

黄河下游过渡型河段漫滩洪水演进规律探讨

姚玉德, 毕东升, 李 静, 童国庆

(山东黄河河务局, 山东 济南 250013)

摘要: 利用黄河下游高村至孙口河段漫滩洪水观测资料, 分析了过渡型河段漫滩洪水演进规律及其影响因素。结果表明: 过渡型河段河槽弯曲, 滩地多、面积大、连通性差, 在险工、护滩控导工程控制下, 主槽相对稳定, 河道横向淤积分布不均, 主槽冲淤变化大, 滩地低洼、蓄滞洪能力大, 滩地蓄滞洪能力、主槽排洪能力与不同量级不同类型洪水的不同组合, 是造成漫滩洪水洪峰流量削减、洪峰形状变形、传播时间变化的主要原因。

关键词: 洪水计算; 漫滩水流; 洪水总量; 黄河下游

中图分类号: TV122⁺.5; P331.1

文献标识码: B

文章编号: 1006-7647(2000)06-0029-03

黄河下游高村至陶城铺河段长 164 km, 是由宽浅游荡型向弯曲型过渡的过渡型河段, 具有河槽弯曲、滩地多、面积大的特点。近十几年来, 受上游龙羊峡、刘家峡水库汛期蓄水影响, 改变了下游来水来沙条件, 导致下游河道主槽严重淤积“萎缩”, 排洪能力降低, 加之人类活动影响, 漫滩洪水边界条件存在较大差异, 导致过渡型河段漫滩洪水演进呈现出许多新的特点, 如洪水预报方案失效, 洪峰预报误差大, 直接影响防汛抗洪决策的正常进行等。本文依据高村至孙口河段现有观测资料, 通过对历史漫滩洪水演进情况进行分析研究, 探讨漫滩洪水的演进规律及影响因素, 以提高黄河下游洪水预报精度, 满足防汛决策需要。

1 河道基本情况

高村至孙口河段全长 118 km, 区间无支流汇入, 河道平面面积 733.5 km², 平均河宽 6 200 m, 其中主槽宽约 700 m, 滩地宽约 5 500 m, 河道比降约 1/10 000。该河段共有险工、控导工程 31 处, 其中, 南岸有 11 处险工, 6 处控导工程, 工程长度约 47.0 km; 北岸有 4 处险工, 10 处控导工程, 工程长度约 36.0 km。两岸险工、控导工程对峙, 工程总长度 83 km, 约占河段长度的 70%。南岸有 8 个较大滩地, 面积约 192 km² (生产堤与大堤包围的面积, 下同), 北岸有 5 个较大滩地, 面积约 304 km²。各滩地 1982 年以前均修筑有生产堤, 其标准为: 高度约高出当地滩面 2~3 m, 顶宽 2~6 m, 至“96·8”洪水前破除长度已达总

长度的 50%。受生产堤长期挡水影响, 各滩地滩唇地势较高, 滩地变为由上、下游险工、护滩控导工程联坝、生产堤及滩唇高地围成的相对独立的洼地。

2 历史漫滩洪水演进情况

1949 年以来, 该河段共发生了 9 次较大漫滩洪水, 其中, 大漫滩洪水 4 次, 局部漫滩洪水 5 次, 漫滩洪水要素见表 1。从表 1 可以看出, 50 年代, 大漫滩洪水洪峰传播时间 31 h, 洪峰流量削减 800~2 000 m³/s, 次洪水量上、下站基本平衡, 洪水过程仅发生坦化变形, 洪峰流量削减、传播时间变化取决于洪峰形状胖瘦及洪水漫滩程度, 符合天然复式河槽演进规律。八九十年代洪峰流量削减 1 010~2 900 m³/s, 洪峰传播时间 48~121 h, 相差悬殊, 洪水过程变形严重, 上、下站洪量不平衡, 次洪水量损失约 4.5~7.64 亿 m³。局部漫滩洪水洪峰流量一般为 7 000~9 000 m³/s, 洪峰流量削减 -40~1 480 m³/s, 传播时间 22~58 h, 变化较大, 除 50 年代洪峰形状变化不大外, 其余均发生严重变形, 且存在不同程度的水量损失, 洪峰流量削减、传播时间变化规律性差。

