsu Institute of Education, Nanjing, Jiangsu 210013, China;

2. Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing, Jiangsu 210083, China)

Abstract: The grain size parameters of ancient and modern flood deposits such as Mz , So , Sd , KG and cumulative grain size distribution curves in Zhongba and Yuxi sites of the upper reaches of the Yangtze, show that: ① the ancient and modern flood deposits in the two sites should be the outcome of combined actions of the transit flood from the upper reaches and the local flood, which reflect the phenomenon of the large-scale regional flood in the upper reaches of the Yangtze; ② as to the scale, the paleoflood, especially formed in prehistoric times, may be not much larger than the modern flood, except the hydrodynamic condition, the little coarse deposits from the modern floods may be in relation to the ecological degradation in the underlying surfaces; ③ with regard to the contrastive analysis on grain size parameters of ancient and modern flood deposits, not only should we pay close attention to the comparability of the common basin and the common reach, but also the variation of sedimentary environment of main and branch waterways especially different physiognomy positions.

Key words: upper reaches of the Yangtze; paleoflood deposit; modern flood deposit; grain size parameters

20 世纪 80 年代末以来,因长江三峡工程设计需取得可靠依据,长江流域晚更新世—全新世古洪水研究进入新的发展阶段^[1-5],沉积物粒度参数分析是常用的方法之一^[6-8]。90 年代后,随着研究的深入,沉积物粒度参数只用于判断古洪水事件的存在,古洪水的规模往往依靠其他证据来判断^[9-11]。而运用古今洪水粒度参数,探究古洪水的过程信息,并对古今洪水发生规模进行类比研究的较少,究其原因:①受洪水形成背景条件的制约,所测粒度数据使洪水规模信息常常令人难以判断;②受取样条件限制,古今洪水粒度样品常常来自不同的河段或流域。然而,在特定条件下,例如全新世的气候背景(包括影响洪水形成的下垫面状况)、同

收稿日期:2012-02-11

基金项目:国家自然科学基金项目(90411015);江苏教育学院“十一五”规划基金项目(Jsjy2009zd05)

作者简介:史 威(1966—),男,陕西渭南人,副教授,博士,主要从事环境演变与全球变化方面的研究。

E-mail:geo_shiwei@126.com

流域同河段近似地貌部位的古今洪水沉积物的比较研究则可以尝试。因此,本文选取长江上游重庆段忠坝和玉溪遗址地层中的古洪水层,及其附近阶地上形成于1981年和2004年的现代洪水沉积物,作为古今洪水比较研究的对象,以期对长江上游段古洪水的研究方法有所推进。

1 研究区和采样点

长江上游重庆丰都—忠县河谷区,与北东向弧形褶皱构造带近于平行,地貌以中低山、丘陵和峡谷区为主,沟谷切入基岩,具有深切河曲地貌特征。属亚热带季风气候区,气候温暖湿润,四季分明,夏季较为炎热,雨量充沛,年平均降雨量1000~1300 mm。由于气候波动,研究区常有暴雨、干旱和低温等灾害天气。特殊的气候和地貌因素,使本区河段不仅径流量充沛,变化幅度大,且年输沙量也非常巨大。

中坝遗址位于忠县境内的长江支流干井河河谷区,北距忠县城约4.5 km,距干井河与长江的交汇处约4 km,海拔148 m,坐标108°1'38" E、30°20'43" N。玉溪遗址

位于丰都县高家镇金刚村长江右岸一级阶地上,海拔155 m,座标107°51'41" E、30°02'14" N(图1)。1981和2004年的现代洪水沉积物分别覆盖于两处遗址附近的阶地上。

2 材料与方方法

中坝古洪水沉积物测试样品采自遗址 T0102 探方西壁剖面中清代、宋代、战国、西周、夏代和新石器晚期的洪水层;玉溪古洪水沉积物测试样品采自遗址 T0403 探方西壁剖面中10,12,14,16,18,20,22,24,26,28和30层洪水层(均为新石器时代地层);中坝现代洪水测试样品采自遗址附近阶地上1981年洪水沉积物(距地表10 cm以下每间隔5 cm取一个样品,共采样品3个);玉溪现代洪水测试样品采自遗址附近阶地上2004年洪水沉积物(距地表10 cm以下每间隔5 cm取一个样品,共采样品6个)。

