

DOI :10.3876/j.issn.1000-1980.2010.02.003

雅鲁藏布江加查峡谷河段古洪水沉积特征

邬 龙^{1,2}, 谢悦波¹, 聂秋月¹, 徐世宾²

(1.河海大学水文水资源学院,江苏 南京 210098 ; 2.水利部河北水利水电勘测设计研究院,天津 300250)

摘要 :对雅鲁藏布江加查峡谷河段古洪水平流沉积物进行了野外调查与试验分析,结果表明 :其野外沉积除具备一般的特征外,还常表现为细颗粒物充填巨砾的特殊堆积形态,其粒度特征表现为分选性较好,分选系数在 1.2 以下,以砂质、粉砂质颗粒为主,中值粒径在 3~4 之间等,且与谷坡沉积物、滩地泛滥沉积物的粒度特征之间存在明显差异,其重矿物组合特征与沉积类型及沉积物的搬运条件等相关,通过孢粉特征分析,确定了研究区域在大约距今 3 000 a 的气候条件与近现代气候条件具有较明显的一致性,为研究河段古洪水分析计算,以及藏木水电站的设计洪水确定提供了基础资料信息。

关键词 :古洪水,平流沉积,粒度,重矿物,雅鲁藏布江加查峡谷

中图分类号 :P531 文献标识码 :A 文章编号 :1000-1980(2010)02-0134-05

古洪水是指第四纪全新世以来至可考证的历史洪水期以前这一时期内发生的大洪水^[1]。河流在洪水期漂流着由流域面上带来的孢粉、枯枝落叶等有机物,因退水而停留沉积于洪峰水位所在某些处所(如洞穴、支沟回水末端等),称为洪水平流沉积物。基于洪水平流沉积物这一信息载体,利用放射性¹⁴C 测定其发生年代,依据其尖灭点高程作为洪水位指示,采用水力学模型推求其发生的流量^[1-2]。目前在古洪水水文学研究方面,国内外已取得显著成果,我国自 20 世纪 80 年代开始,先后在长江、黄河、淮河等流域的某些河段开展了古洪水研究工作,并且在大量研究的基础上总结出了一套古洪水研究的指标体系^[2-8]。本文主要对研究河段古洪水平流沉积物的野外沉积特征、沉积环境、粒度特征、重矿物特征等要素进行分析、总结,从而为研究河段典型古洪水沉积物的甄别和古洪水流量计算提供依据。

1 研究背景

由于雅鲁藏布江上无历史调查洪水资料,仅有 1949 年以来 50 a 左右的实测洪水资料,因此,现有的资料条件不能满足藏木水电站设计洪水的频率计算要求,此外,藏木水电站采用混凝土重力坝,根据规范^[9]要求及设计标准,不宜采用 PMP/PMF(可能最大暴雨/可能最大洪水)作为规划设计的依据,因此,采用古洪水研究方法成为藏木水电站设计中洪水计算的一个重要途径。

古洪水调查研究区位于雅鲁藏布江中游加查峡谷河段,在藏木水电站坝址上下游近 70 km 河段选取 32 个取样断面,共采集 138 个古洪水沉积样品,主要采样点位置见图 1。