“82·8”和“96·8”洪水是近期发生的两次大漫滩洪水, 对于研究现状河道条件下漫滩洪水演进规律有一定代表性。两次洪水沿程各站洪峰水位接近, 漫滩程度接近, 传播时间存在较大差异。高村至苏泗庄水位站河道间距 31 km, 洪峰水位传播时间分别为 17 h 和 15 h, 两者较接近, 苏泗庄至桑庄站河道间距 31.9 km, 传播时间分别为 8 h 和 25 h, “96·8”洪峰传

表1 高村至孙口河段漫滩洪水要素统计

洪号	高 村			孙 口			高村至孙口河段			漫滩情况
	洪峰水位 /m	洪峰流量 /($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	洪量 /亿 m^3	洪峰水位 /m	洪峰流量 /($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	洪量 /亿 m^3	传播时间 /h	流量削减 /($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	洪量损失 /亿 m^3	
56081	61.63	7550	31.68	47.27	6940	34.11	45	610	-2.43	局部
57071	62.41	12400	51.76	48.59	11600	53.47	31	800	-1.71	大漫
58072	62.96	17900	69.38	49.28	15900	66.25	31.5	2000	3.13	大漫
75091	62.95	7200	49.36	48.60	7240	51.16	36	-40	-1.80	局部
76083	62.86	9060	87.13	48.88	8660	90.25	22	400	-3.12	局部
81091	63.37	7390	42.94	48.75	6500	40.51	58	890	2.43	局部
82081	64.13	13000	61.31	49.60	10100	53.67	48	2900	7.64	大漫
83072	63.19	7030	49.32	48.31	5550	45.27	30	1480	4.05	局部
96081	63.87	6810	48.96	49.66	5800	44.46	121	1010	4.50	大漫

播时间是“82·8”的3.125倍,桑庄至杨集站河道间距40.5 km,传播时间分别为10 h和23 h,后者是前者的2.3倍,杨集至孙口站河道间距26.4 km,传播时间分别为12.5 h和57 h,后者是前者的4.56倍。上述情况表明,“82·8”洪峰传播速度沿程变化不大,“96·8”洪峰传播速度沿程递减。

3 河道冲淤

根据洪水期悬移质输沙及河道断面资料分析,漫滩洪水洪水期河段输沙不平衡,上站输沙量大于下站,表明河道发生淤积。从冲淤分布看,表现为滩地淤积,主槽冲刷,其淤积和冲刷的程度随洪水量的增大而增大。

4 洪水演进影响因素

4.1 河道冲淤演变对漫滩洪水的影响

河道冲淤对洪水演进的影响,主要通过改变河道行洪边界条件影响洪水演进。高村至孙口河段河道沿程纵向淤积基本是同步的,横向冲淤分布不均,集中表现在主槽冲淤变化剧烈,滩地缓慢淤积,均呈淤积升高趋势。对洪水的影响主要表现在三方面:①当河道主槽发生冲刷时,平槽流量增大,漫滩洪水水流相对集中,洪峰演进速度快,如1957和1982年大水,高村站洪峰流量基本接近,而河段平槽流量与洪峰传播时间成反比,呈现平槽流量大,传播时间短;②河道主槽发生淤积将导致洪水位表现偏高,如1982年和1996年大水相比,5000 m^3/s 同流量水位升高0.61 m,大于河段主槽平均淤高值(0.53 m);③主槽、嫩滩、滩地淤积不平衡,主槽、嫩滩淤积快,滩地淤积慢,对于中常大漫滩洪水,相同淹没水深下,滩地行洪流量占所占比重增大,洪峰传播时间不是同位相质点的演进时间,而是演进较快的主槽洪水过程与演进速度慢的滩地洪水过程反复组合的结果,如“96·8”洪水为复式洪水,基流较长,滩地洪水演进与基流组合形成孙口站洪峰,从而出现传播时间长达121 h的异常现象。

