

古洪水平流沉积与水位

谢悦波

(河海大学,南京)

费宇红

(中国地质科学院水文地质环境地质研究所,石家庄)

沈起鹏

(湖南省水文水资源局,长沙)

摘要 古洪水研究的目的是通过古洪水信息的载体——古洪水平流沉积提供古洪水水位及流量。而如何确定古洪水沉积顶面高程与其洪峰水位的关系是河床演变学至今尚未解决的难题。经过长江、黄河、海河和淮河古洪水研究之后,对此问题获得了新的认识。洪水平流沉积物尖灭点高程与其洪峰水位之间一致的关系,给古洪水研究解决了一个关键问题。

关键词 古洪水 平流沉积 洪水信息载体 尖灭点

运用古洪水平流沉积的野外和实验分析特征的指标体系确定了古洪水平流沉积之后,如何根据其沉积顶面高程估算携带这次沉积的古洪水洪峰水位,成为古洪水研究中的又一个关键问题。国内外的古洪水研究都对此问题给予了特别的重视。通过中国四大江河——长江、黄河、海河和淮河部分河段的古洪水研究工作之后,对此问题有了新的认识。

型实验的数据为成果加以应用。Ritter D. F. 和 Kochel R. C. 设计并建造了一条与 Texas 河道相似的水泥河道模型来模拟一段无侵蚀的岩石河床,河两岸近乎是垂直的,形成一个矩型断面,平均宽度 30 cm,平均深度 25 cm。因为野外大多数平流沉积在支流河口,所以这条水槽就建了 20 条与干流相交角度各不相同且可调整的支流,见图 1。

1 国外模型实验成果

1.2 水流情况

1.1 模型设计

按照流量和比降的大小,将水槽模型的试验情况分成 4 种(表 1)。其中水流运动时间都为 1.15 h。

目前国外关于这一问题的研究结果多以室内模

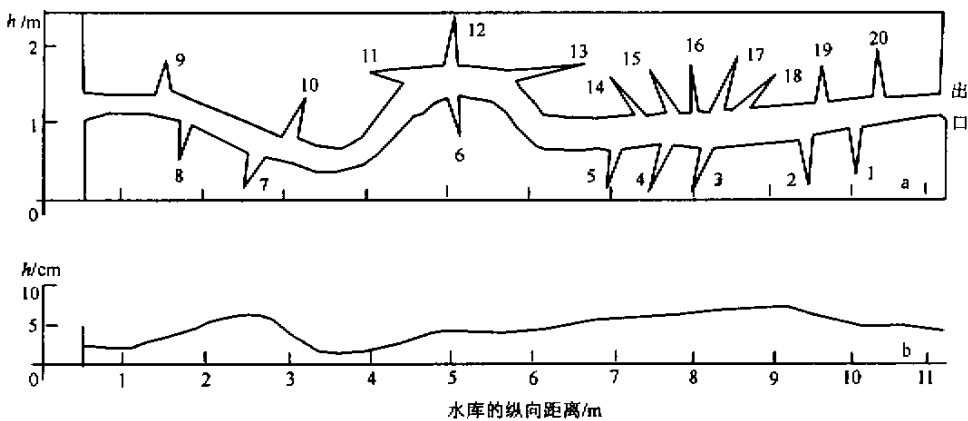


图 1 洪水平流沉积高程与水位的实验模型平面(a)及河底高程的纵向断面(b)

Fig. 1 Flood experimental model

表1 水槽实验的4种水流比降组合情况

Table 1 Water course experimental data of four condition

名称 方式	B/m	h/m	$v/m \cdot s$	$Q/m^3 \cdot s$	$S/\%$	控制类型
1	0.40	0.050	0.50	0.010	0.020	小流量 小比降
2	0.49	0.100	0.60	0.030	0.020	大流量 小比降
3	0.38	0.035	0.72	0.010	0.030	小流量 大比降
4	0.45	0.090	1.00	0.040	0.030	大流量 大比降

注: B -断面宽度; h -平均水深; v -流速; Q -流量; S -比降。

1.3 实验结果

(1)在上述4种水流比降的组合情况下,沉积物都出现在支流河口,这是因为人工支流的水流不流动的缘故。

(2)在各支流上,离主干道越远,沉积的粒度越细。这与野外观测结果一致。

(3)大多数沉积在支流河口的横断面上是不对称的,其中较厚的部分位于支流河口沿主流方向下游的一侧。这一点可通过进入支流河口的回水类型来解释:示踪剂注入水槽的水流中,显示出在主流下游方向一侧的支流河口产生回水。此时的回水因流速减小,携沙能力减小,所以导致出现这一观测结果。