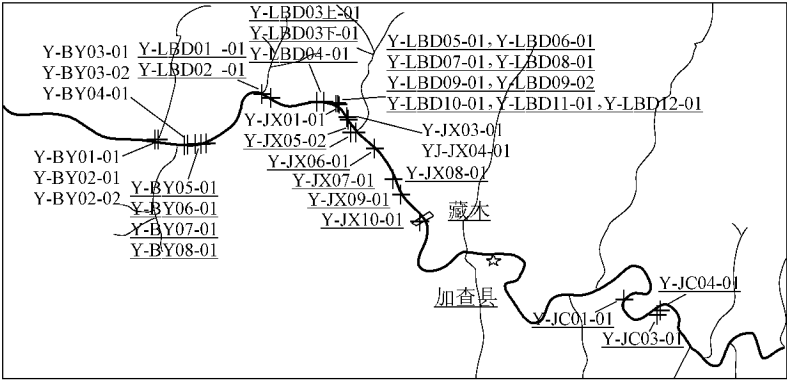


图 1 雅鲁藏布江加查峡谷段古洪水沉积样品位置

Fig. 1 Sampling points of palaeofloods in Jiacha Gorge on Yarlung Zangbo River

2 野外沉积特征

从野外调查发现 雅鲁藏布江加查峡谷河段古洪水平流沉积部位多集中于支沟回水末端、平缓岸坡、漫滩、河道突然展宽的回水区域和位置较高的岩体上,其中在一处洞穴中发现有贝壳和植物果实(桃核)沉积。采样沉积层剖面特征主要表现为:表层以砂质、粉砂质黏土为主,夹杂植物根系;下层多为砂砾、砾石混杂堆积,再往下则以巨砾石层为主。部分沉积层向上延伸数米形成尖灭,为古洪水水位的确定提供了有利的条件,此外,部分沉积层有明显的微薄层理。

图 2 为雅鲁藏布江加查峡谷某河段高河漫滩阶地调查采样的平流沉积物。从图 2 可见,在高河漫滩阶地堆积物的表层为细颗粒沉积物堆填在巨砾之间,这可以理解为后来的洪水带来的或洪流涌水条件下形成的细颗粒沉积,掩覆在较早的巨砾冲积物之上。这种巨砾与细砾的砂质堆积形态,也正是雅鲁藏布江与其他河流平流沉积物沉积形态特征^[4]的显著差别之处,反映了雅鲁藏布江特有的水文地理特征。

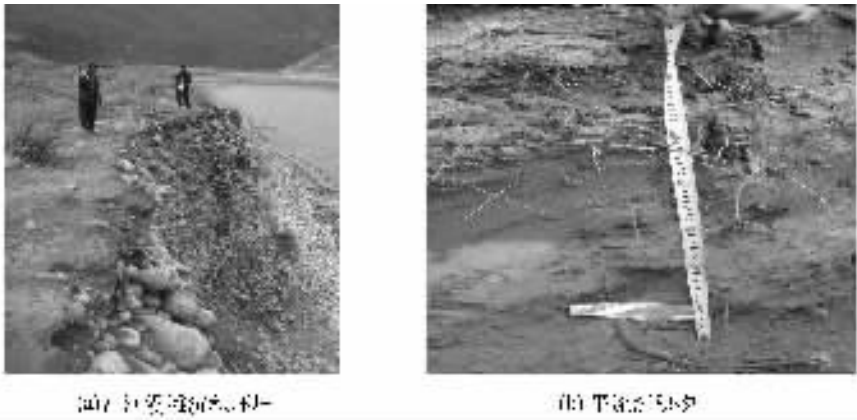


图 2 某采样点的高河漫滩沉积环境和相应的平流沉积物

Fig. 2 Sedimentary environment of sampling points in a high flood plain and corresponding advective sediments

野外采样的沉积特征均反映了受水流携沙能力的影响,较大颗粒悬移质先沉积,细颗粒的砂质、粉砂质黏土在近岸边流速近乎为 0 的状态下沉积下来,且从河槽中心往岸边的横断面方向上,由于流速分布越来越小,故越靠岸边方向沉积颗粒越细,从而形成尖灭,这符合沉积动力学的基本原理^[5-7]。

3 粒度特征

粒度特征分析是对沉积物分析研究的最基本手段之一。对沉积物中各粒组质量分数(砂、粉砂和黏土)、中值粒径、小于 4φ ($\varphi = -\log_2 D$, D 为粒径)累计质量分数、分选系数、偏度等参数进行研究分析,有助于推断沉积物的搬运动力、沉积环境以及形态类型^[1-6]。