4.2 险工护滩控导工程对漫滩洪水的影响

河道整治工程通过改变河道边界条件,影响漫滩洪水演进规律。一是稳定主槽流路,导致主槽两侧嫩滩稳定并向淤高发展,滩地更加低洼,横比降加大;二是因护滩控导工程联坝基、抢险道路普遍高出当地滩面,对于中常洪水阻水作用明显。50年代,河道整治工程较少,河道主槽游荡多变,滩唇高程与滩地高程基本接近,自60年代大规模修筑护滩控导工程以来,嫩滩高程平均淤高1.66 m,是滩地平均淤高的3.4倍。随着险工护滩控导工程延长,局部河段形成卡口阻水,如南小堤上延与桥口险工形成卡口,河道宽仅2000 m;彭楼工程与老宅庄工程形成卡口,卡口宽1700 m;芦庄工程与杨集上延形成卡口,卡口宽2600 m。上述卡口工程均高出当地滩面2~3 m,缩窄河道60%~70%,对中常大漫滩洪水阻水严重,多数护滩工程顺河道主槽修建,对洪水进滩路径起阻挡和控制作用。

4.3 滩区生产堤对漫滩洪水演进的影响

滩区生产堤不仅通过减少洪水漫滩机遇,加剧嫩滩淤积,改变河道边界条件,对漫滩洪水产生影响,而且因直接阻挡洪水进滩,影响洪水演进。由于生产堤是滩区群众自发修筑的,经历多次破除与修复,加之洪水期又存在人为防护或扒口影响,对漫滩洪水演进影响大,且无规律。据调查,1976,1981,1982年汛前生产堤均比较完整,1983年生产堤为“82·8”大水冲毁后的状况,1996年生产堤已按要求破除50%。综合有生产堤影响的漫滩洪水情况,生产堤对洪水的影响主要表现在以下两方面:一是推迟洪水进滩时间,增大次洪水量损失;二是变单一洪峰为复式洪峰,有时加大下站洪峰流量。

4.4 滩地滞蓄量对不同量级洪水演进表现的影响

4.4.1 滩地滞蓄量

滩地滞蓄量是指洪水未漫滩前滩地蓄水能力,即平槽水位下滩地“库容”。根据断面资料计算,高村至孙口河段滩地滞洪量为7.722亿 m^3 ,“死库容”约4.5亿 m^3 。

4.4.2 滩地滞洪量对不同量级洪水的作用

通过对历史漫滩洪水演进表现分析可以看出,滩地滞洪量对洪水的影响,一是造成上下站洪量不平衡;二是洪水流量过程变形;三是引起中常大漫滩洪水传播时间异常,可概括为以下表现形式:①当上站为单峰,峰型尖瘦(1958年型),平槽流量以上洪量远大于滩地滞洪量时,该种洪水滩地滞洪蓄水,主要发生在涨峰段,对洪峰流量的削减、洪峰传播时间影响较小,下站峰前水量损失大,变型严重,次洪损失接近滩地滞洪量,如“82·8”洪水。②当上站为单峰,峰型相对尖瘦,平槽流量以上洪量小于滩地滞蓄量时,在无生产堤阻水的情况下,洪水进滩后,进滩水量作为填充滩地“死库容”,下站洪峰流量接近河段平槽流量,洪水过程变形大,如“81·8”和“83·8”洪水。③当上站洪水平槽流量以上洪量大于滩地滞洪量,主槽过流能力大,洪水过程较胖时,该种洪水漫滩历时较长,一般洪水进滩后,首先填充滩地“死库容”,造成下站洪水流量过程峰前水量损失大而变型,如“76·8”洪水。④当上站洪水平槽流量以上洪量大于滩地滞洪量,主槽过流能力小,洪水过程缓涨、缓落,峰后基流大或复式洪峰时,该种洪水漫滩历时较长,一般洪水进滩后,首先填充滩地“死库容”,造成下站洪水流量过程峰前水量损失大而变型,洪水在漫滩演进过程中,下断面洪峰流量是滩地行洪流量与主槽行洪流量的叠加,易产生洪水传播时间异常,如“96·8”洪水。