(4)支流与主流之间的夹角影响洪水平流沉积物的形成。大多数平流沉积发生在夹角为 $50^\circ \sim 130^\circ$ 之间。当夹角小于 50° 时,主流洪水从支流河口旁边通过,仅在支流河口产生一个微小的回水。而当夹角大于 130° 时,主流在支流河口产生的回水剧烈运动,形成显著的沉积。然而,后继的洪水将彻底改变原先的沉积,因为这一夹角之下进入支流河口的水流速度非常大。因此,在这种夹角之下想进行古洪水层位分析是不可能的。

(5)水槽中主流的比降也影响平流沉积的厚度。组合情况中的情况3和4是大比降,其沉积物厚度都非常薄。这是因为当主流流量保持常数时,主河道的水流是通过比降的增加而增加流速的。这些高流速的主河道水流在支流河口边上通过时,就会降低支流河口回水的水位以及与此相应的平流沉积。

(6)当水槽主河道的比降保持不变而流量增加时,平流沉积物的厚度直接增加。各处沉积厚度的不同是因为其地貌条件、支流与主流夹角、支流本身比降等不同,而同一地点沉积物厚度的变化则取决于洪峰流量的大小和洪峰历时的长短。

水槽实验提供了验证古洪水水文学主要假定——洪水平流沉积物的尖灭点高程与洪峰水位紧密

相联系的一种手段。在这次的水槽实验中,当水流的比降组合情况为小流量小比降时,见图2中运行方式1,几乎全部支流河口的洪水平流沉积物尖灭点高程与支流河口观测到的洪峰水位差值仅有几毫米,其中18例外,是因为支流河口与干流夹角超过 130° ,其余8、9、15则是支流河口的岸壁较陡,由于重力作用而使这三处由水槽产生的平流沉积从其原来沉积位置上滑下来。由此可见,为了能够准确地估算古洪水水位,应尽可能寻求其平流沉积的尖灭点高程。

2 国内研究成果

2.1 早期方法

徐润滋等(1986)在红水河阶地极限洪水研究中,直接取阶地和高漫滩顶面高程作为相应的万年和3ka洪水水位高程,但作者承认其上应加一个高差 Δh 。在淮河、海河研究河段的古洪水研究中,也采用的这一方法。在响洪甸河段,采取的方法是根据平流沉积尖灭点处高程计算出的流量偏小10%~20%的经验,据此进行经验性的改正。

2.2 近期研究

当对黄河小浪底河段的古洪水平流沉积进行调查之后,对这一问题有了新的认识。黄河小浪底河段古洪水平流沉积的产状特征是,总体呈楔形匍匐在缓倾斜岸坡平台上,越向水边线其沉积厚度越薄,略翘起并尖灭,被后来的沙土碎石混合堆积所掩埋(图3)。

上述“缓倾斜岩坡平台”,分别是小支流沟岩谷谷口的锥状堆积体,黄土或次生黄土堆积构成的岸坡(低)平台,古河漫滩(或高漫滩)的后缘,支流沟谷内的滩地等,有的古洪水平流沉积充填在岸坡上的洞穴或缝隙中。它的沉积构造标志是前已述及的薄到近水平层理或波形层理,薄层理的单层厚度为1~2mm,薄层理的成因与死水区水体受横向传递的波动干扰有关。