各粒组质量分数按砾(粒径 $> 2\text{ mm}$)、砂(粒径为 $0.0625 \sim 2\text{ mm}$)、粉砂(粒径为 $0.0039 \sim 0.0625\text{ mm}$)、黏土(粒径 $< 0.0039\text{ mm}$)进行划分;中值粒径是在颗粒累积质量分数曲线上截取频率为 50% 的 φ 值;分选系数按克伦宾方法计算,公式为

$$QD_{\varphi} = \frac{1}{2}(\varphi_{75} - \varphi_{25})$$

式中 φ_{75} , φ_{25} 为累积质量分数 75%、25% 粒径的 φ 值。分选系数 QD_{φ} 在 $0 \sim 0.6$ 为分选很好, $0.6 \sim 1.4$ 为分选好, $1.4 \sim 2.2$ 为分选中等, $2.2 \sim 3$ 为分选差, 大于 3 为分选很差。

分析表 1 数据可知,雅鲁藏布江加查峡谷河段古洪水沉积样品的粒度特征表现为以砂质、粉砂质颗粒为主,粒组质量分数中砂粒级占 50% 以上,黏土质量分数较小,样品颗粒小于 4φ 粒级的质量分数多在 50% 以下,中值粒径一般在 $3 \sim 4$ 之间,且分选性较好,分选系数在 1.2 以下。与现代洪水的泛滥沉积相(Y-JX03-01, Y-JX04-01 等)相比,其分选系数相近或稍高,中值粒径、粉砂质量分数均偏高,砂质质量分数偏低;与洪坡积、冲坡积物(Y-BY04-01, Y-LBD12-01 等)相比,其分选系数明显偏低。

此外,雅鲁藏布江古洪水沉积物粒度特征与长江三峡、黄河小浪底河段、沁河河口村、海河水系的岗南、黄壁庄^[4, 8-11]等古洪水沉积物又有着显著的差异。这些河流的古洪水沉积物粒度特征主要表现为以粉砂、黏

表 1 雅鲁藏布江加查河谷段的古洪水沉积粒度特征

Table 1 Characteristics of grain size of palaeoflood sediments in Jiacha Gorge on Yarlung Zangbo River

沉积类型	样品编号	累计小于 4φ 质量分数/%	中值 粒径	分选 系数	粒组质量分数/%			偏态 系数
					砂	粉砂	黏土	
古洪水平流沉积	Y-BY01-01	28.0	3.2	0.9	72.0	24.5	3.5	0.05
	Y-LBD01-01	43.0	3.9	0.9	57.0	40.7	2.3	0.03
	Y-LBD03 下	38.9	3.6	1.2	61.1	34.5	4.4	0.07
	Y-JT03-01	44.7	3.8	0.4	72.2	24.9	2.9	0.15
	Y-JX08-01	48.7	3.9	0.7	65.5	29.0	5.5	0.23
	Y-JC03-01	32.5	3.4	0.6	67.5	29.4	3.1	-0.06
现代洪水泛滥沉积	Y-JX03-01	3.6	3.2	0.5	98.5	1.5	0.0	0.03
	Y-JX04-01	6.8	3.3	0.5	95.5	4.5	0.0	-0.08
坡积物	Y-BY04-01	21.8	2.0	1.7	83.8	14.9	1.3	0.05
	Y-LBD12-01	51.0	4.0	1.8	58.9	37.4	3.7	-0.78

土为主,一般情况下,中值粒径均在 4.0 以上,且累计小于 4φ 的质量分数远高于雅鲁藏布江,但是它们有个共同特点,就是样品颗粒的分选系数均较好,这也是雅鲁藏布江特有的粒度指标体系,因此,深入调查研究不同江河流域的古洪水情况,应立足于该流域的水文地理特性、沉积特征,以现代洪水的平流沉积、滩地沉积、泛滥沉积作为相应流域古洪水研究的切入点,确定相应的粒度指标体系。

4 重矿物特征

对河流沉积物样品的重矿物组合及其含量的分析,有助于查明沉积物样品是来源于该河流的上游,还是来源于该河流的支流,或是该地谷坡上的物质,在古洪水研究中有重要的意义^[7]。本文古洪水研究中部分沉积物样品主要重矿物特征见表 2。