5 现状河道滩地过流能力及行洪特性

在护滩控导工程和险工的共同作用下,现状过渡型河段河势基本得到控制,滩地相对固定,滩地过流能力主要取决于洪水量级及主槽排洪能力大小。其行洪特性兼作滞洪水库和过洪河槽两种作用。根据高村、孙口两站洪水实测资料分析,高村断面主槽紧靠右岸大堤,从 $H \sim Q$ 关系看,平槽水位下滩地过流能力很小,滩地具有滞蓄洪水库的特性。当水位超过平槽水位, $H \sim Q$ 关系呈现单一关系,表明滩地由滞洪水库转变为过洪河槽。孙口断面主槽位于河道中间偏左,其行洪特性与高村站基本一致。滩区水位过程表现为陡涨、缓落^[1],表明滩地先滞洪、后行洪。上述情况表明,对于同量级的漫滩洪水,由于滩地过流能力随着水位增高而增大,当主槽平槽流量大时,水位表现低,滩地行洪所占比例小,当主槽“萎缩”,平槽流量小时,水位表现高,滩地行洪所占比例大。在洪水演进过程中,伴随主槽的冲刷,而相应发生变化。

6 现有洪水预报方案适应性及存在的问题

黄河下游河道洪水演进预报方法主要包括:相应水位(流量)法、河道流量演算法、二维数学模型等,河道流量演算法主要包括马斯京根法和马斯京根连续流量演算法,以及为解决滩地对洪水的滞蓄影响,在马斯京根法基础上,建立了滩地蓄率曲线法、滩地汇流系数法、滩槽分演滞后叠加法、先演后扣法等。因洪水漫滩滩地滞蓄量较大,而导致上下游站水量不平衡,基于水量平衡的马斯京根法和马斯京根连续流量演算法,不适用于黄河下游多滩地河段的漫滩洪水推演计算。相应水位(流量)法适用于平槽流量以上洪量较大的大漫滩洪水,但相关关系并不理想,预报误差较大,对于局部漫滩洪水预报误差更大。其余方法,大都将滩地当作“水库”,模拟滩地对洪水的滞蓄和调蓄作用,适用于峰量较大的大漫滩洪水。对于峰量较小的大漫滩洪水(如“96·8”洪水)而言,迟滞瞬时单位线法具有较高的模拟精度,但由于漫滩洪水次数少,“线性渠道”的推移时间难以准确确定^[2]。

7 结 语

a. 过渡型河段滩地多、面积大、地势低洼,是造成漫滩洪水过程变形大,次洪水量损失大的主要原因。受生产堤险工护滩控导工程阻水影响,嫩滩淤积速度快于滩地淤积,滩地低洼引起的次洪水量损失大、洪水过程变形大将是长期的。

b. 平槽流量是反映主槽排洪能力的重要指标,对于同量级洪水,平槽流量小,洪水期主槽冲刷能力小,主槽排洪能力低,滩地过流比增大,洪峰演进速度慢,水位表现高,反之亦然。

c. 滩区生产堤,一方面减少洪水漫滩机遇,加重主槽和嫩滩淤积,恶化边界条件;另一方面使漫滩洪水预报分析更加困难,必须坚决废除。

d. 随着小浪底水库的建成运用,黄河下游河道边界条件将发生新的变化,河道边界条件的不重复性,决定了漫滩洪水演进表现的多样性,必须加强漫滩洪水预报方案研究。

参考文献:

- [1] 毕东升. 山东黄河“96·8”洪水演进及漫滩情况概述[J]. 人民黄河, 1997, 19(5): 54~55.
- [2] 长江流域规划办公室. 水文预报方法[M]. 北京: 水利电力出版社, 1979. 5~70.

(收稿日期: 2000-07-17 编辑: 熊水斌)