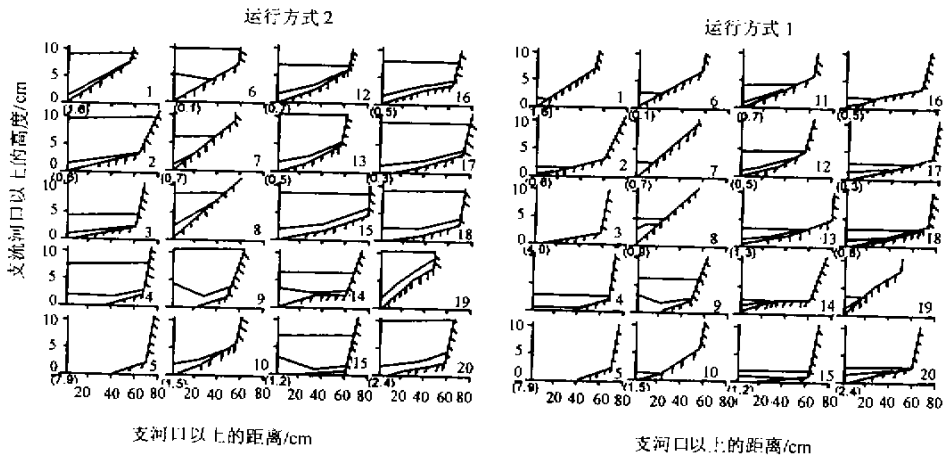


图2 水槽模型中支流口的横断面及洪峰水位与平流沉积的关系

Fig. 2 Relationship between flood level and its content

运行方式 1-水流与比降组合方式:小流量、小比降 运行方式 2-大流量、小比降

1994年7月底黄河发生洪水,在小浪底工程取料坑内及其边壁上留下了不同的沉积。其中PC-01号样为小浪底工程取料坑中该场洪水沉积滩地表层样(图4)。滩地顶面比坑壁上的该场洪水的洪痕低

0.341 m。PC-06号样为取料坑中该场洪水沉积滩面上浅水坑中的沉积,以粉沙粘土颗粒为主,它比坑壁上这场洪水的洪痕低0.98 m。

这场洪水还在小浪底工程取料坑的边壁上留下

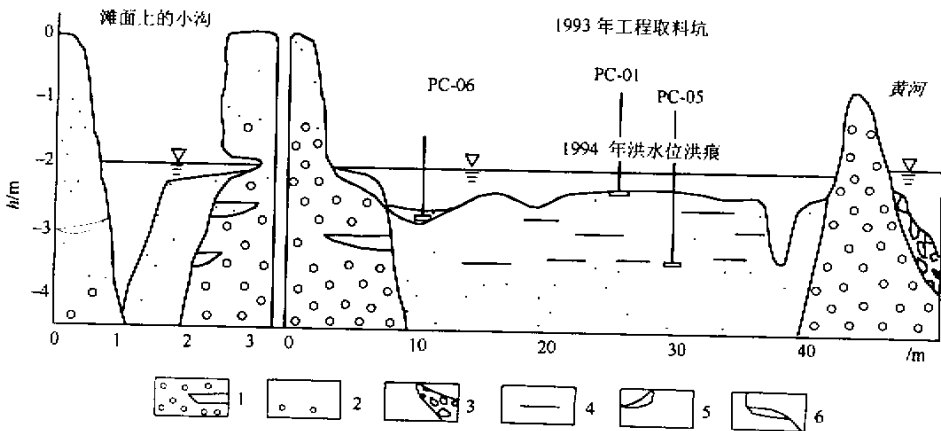


图4 黄河小浪底工程取料坑中1994年洪水沉积剖面

Fig. 4 Profile of flood deposit in Huanghe Xiaolangdi project in 1994

1-河漫滩中、下部的砾石层 2-河漫滩中、下部的含砾砂与砂层 3-近代的砾质边滩 4-1993年工程取料坑中的1994年洪水堆积 5-1994年洪水堆积滩面上洼坑中的沉积 6-1993年工程取料坑壁斜坡上的1994年洪水堆积尖灭端

2种不同的洪水沉积尖灭现象(图4)。一种洪水沉积尖灭出现在挖取料坑时留在边壁上的缓倾斜平台(阶)上,狭窄平台(阶)的外侧恰好被这场洪水淹没,形成了楔形的洪水沉积及尖灭现象。通过测量,认定该洪水沉积尖灭点与其旁侧陡直坑壁上这年洪水的洪痕高程一致(图5)。另一种洪水沉积尖灭出现在取料坑边小沟谷的一侧,1994年7月底洪水倒灌进入该小沟谷,并使松散沙质堆积组成的小沟谷壁

受浸泡而坍塌,在洪水水位高程上形成凹坎,于是,继续塌落的沙粒落入漫上该凹坎的水中,并在凹坎部位堆积形成具有尖灭点和发育薄层理的楔形堆积。第二种与洪水有直接关系的楔形堆积(并非通常所说的洪水平流堆积),其尖灭点也与谷壁上的洪痕一般高。

据此可得结论,在超覆缓倾斜岸坡平台的细颗粒洪水沉积,即洪水平流沉积的顶面,特别是平流沉

积尖灭点高程,与洪水位十分接近,尤其像黄河三门峡至小浪底河段那样的高含砂量河流,其洪水平流沉积物尖灭点高程与洪痕高程基本一致。这一结果,将起到验证并修正过去室内模型实验结果的作用。