样品前期处理,首先加入蒸馏水和10%的过氧化氢去除其中的有机质,10%的盐酸去除无机碳,静置24 h,然后加入分散剂超声震荡20 min,使颗粒得以充分分散。沉积物粒度参数的计算根据Folk和Ward的算法公式得出^[12-13],计算参数包括平均粒径(Mz)、中值粒度(Md)、偏态(Sk)、峰态(KG)和分选系数(So)等。粒度参数由南京师范大学地理科学学院粒度实验室,采用英国Malvern Mastersizer 2000激光粒度仪测定。该激光粒度仪粒径测量范围为0.02~2000 μm ,可提供每一粒度组分的百分含量、频率曲线、累计曲线及其他各种粒度参数。

偏度是用来表示粒度频率曲线对称性的参数,反映粒度分布的不对称程度。对一般河成沉积物而言,通常以粗粒径为主,偏度表现为正偏态^[14]。尖度则是用来表示粒度频率曲线尖锐程度的参数,数值越大曲线越尖,数值越小曲线越平。尖度数值常以低值居多,曲线多表现为平坦^[14]。

3 测试结果

如表1所示,中坝采样点 T0102 探方西壁6层古洪水层粒度参数测试结果表明:①平均粒径3.97~5.97(Φ 值标准),属极细砂、粗粉砂至中粉砂级;②分选系数2.12~2.57,平均值2.43;标准离差1.90~2.07,平均值2.00,反映分选程度比较差;③偏度-0.41~0.45,平均值0.07,为极负偏至极正偏;④尖度0.63~1.01,平均值0.83,为宽平至中等,反映分选程度差。

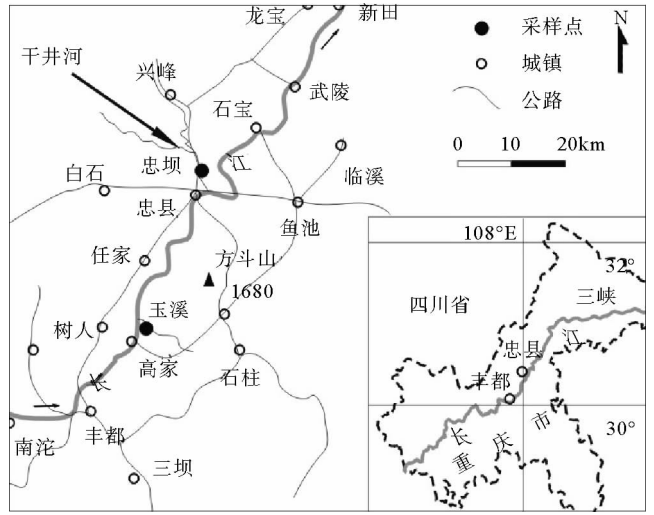


图1 研究区及采样点位置示意图

Fig. 1 The location diagram of study area and sampling sites

表 1 中坝采样点 T0102 探方西壁 6 层古洪水层粒度参数表

Tab. 1 The grain size parameters of six paleoflood layers in Zhongba site

形成时代	$Mz/\mu m$	S_o	S_d	S_k	KG
清代					
样品 1	3.97	2.57	2.07	0.42	0.93
样品 2	5.13	2.38	1.94	0.21	1.01
宋代					
样品 1	5.97	2.37	1.95	-0.06	0.86
样品 2	5.47	2.12	1.90	-0.41	0.94
战国	5.25	2.36	2.00	0.23	0.91
西周					
样品 1	5.78	2.51	1.99	0.44	0.63
样品 2	5.87	2.49	1.99	0.45	0.65
夏代	5.87	2.47	2.05	-0.02	0.89
新石器时期					
样品 1	5.77	2.47	2.05	-0.29	0.72
样品 2	5.77	2.54	2.07	-0.32	0.72

如表 2 所示,玉溪采样点 T0403 探方西壁 11 层古洪水层粒度参数测试结果表明:①平均粒径为 4.87~5.87(Φ 值标准),属粗、中粉砂级;②分选系数 1.76~2.00,平均值 1.90。标准离差 1.09~1.41,平均值 1.28,反映分选程度偏差;③偏度 0.05~0.28,平均值 0.19,为近对称至正偏;④尖度的变化范围为 0.94~1.15,但是主要集中于 0.90~1.06,应属 Fork 等^[12-13]所判定的中等区间(0.90~1.11),指示洪水沉积物的正态分布特征。

