

黄河下游漫滩洪水含沙量和级配变化研究

罗立群,王卫红,侯志军,张 敏

(黄河水利科学研究院 水利部黄河泥沙重点实验室,河南 郑州 450003)

摘 要:通过模型试验,研究了黄河下游夹河滩至高村断面河段漫滩洪水含沙量及颗粒级配的沿程变化规律。结果表明:(1)各种流量条件下,主槽含沙量沿程增大,但差别较大。(2)漫滩挟沙水流在滩区含沙量沿程衰减,在生产堤内及滩面衰减幅度较大,在二滩衰减幅度较小;同时,漫滩挟沙水流中的泥沙颗粒在落淤过程中有明显的分选作用。(3)二滩沿程含沙量衰减率与大河洪峰流量有关,流量越小,含沙量衰减越快。

关键词:黄河下游;夹河滩至高村;模型试验;漫滩洪水;含沙量;颗粒级配;沿程变化

中图分类号:TV139.16

文献标识码:A

文章编号:1008-486X(2009)03-0001-03

0 引言

由于黄河下游河道(尤其是滩区)边界条件的复杂性,使漫滩洪水的演进过程和冲淤演变规律十分复杂。多数漫滩洪水具有淤滩刷槽的特性,洪水过后主槽排洪输沙能力明显提高、“二级悬河”程度降低。小浪底水库运行后,可以通过调水调沙来塑造合适的水沙过程,以最大限度地减少洪水灾害,同时最有效地塑造下游河槽,减小滩地横比降,缓解“二级悬河”的程度。然而,在小浪底水库转入拦沙运用后,一旦发生“82.8型”洪水,在洪水漫滩不可避免的条件下,保持总水量、沙量不变,小浪底水库按什么水沙过程下泄,能够既尽量减小漫滩洪水造成的下游滩区的损失,又有利于洪水淤滩刷槽,提高主槽过洪能力,进而改善“二级悬河”的状况^[1],笔者就这一问题,进行了黄河下游不同量级洪水淤滩刷槽试验研究,希望找出黄河下游漫滩洪水含沙量及颗粒级配沿程变化的规律。

1 试验模型及水沙条件

1.1 试验模型

根据试验目的,选择黄河下游有较大滩区且边界条件较复杂的夹河滩至高村约 73 km 的河段进行滩槽水沙交换的试验研究。模型初始地形为 2006 年汛前地形(包括 43 个大断面及现状工程、生产堤、村庄等)。考虑到黄河山东段河段的水沙特点和河道具体情况,并参考黄河水利科学研究院(以下简称黄科

院)多年动床模型试验经验,遵循黄河泥沙模型相似律^[2],选取郑州热电厂粉煤灰作为模型沙。该模型沙曾进行过大、中洪水不同组合的验证试验,满足几何相似、水流运动相似、悬移质床沙运动相似等条件。模型水平比尺 $L=1200$,垂直比尺 $H=75$ 。实体模型平面布置如图 1 所示。

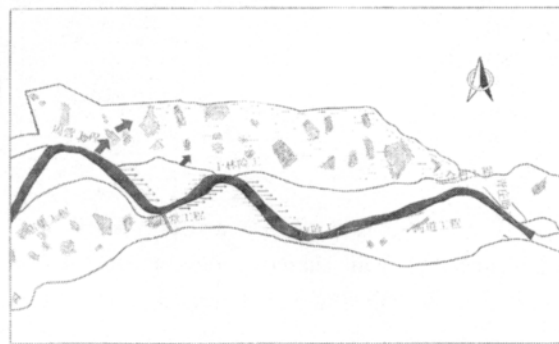


图 1 模型平面布置图

Fig.1 Model plane layout

1.2 水沙条件

通过对黄河下游原型漫滩洪水的冲淤规律进行分析,认识到能够产生淤滩刷槽作用洪水的来沙系数应小于 $0.015 \text{ (kg}\cdot\text{s)/m}^6$,否则主槽会发生淤积。本次试验水沙过程的来沙系数均小于 $0.015 \text{ (kg}\cdot\text{s)/m}^6$ 。

选择 1982 年 7 月 31 日~8 月 10 日淤滩刷槽效果最明显的洪水时期段实际发生的大漫滩洪水,洪水总量为 60.38 亿 m^3 ,沙量为 2.4 亿 t,在洪水量和

收稿日期:2009-05-15

基金项目:中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资助项目(HKY-JBYW-2007-08);“十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAB06B04)

作者简介:罗立群(1965-),男,河南郑州人,高级工程师,从事水力学及河流动力学方面的研究。

沙量总量不变的情况下,对不同量级的洪水进行了概化处理。处理后,其最大洪峰流量分别为 $6\,000\text{ m}^3/\text{s}$, $8\,000\text{ m}^3/\text{s}$, $10\,000\text{ m}^3/\text{s}$, $14\,000\text{ m}^3/\text{s}$, 含沙量均为 $40\text{ kg}/\text{m}^3$ 。各试验方案洪峰特征值统计结果见表 1。以下对含沙量为 $40\text{ kg}/\text{m}^3$ 时各方案主槽和滩地的含沙量、级配的变化及其主要特点进行分析。