表 2 雅鲁藏布江加查峡谷河段洪水沉积重矿物特征

Table 2 Characteristics of heavy minerals of palaeoflood sediments in Jiacha Gorge on Yarlung Zangbo River

样品编号	样品 净质量/g	重矿物种类及其在样品中的质量分数/%									
		磁铁矿	赤、褐铁矿	绿帘石	石榴石	电气石	角闪石	锆石	磷灰石	楣石	白钛石
Y-BY01-01	41.381	0.539 1	0.141 6	0.120 3	0.056 8	0.003 6	0.007 0	0.037 5	0.002 2	少	0.000 5
Y-BY02-01	77.150	0.747 2	0.063 9	0.095 8	0.013 4	0.002 7	0.085 2	0.019 2	0.021 8	0.007 6	少
Y-BY04-01	153.093	1.106 3	0.021 8	0.054 3	0.003 6	少	0.275 4	0.016 8	0.016 5	0.001 4	0.000 4
Y-LBD01-01	63.171	0.247 1	0.068 1	0.092 1	0.012 0	少	0.020 1	0.016 9	0.000 9	个	少
Y-LBD03 下	129.415	0.677 3	0.103 3	0.096 4	0.120 5	少	0.020 6	0.021 9	0.001 5	0.000 3	0.000 3
Y-LBD12-01	71.393	0.107 6	0.044 8	0.089 5	0.001 5	0.001 5	0.015 4	0.012 9	0.000 7	少	0.000 1
Y-JT03-01	118.313	0.241 8	0.106 1	0.148 5	0.009 1	少	0.033 3	0.038 8	0.002 0	0.000 5	0.000 1
Y-JX08-01	85.531	0.288 4	0.065 2	0.112 1	0.010 2	少	0.014 3	0.027 1	0.001 9	0.000 4	0.000 1
Y-JC03-01	123.678	0.596 6	0.122 5	0.159 9	0.034 0	少	0.023 9	0.042 5	0.002 7	0.000 6	0.000 1

对雅鲁藏布江加查峡谷河段调查采集样品的室内分析结果表明,大部分样品的重矿物组合具有同类的特点,即各样品所含重矿物的种类及其组合特征具有相似性,以磁铁矿、赤、褐铁矿、绿帘石、石榴石、角闪石、磷灰石等为主,含有少量的辉石、透闪石、绿泥石等重矿物,个别样品中某些种类重矿物有缺失或者富集。如 Y-BY04-01 号样品具有所含重矿物种类偏少的特点,且磁铁矿、角闪石、磷灰石、楣石等主要重矿物有明显偏高的现象(是其他样品中含量的 10 倍以上),而透闪石、辉石、十字石等许多在其他样品中常见的矿物在该样品中都没有见到。据该样品沉积环境的地貌部位、岩性特征、沉积结构及其粒度特征最终判断该处沉积很可能是以坡积物为主的堆积物。

5 年代特征和孢子花粉特征

年代特征有助于确定古洪水发生的时间。本文主要利用¹⁴C 测年技术确定年代特征,共测定 22 个沉积样品,其年代最远为距今(6 650 ± 120) a。其中在距今 2 960 a 发生一场特大量级的洪水事件,这与长江三峡距今(2 420 ± 295) a、黄河小浪底距今(2 360 ± 375) a、海河水系黄壁庄距今 2 500 a 和淮河水系响洪甸距今 2 700 a 左

右发生的特大量级,甚至是最大量级的古洪水事件在发生年代上比较相近^[5]。由此说明,距今 2 500 a 左右,在我国境内或更广阔的范围内可能有一次气候突变事件发生,因为,特大洪水事件正是极端气候变化的即时响应。