表 2 玉溪采样点 T0403 探方西壁 11 层新石器时代古洪水层(序号越大形成时代越早)粒度参数表

Tab. 2 The grain size parameters of eleven paleoflood layers in Yuxi site

地层序号	$Mz/\mu m$	S_o	S_d	S_k	KG
10	5.61	1.95	1.33	0.18	0.99
12	5.81	1.99	1.41	0.20	0.94
14	4.87	1.78	1.09	0.28	1.15
16	5.39	1.81	1.18	0.28	1.06
18	5.51	1.94	1.34	0.22	0.97
20	5.08	2.00	1.36	0.22	1.00
22	5.32	1.92	1.28	0.24	1.03
24	5.10	1.76	1.20	0.22	1.00
26	5.78	1.77	1.23	0.08	0.97
28	5.87	1.95	1.33	0.05	1.00
30	5.33	1.98	1.35	0.16	1.01

如表 3 所示,中坝遗址附近阶地上 1981 年现代洪水沉积物粒度参数测试结果表明:①平均粒径 3.37~5.63(Φ 值标准),属细砂、极细砂、粗粉砂至中粉砂级;②分选系数 1.58~2.16,平均值 1.87。标准离差 1.43~2.21,平均值 1.79,分选程度比较差;③偏度 -0.36~0.30,平均值 0.06,为负极偏至正偏;④尖度 0.78~1.61,平均值 1.17,为宽平至极尖窄,存在一定的分选性。

表 3 中坝遗址附近阶地上 1981 年现代洪水沉积物粒度参数表

Tab. 3 The grain size parameters of modern flood deposits in Zhongba site

样品编号	距地表深度/cm	$Mz/\mu\text{m}$	S_o	S_d	S_k	KG
2b-1	10	3.37	1.58	1.43	0.30	1.61
2b-2	15	4.20	1.88	1.72	0.25	1.12
2b-3	20	5.63	2.16	2.21	-0.36	0.78

如表 4 所示,玉溪遗址附近阶地上 2004 年现代洪水沉积物粒度参数测试结果表明:①平均粒径 2.25~2.70(Φ 值标准),平均值 2.57,属细砂范围;②分选系数 0.94~1.50,平均值 1.18,标准离差 0.48~0.76,平均值 0.63,分选程度较好;③偏度 0.07~0.36,平均值 0.27,为近对称至极正偏;④尖度为 1.42~1.70,平均值 1.53,为尖窄至很尖窄,反映分选程度好。

表 4 玉溪遗址附近阶地上 2004 年现代洪水沉积物粒度参数表

Tab. 4 The grain size parameters of modern flood deposits in Yuxi site

样品编号	距地表深度/cm	$Mz/\mu\text{m}$	S_o	S_d	S_k	KG
10A	10	2.25	0.94	0.48	0.26	1.42
15A	15	2.68	1.26	0.66	0.36	1.64
20A	20	2.53	1.21	0.70	0.33	1.70
25A	25	2.55	1.07	0.49	0.30	1.46
30A	30	2.70	1.12	0.67	0.28	1.54
35A	35	2.70	1.50	0.76	0.07	1.44

4 讨论

中坝与玉溪考古地层的时代划分以及其中所夹的古洪水层已得到共识^[15-20]。然而,古洪水沉积与现代洪水沉积的粒度参数的比较研究尚不充分,其特征差异未予以重视,本文讨论的焦点恰在于此。由于沉积物的粒度成分因搬运方式不同而分为推移、跃移和悬移三个粗细不同的组分,而概率累积曲线图可将其直观地反映出来,因此,本文依据粒度样品的累积重量百分比将中坝、玉溪古洪水层以及现代洪水沉积物,按组分绘制概率累积曲线图,如图 2—图 4 所示。结合表 1—表 4 的粒度参数数据,对长江上游两处古今洪水的沉积差异进行深入细致地分析。

从表 1 和表 2 可以看出,除中坝古洪水层顶部清代样品 1(3.97 Φ /极细砂)和玉溪古洪水第 14 层样品(4.87 Φ /粗粉砂)外,其余古洪水沉积物粒度的平均粒径都在 5 Φ 至 6 Φ 之间,属于中粉砂级。而从表 3 和 4 则可以看出,中坝现代洪水的三个样品粒度的平均粒径分别是 3.37 Φ /极细砂、4.20 Φ /粗粉砂和 5.63 Φ /中粉砂;玉溪现代洪水的所有 6 个样品粒度的平均粒径都在 2 Φ 至 3 Φ 之间,属于细砂范围。总体上,由于古洪水成分与现代洪水成分基本一致,既有来自沉积点上游的成分,也有本地附近山区的风化产物^[10-11,20],而现代洪水沉积物的平均粒径偏粗,表明不仅与水动力条件有关,还可能与近现代下垫面环境退化有关。