表 1 各试验方案洪峰特征值统计

Table 1 Flood peak feature statistics of each test scheme

试验 方案	洪峰流 量/ m^3/s	平均流 量/ m^3/s	来沙系数 $/(\text{kg} \cdot \text{s}) / \text{m}^6$	最大输 沙率/ t/s
1	6 000	5 385	0.0074	240
2	8 000	6 087	0.0066	320
3	10 000	6 773	0.0059	400
4	14 000	7 000	0.0057	560

2 洪水漫滩后含沙量和级配变化分析

2.1 主槽含沙量沿程变化

主槽选取了 7 个含沙量观测断面(夹河滩、禅房、油房寨、马寨、杨小寨、河道、高村),含沙量相同(为 $40\text{ kg}/\text{m}^3$)、不同流量下的洪水期,主槽 7 个观测断面含沙量沿程变化情况如图 2 所示。

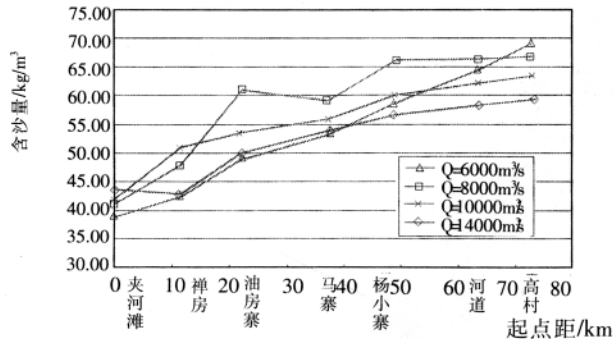


图 2 不同流量洪水期主槽含沙量沿程变化

Fig.2 Changes of main channel sediment concentration of flood period with different flow along Yellow River

从图 2 可以看出:最大洪峰流量为 $6\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 时(方案 1),该河段平滩流量约 $5\,000\text{ m}^3/\text{s}$,其漫滩系数(洪峰流量/平滩流量)为 1.2。因该流量漫滩水流较少,相应滩区淤积范围和淤积量都较少,大部分水流在主槽行进,主槽总体呈冲刷状态,且各断面间含沙量增幅相近。这说明主槽沿程冲刷比较均匀。最大洪峰流量为 $8\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 时(方案 2),油坊寨断面以上、马寨和杨小寨断面之间,因滩地的分流比较小,主槽流量相对较大,冲刷能力增强,使得洪水期该区间主槽沿程含沙量增加幅度较大。其余断面间因洪水漫滩比例较大,分流作用明显,致使主槽含沙量增幅较小。最大洪峰流量为 $10\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 时(方案 3),由于流量大,分流比例和漫滩范围较方案 1、2 都增加较多,各断面间均有漫滩水流,洪水进入滩地后大量落淤,当水流汇入主槽时,已基本为清水,故总

体上说主槽含沙量增加幅度没有方案 1、2 大。最大洪峰流量为 $14\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 时(方案 4),其漫滩系数为 2.8,因分流比前 3 个方案都大,漫滩范围也较大,滩地淤积量大为增加,故主槽含沙量增加较小,且每个断面间较为均匀。

2.2 漫滩洪水含沙量沿程变化

对于禅房-周营滩区,漫滩水流从禅房工程下首漫滩后,洪水冲破生产堤,几乎是横向流向贯孟堤根部,顺堤行洪,形成堤河,并在周营上首入大河。根据沿程含沙量测量结果,刚入滩时的含沙量基本与大河相当,随着运行距离延长,水流含沙量减少。沿程含沙量衰减率与大河洪峰流量有关,流量越小,含沙量衰减越快。各方案的沿程衰减率如图 3 所示。

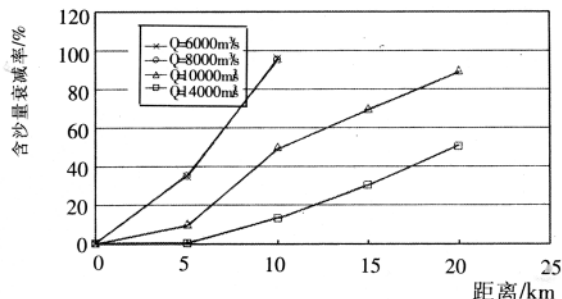


图 3 黄河下游二滩(堤河)水流含沙量沿程衰减情况

Fig.3 Attenuation situation of lower Yellow River Ertan(embankment) water flow sediment concentration along Yellow River