2.3 其它情况

对于坡度较陡而未出现真正尖灭点的沉积层,以及地势较缓并具有一定沉积厚度的沉积层,如何确定取样沉积层顶面高程与洪峰水位之间的水深是河床演变学至今尚未解决的难题。因为影响这个水深的因素不仅受到水流含沙量的影响,还受到接近

洪峰水位和出现洪峰水位的历时、沉积地点的地貌条件等因素的影响。这种情况下采取的作法通常是尽可能地考虑各种可能的影响因素,进行附加水深的估算。

如在实践中遇到比较平缓的沉积层,可以按沉积层顶面和底面的坡角、沉积层近尖灭点端和远离尖灭点端的厚度、沉积层水平方向的距离,根据几何关系进行推算,也可以由沉积泥沙的粒径,采用沉积动力学途径进行估算,表 2 给出了长江三峡古洪水研究根据沉积物处的尖灭趋势及粒度估算,得出附加水位的改正值。

表 2 长江三峡古洪水沉积层顶面高程及水位^①

Table 2 Level of the Yangtze river paleoflood profile

序号	样号	年代/a B.P.	沉积层厚度 cm	沉积层顶面 高程/cm	尖灭点高程 cm	样点洪水位 cm	水位估计说明
1	C-QS-01	2580 ± 220	4 - 5	82.216	82.716	82.716	按尖灭趋势,采用几何方法计算而得
3	C-XW-01	1937 ± 407	25	80.572		80.572	更高处未见到类似沉积,上限控制
67	C-GJ-01	2233 ± 263	5 - 20	81.026	81.426	81.426	按层面用几何方法推算,得出尖灭点高程
76	C-G-04	2420 ± 295	13	81.000		81.500	沉积层顶面高约 1.0 m 处为冲沟头作为控制
91	C-H-01	1040 ± 250	15	53.091		53.691	由泥沙粒径,根据沉积动力学方法估算
92	C-H-02	≤ 200	10	53.461		53.861	由泥沙粒径,根据沉积动力学方法估算

3 结语

古洪水水位的确定完全依赖于古洪水信息载体——古洪水平流沉积所提供的顶面高程。室内模型实验及野外观测、取样调查的结果都证明洪水平流沉积尖灭点高程指示洪水位精度最高。因此,在野外调查取样过程中,应尽可能寻求古洪水平流沉积尖灭点,如开挖探槽追踪的办法。而当样品沉积的尖灭点无法推求且该点指示意义又非常好的情况下,只好采用几何推算或由泥沙粒径,根据沉积动力学方法估算其尖灭点高程,并计算此时水位估算误差对流量估算误差的贡献情况。

致谢 本文在完成过程中得到了詹道江教授的

指导,特此致谢。

参 考 文 献

谢悦波,杨达源. 1998. 古洪水平流沉积基本特征. 河海大学学报, 26 (6) 6~11.
 徐润滋等. 1986. 红水河阶地与极限洪水. 地理研究, 1(1) 45~49.
 Kochel R C, Baker V R. 1988. Paleoflood analysis using slackwater deposits. Flood Geomorphology. A Willey interscience publication. 357~376.
 Kochel R C. 1988. Extending stream records with slackwater paleoflood hydrology: Examples from West Texas. Flood Geomorphology. A Willey interscience publication. 377~392.
 Kochel R C, Ritter D F. 1987. Implications of flume experiments on the interpretation of slackwater paleoflood sediments. In Regional Flood Frequency Analysis (Singh V. J. ed) Reidel D. Boston. 365~384.

Slackwater Deposits and Flow Peak Level of a Paleoflood

Xie Yuebo

(Hehai University, Nanjing, Jiangsu)

Fei Yuhong

(Institute of Hydrogeology and Environmental Geology, CAGS, Shijiazhuang, Hebei)

Shen Qipeng

(Hunan Bureau of Water Resources, Changsha, Hunan)

Abstract The purpose of paleoflood study is to get a paleoflood peak stage based on its information carrier——paleoflood deposits. Nevertheless, how to determine their relation is always a difficult problem both in China and abroad. Foreign researchers give their results from flume experiments. On the basis of paleoflood studies along four rivers in China, this paper presents some new results.

Key words paleoflood slack water deposits flood information carrier pinch out