由表 1 至表 4,分选系数的均值依次是 2.43(2.12~2.57),1.90(1.76~2.00),1.87(1.58~2.16)和 1.18(0.94~1.50);标准离差的均值依次是 2.00(1.90~2.07),1.28(1.09~1.41),1.79(1.43~2.21)和 0.63(0.48~0.76)。综合分选系数(S_o)和标准离差(S_d)的分布可以看出:①现代洪水沉积物的分选程度好于古洪水沉积物;②玉溪样品的分选程度好于中坝样品;③中坝现代洪水沉积物的分选程度接近于玉溪古洪水沉积物。以上结论说明:①古今洪水沉积物是在共同区域相似水动力条件下形成的;②分选程度的细微差异又存在明显的规律性,即粒径偏大时,分选程度也偏高,理论上表明现代洪水的动力条件较大,搬运距离较远。

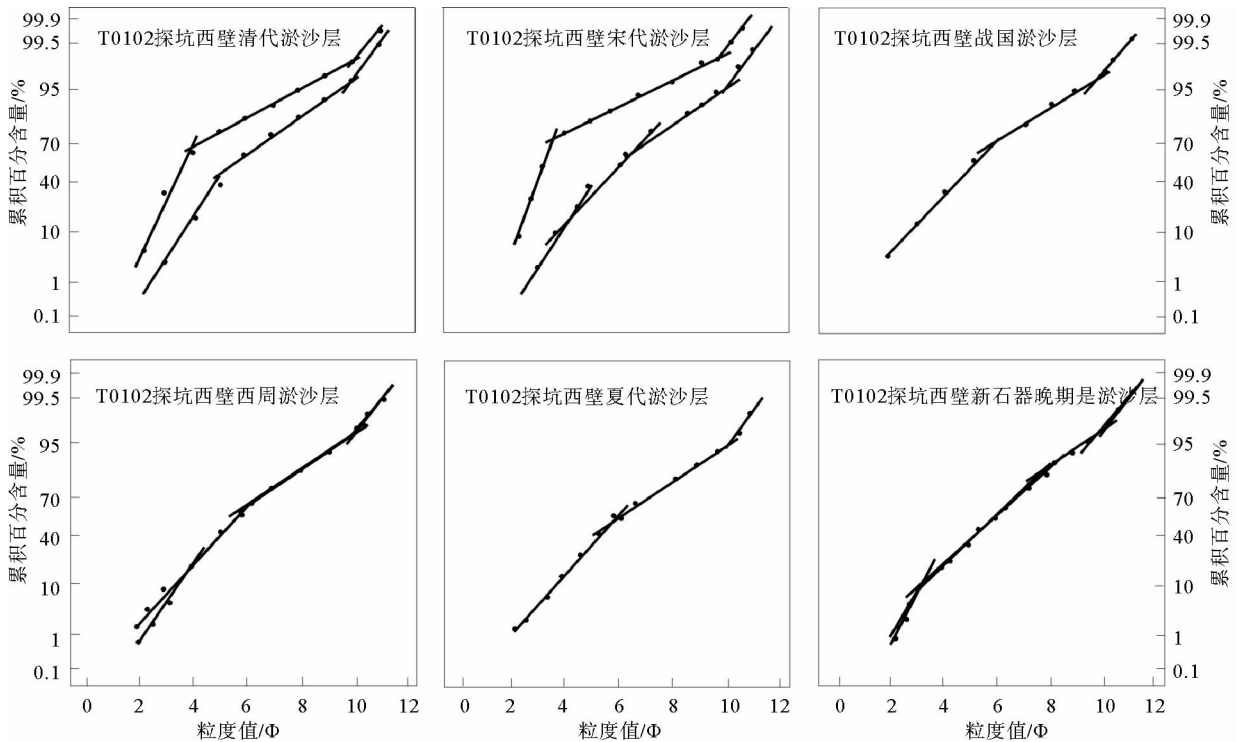


图2 中坝古洪水层(淤沙层)粒度概率累积曲线

Fig. 2 The cumulative grain size distribution curves of paleoflood layers in Zhongba site