应用孢粉组合中一些典型的标志性孢粉科属可以划分地层相对时代及再造古地理,恢复古气候。在大量分析的基础上,孢粉分析还可以为古洪水资料气候条件的一致性分析论证提供可靠依据^[1]。通过河段采集样品的孢粉特征的分析调查,发现植物种属较丰富,并鉴定了 60 个科属植物的孢粉类型,包括 19 个科属的乔木及灌木植物花粉,17 个科属的蕨类孢子,平均每个样品含有约 321 粒孢粉。孢粉图式见图 3(图中乔木是指乔木中孢粉所占比例较大的几个科属,其他乔木是指孢粉所占比例较小的科属,草本、灌木等同)。从图 3 可见,根据年代从老至新的孢粉组合特征,这些年代可分为 5 个阶段。其中,第Ⅱ阶段(距今 3 024 ~ 1 489 a)与第Ⅲ阶段(距今 1 489 ~ 170 a)的孢粉以及孢粉组合特征具有较好的一致性。因此,从孢粉组合特征及已有古气候研究成果^[12]可以看出研究区域在大约距今 3 000 a 的气候条件与近现代气候条件具有较明显的一致性,这为设计洪水计算中古洪水与近现代洪水资料的一致性分析提供了依据。

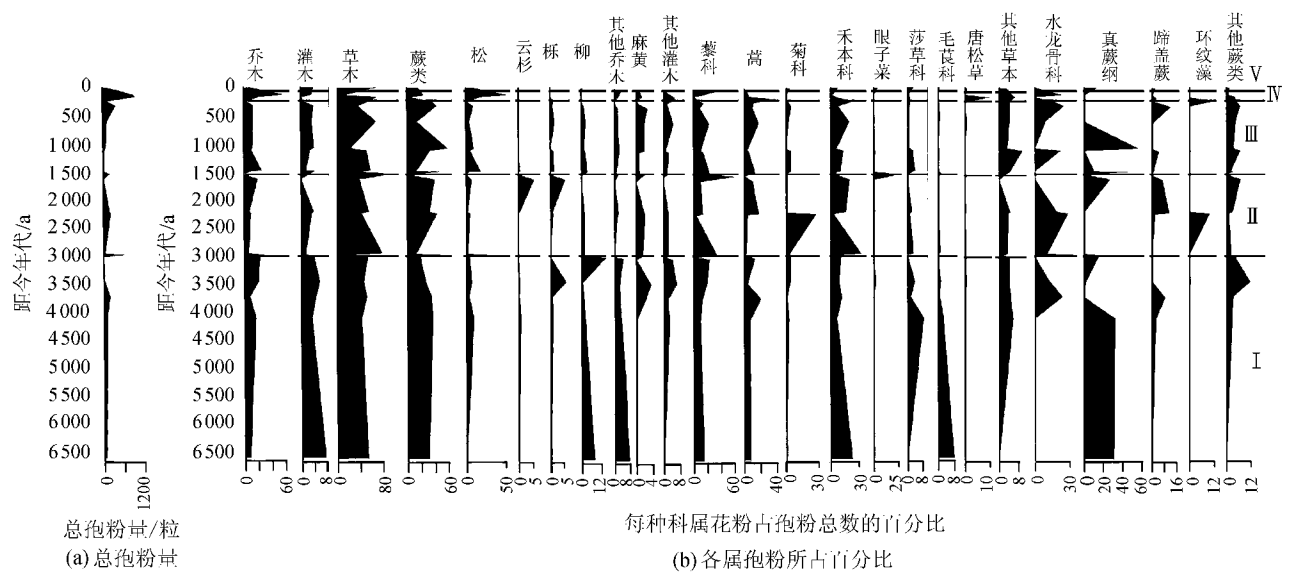


图 3 雅鲁藏布江加查峡谷段古洪水沉积物孢粉图式

Fig. 3 Pollen diagram of palaeoflood sediments in Jiacha Gorge on Yarlung Zangbo River

6 结 语

古洪水平流沉积物的分析确定是古洪水研究的关键。本文根据雅鲁藏布江加查峡谷河段古洪水平流沉积物的野外勘查与室内分析,确立了雅鲁藏布江所特有的平流沉积特征体系,尤其是在粒度指标方面的特征,从而为研究河段的古洪水分析计算及藏木水电站的设计洪水确定提供了基础资料,同时进一步完善了以往仅从内陆地区河流古洪水研究的粒度特征体系中得出的认识和结论。

参考文献:

[1] 詹道江,谢悦波.古洪水研究[M].北京:中国水利水电出版社,2001.