由表1至表4,偏度均值依次为0.07(-0.41~0.45),0.19(0.05~0.28),0.06(-0.36~0.30)和0.27(0.07~0.36)。无论是古洪水还是现代洪水沉积物,玉溪采样点偏度值均表现为正值区间,偏度分级为近对称至正偏。中坝采样点偏度值,则无论是古洪水还是现代洪水沉积物,都存在负值区间,偏度分级为负偏甚至极负偏至近对称,至正偏甚至极正偏,反映出该地点沉积条件偏离一般洪流沉积的多变或沉积多受干扰的特性。导致这一现象的原因可能与沉积地貌部位有关,即沉积地貌部位影响到局部沉积水动力条件的变化并由此进一步影响到偏度参数的特性。

由表1至表4,尖度均值依次为0.83(0.63~1.01),1.01(0.94~1.15),1.17(0.78~1.61)和1.53(1.42~1.70)。反映古洪水沉积物尖度分级为平坦至中等状态,而现代洪水沉积物尖度分级则主要为尖锐,此结果与分选系数(S_o)和标准离差(S_d)反映的结果一致,即现代洪水沉积物的分选程度好于古洪水。

由图2和图3可以看出,中坝和玉溪两地古今洪水的概率累积曲线比较接近,呈明显的三段式,形成于相似的水动力条件或沉积环境,但它们又与一般河流沉积以跃移(跃移质组分斜率大)和悬移组分为主的两段式概率累积曲线^[14]有明显区别,且中坝和玉溪两地概率累积曲线普遍具上下两段斜率大,中间段斜率小的特征,也就是说跃移质组分的分选程度不如推移质和悬移质组分。这正是同流域同河段大河上游与洪流有关的沉积物粒度参数曲线的真实反映。但古今洪水沉积概率累积曲线的特征也存在差异,现代洪水的推移质和悬移质斜率比古洪水的斜率大,分选相对较好,跃移组分的斜率比古洪水的斜率小,分选相对要差。玉溪的现代洪水跃移质斜率更小,分选更差。原因是这些物质组分的来源不同,分选差的物源区较近,而分选好的则是长途搬运的结果。这与洪水沉积物中重矿物来源分析基本吻合^[17,20]。

5 结论

1) 从古今洪水沉积物粒度组分、粒度参数的差异性以及重矿物的来源不同^[16,19],其古今洪水层是上游过境洪水和当地(暴雨)洪水共同作用的结果。

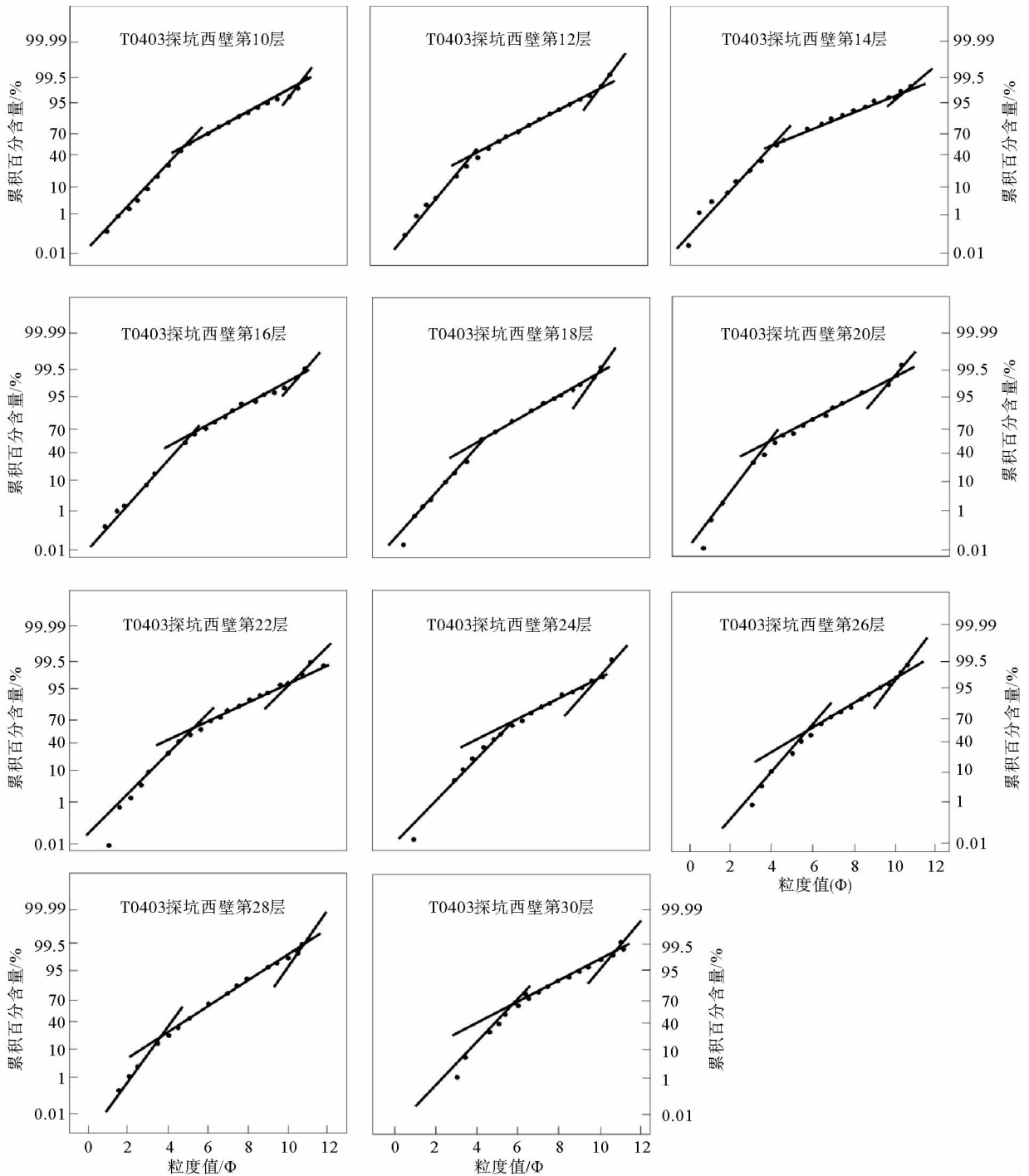


图 3 玉溪古洪水层(淤砂层)粒度概率累积曲线图

Fig. 3 The cumulative grain size distribution curves of paleoflood layers in Yuxi site