[2] 史兴民.全新世古洪水研究进展[J].水文,2007(3):24-28.(SHI Xing-min. Progress of research on palaeofloods[J]. Hydrology, 2007(3):24-28.(in Chinese))

[3] VICTOR R B. Palaeoflood hydrology in a global context[J]. Catena, 2006, 66:161-168.

[4] BAKER V R. Desert palaeoflood in central Australia[J]. Nature, 1983, 301:502-504.

[5] 谢悦波.中国古洪水研究[D].南京:河海大学,1998.

[6] 付鹏.古洪水研究方法在沁河设计洪水计算中的应用[D].南京:河海大学,2005.

[7] 谢悦波,王文辉,王平.古洪水平流沉积粒度特征[J].水文,2000(4):18-20.(XIE Yue-bo, WANG Wen-hui, WANG Ping. Characteristics of grain size for palaeoflood slackwater deposits[J]. Hydrology, 2000(4):18-20.(in Chinese))

[8] 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 Yue-bo, YANG Da-yuan. Basic

characteristics of paleoflood slack water deposits[J]. Journal of Hohai University ,1998 ,26(6) 5-10.(in Chinese))

[9] SL252—2000 水利水电工程等级划分及洪水标准[S].

[10] 谢悦波 ,刘金涛 ,沈起鹏 .黄河小浪底河段古洪水沉积[J]. 河海大学学报 :自然科学版 ,2001 ,29(4) 27-30.(XIE Yue-bo ,LIU Jin-tao ,SHEN Qi-peng. Paleoflood deposits on Xiaolangdi Reach of Yellow River[J]. Journal of Hohai University :Natural Sciences , 2001 ,29(4) 27-30.(in Chinese))

[11] 杨达源 ,谢悦波 .黄河小浪底河段古洪水沉积与古洪水水位的初步研究[J]. 河海大学学报 ,1997 ,25(3) 86-89.(YANG Da-yuan ,XIE Yue-bo. A preliminary study on paleoflood deposit and its level in Yellow River Valley near Xiaolangdi Village[J]. Journal of Hohai University ,1997 ,25(3) 86-89.(in Chinese))

[12] 中国科学院青藏高原综合科学考察队 .西藏气候[M]. 北京 :科学出版社 ,1984.

Characteristics of sediments of palaeofloods in
Jiacha Gorge on Yarlung Zangbo River

WU Long^{1 2} , XIE Yue-bo¹ , NIE Qiu-yue¹ , XU Shi-bin²

- (1. College of Hydrology and Water Resources , Hohai University , Nanjing 210098 , China ;
2. Hebei Research Institute of Investigation & Design of Water Conservancy & Hydropower ,
Ministry of Water Resources , P. R. China , Tianjin 300250 , China)

Abstract : The sediments of palaeofloods in Jiacha Gorge of Yarlung Zangbo River were studied based on the field investigations and experimental analyses. The results show that in addition to common characteristics , the field sediments exhibit some special features with the boulders ' void filled by fine particles. The particles of advective sediments are characterized as follows : they are well sorted , the sorting coefficients are all bellow 1.2 , the main particles are sandy and silty ones , and the median grain diameter is between 3 and 4. They are significantly different from the granularity characteristics of valley slope sediments and beach land sediments. The characteristics of heavy mineral composition relate with the sediment types and transportation conditions. Through the analysis of pollen characteristics , it is confirmed that the climatic conditions of the study region about 3 000 years ago are in consistent with those in recent and modern times. It is useful for the extension and application of palaeoflood researches. It will provide basic data and information for the determination of the design flood of Zangmu Hydropower Station on Yarlung Zangbo River.

Key words : palaeoflood ; advective sediment ; granularity ; heavy mineral ; Yarlung Zangbo River