2) 古洪水尤其史前时期的古洪水规模并不比现代洪水大,现代洪水沉积物粒度偏粗,除与水动力条件有关外,还与现代洪水形成的下垫面生态环境的退化有关。

3) 古今洪水沉积物粒度参数的对比分析,不仅要注意同流域同河段的可比性,还要注意干支流及不同地貌部位沉积环境的差异性。

中坝古今洪水沉积物粒度参数的差异不如玉溪显著,这是由中坝特殊的沉积地貌环境“古洪水憩流沉

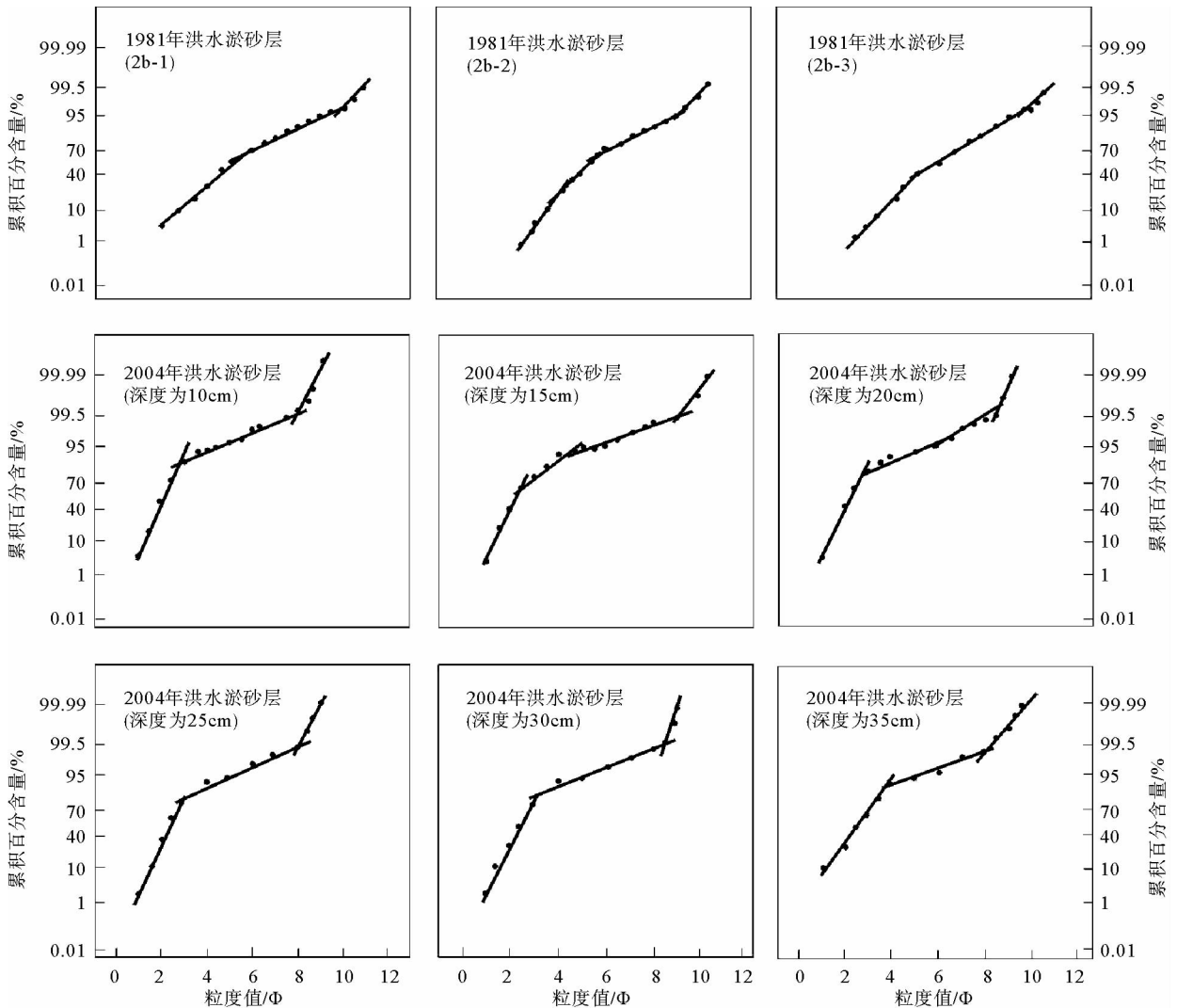


图 4 中坝遗址附近阶地和玉溪遗址附近阶地现代洪水沉积物粒度概率累积曲线图

Fig. 4 The cumulative grain size distribution curves of modern flood layers in Zhongba and Yuxi sites

积”效应导致的结果。因为中坝位于长江支流干井河口上游约 4 km 处的羊子岩宽谷区,长江干流洪水产生回水平流效应,流速极为缓慢,加上可能遇到干支流洪水的徘徊干扰,使沉积粒径下降,沉积物的分选程度降低。

参考文献:

[1] 杨玉荣,王辉. 三峡工程坝址河段古洪水研究[J]. 人民长江,1997,28(3):20-22.
YANG Yurong,WANG Hui. Paleoflood research on the Three Gorges Dam project river[J]. Yangtze River,1997,28(3):20-22.

[2] 杨达源,谢悦波. 古洪水平流沉积[J]. 沉积学报,1997,15(3):29-32.
YANG Dayuan,XIE Yuebo. Paleoflood slack-water deposits[J]. Acta Sedimentologica Sinica,1997,15(3):29-32.

[3] 谢悦波,杨达源. 古洪水平流沉积基本特征[J]. 河海大学学报,1998,26(6):5-10.
XIE Yuebo,YANG Dayuan. Basic characteristics of paleoflood slack-water deposits[J]. Journal of Hohai University,1998,26(6):5-10.

[4] 谢悦波,杨玉荣,王辉. 三峡河段古洪水平流沉积指标体系[J]. 人民长江,1999,30(8):4-6.
XIE Yuebo,YANG Yurong,WANG Hui. Index system of ancient diluvial deposits at TGP dam site[J]. Yangtze River,

1999,30(8):4-6.

- [5]詹道江,谢悦波.古洪水研究[M].北京:中国水利水电出版社,2001:91-104.
- [6]杨达源,张强,葛兆帅,等.中全新世以来的川江大洪水初步研究[J].湖泊科学,2003,15(增):216-220.
YANG Dayuan,ZHANG Qiang,GE Zhaoshuai,et al. Primary analysis of heavy floods since middle Holocene in the Sichuan section reaches of the Changjiang River[J]. Journal of Lake Sciences,2003,15(s):216-220.
- [7]葛兆帅,杨达源,李徐生,等.晚更新世晚期以来的长江上游古洪水记录[J].第四纪研究,2004,24(5):555-560.
GE Zhaoshuai,YANG Dayuan,LI Xusheng,et al. The paleoflooding record along the up-reaches of the Changjiang River since the late Pleistocene epoch[J]. Quaternary Sciences,2004,24(5):555-560.
- [8]张强,杨达源,施雅风,等.川江中坝遗址5000年来洪水事件研究[J].地理科学,2004,24(6):715-720.
ZHANG Qiang,YANG Dayuan,SHI Yafeng,et al. Flood events since 5000 a B. P. recorded in natural sediments of Zhongba Site,Chuanjiang River[J]. Scientia Geographica Sinica,2004,24(6):715-720.
- [9]田晓四,朱诚,尹茜,等.长江三峡库区中坝遗址地层洪水沉积粒度特征及其沉积环境[J].沉积学报,2007,25(2):261-265.
TIAN Xiaosi,ZHU Cheng,YIN Qian,et al. Grainize characteristics of flood sedimentary environment in Zhongba Site,the Three Gorges Reservoir,Changjiang River[J]. Acta Sedimentologica Sinica,2007,25(2):261-265.
- [10]徐伟峰,朱诚.长江三峡库区玉溪遗址地层沉积特征研究地[J].地层学杂志,2008,32(1):21-26.
XU Weifeng,ZHU Cheng. Sedimentary features of the strata at the Yuxi Site of the Three Gorges Reservoir area[J]. Journal of Stratigraphy,2008,32(1):21-26.
- [11]史威,朱诚,李世杰,等.重庆丰都玉溪剖面的沉积学和气候意义[J].沉积学报,2010,28(1):114-120.
SHI Wei,ZHU Cheng,LI Shijie,et al. Sedimentological and climatic significances of Yuxi profile in Fengdu,Chongqing[J]. Acta Sedimentologica Sinica,2010,28(1):114-120.
- [12]FOLK R L. A review of grain size parameters[J]. Sedimentology,1966(6):73-93.
- [13]FOLK R L,Ward W C. Brazos River Bar: A study in the signification of grain size parameters[J]. Journal of Sedimentary Petrology,1957(27):3-27.
- [14]任明达,王乃梁.现代沉积环境概论[M].北京:科学出版社,1981:8-36.
- [15]四川省文物考古研究所,忠县文物保护管理所.忠县中坝遗址发掘报告[C]//重庆库区考古报告集·1997年卷.北京:科学出版社,2001:559-609.
- [16]四川省文物考古研究所,重庆市文物局三峡办,忠县文物保护管理所.忠县中坝遗址Ⅱ区发掘简报[C]//重庆库区考古报告集·1998年卷.北京:科学出版社,2003:607-648.
- [17]朱诚,郑朝贵,马春梅,等.长江三峡库区中坝遗址地层古洪水沉积判别研究[J].科学通报,2005,50(20):2240-2250.
ZHU Cheng,ZHENG Chaogui,MA Chunmei,et al. Research on how to distinguish the paleo-floods in Zhongba Site in the Three Gorges of Changjiang River[J]. Chinese Science Bulletin,2005,50(20):2240-2250.
- [18]史威,朱诚,徐伟峰,等.重庆中坝遗址剖面磁化率异常与人类活动的关系[J].地理学报,2007,62(3):257-267.
SHI Wei,ZHU Cheng,XU Weifeng,et al. Relationship between abnormal phenomena of magnetic susceptibility curves of profiles and human activities at Zhongba Site in Chongqing[J]. Acta Geographica Sinica,2007,62(3):257-267.
- [19]BAI J J,ZOU H X,ZHU C. Archaeological discovery and research on the remains of the paleoflood of the Yuxi Site[J]. Chinese Science Bulletin,2008,53(s):18-27.
- [20]ZHU C,MA C M,XU W F,et al. Characteristics of paleoflood deposits archived in unit T0403 of Yuxi Site in the Three Gorges Reservoir areas,China[J]. Chinese Science Bulletin,2008,53(s):1-17.