由图 3 可以看出,对于洪峰流量为 $6\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 和 $8\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 的方案,当水流运行距离为 5 km 和 10 km 时,相应含沙量衰减率约为 35% 和 95%。对于 $10\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 的洪峰流量,水流运行 10 km 时,含沙量衰减 50%,而入大河时,水流基本为清水。对于 $14\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 的洪峰流量,入大河时含沙量仅衰减 50%。因此,对于二滩(堤河)来说,入滩水流含沙量沿程都有较大程度衰减,当水流回入大河时,基本为清水或含沙量很低,在大堤根大量落淤,水流对主槽的冲刷效率也大大提高,提高了淤滩刷槽的效果。另外,从试验资料分析可以看出:二滩的淤积比(淤积量/来沙量)与漫滩系数呈正比关系。在来沙总量一定情况下,方案 4 在二滩淤积量增幅较多,此时嫩滩淤积比(淤积量/来沙量)没有明显增加,故对减小滩地横比降、改善二级悬河极其有利。

2.3 漫滩洪水级配沿程变化

周营工程下首滩区范围较大、地形复杂,是比较典型的二滩,漫滩洪水冲破两道生产堤后,因滩地横比降,水流几乎横向流到大堤根部,然后沿大堤顺堤行洪。图 4 为该区间漫滩洪水模型实测含沙量及颗粒级配沿程变化趋势图。

从级配曲线可以看出,刚出主槽(进入滩区)水流中的泥沙中径为 0.011 mm,4 km 处细化为中径 0.0095 mm 的细沙,27 km 处就再细化为中径 0.0058 mm 的极细沙。这说明洪水漫滩后,含沙水流中的泥沙分选作用特别强,粒径大的悬沙先落淤,这使水流悬沙中径沿程越来越细。图 4 中相应部位含沙量沿程减小,也说明水流悬沙沿程逐渐落淤。

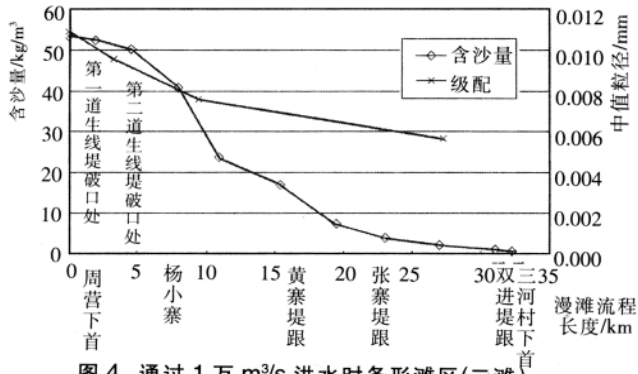


图 4 通过 1 万 m^3/s 洪水时条形滩区(二滩)

含沙量、级配沿程变化图

Fig.4 Changes of strip beach(Ertan) sediment concentration and gradation of 10,000 m^3/s flood along Yellow River

3 结语

(1)不同流量过程中,主槽含沙量总体是沿程增

大的,只是不同断面间含沙量增幅差别较大。小流量时,水流漫滩少,冲刷主槽增加的悬沙主要在主槽内,故断面间含沙量增幅较大。大流量时,主槽冲刷量大为增加,但大部分随漫滩水流淤积到滩地上,水流汇入主槽时基本是清水了,故主槽含沙量增幅较小。

(2)漫滩挟沙水流在滩区行进过程中,其含沙量是沿程衰减的,生产堤内及嫩滩衰减幅度较大,二滩和堤河衰减幅度较小。同时,沿程含沙量衰减率与大河洪峰流量有关,流量越小,含沙量衰减越快。泥沙颗粒在落淤过程中有明显的分选作用。

(3)主槽冲刷量增幅与洪峰流量呈正比。漫滩系数大于 1.5 之后,嫩滩淤积量与漫滩系数关系不大,而二滩淤积量与漫滩系数关系密切。试验中,最大洪峰流量 14 000 m^3/s 的二滩淤积量增幅最大,这种洪水对减小滩地横比降、改善二级悬河极其有利。

参考文献:

- [1] 潘贤娣,李勇,张晓华,申冠卿,等. 三门峡水库修建后黄河下游河床演变[M]. 郑州:黄河水利出版社,2006.
- [2] 张红武,江恩慧,白咏梅,等. 黄河高含沙洪水模型的相似率[M]. 郑州:河南科学技术出版社,1994.

[责任编辑 杨明庆]

Research on Overbank Flood Sediment Concentration and Its Gradation Changes of Lower Yellow River

LUO Li-qun, WANG Wei-hong, HOU Zhi-jun, ZHANG Min

(Yellow River Sediment Key Laboratory of Ministry of Water Resources,

Yellow River Conservancy Science Research Institute, Zhengzhou 450003, Henan, China)

Abstract: With the model test, this paper researches overbank flood sediment concentration and its gradation change rules from Jahe beach to Gao village river section of lower Yellow River. The test shows that: Firstly, the more overbank sediment laden flow sediment concentration the main channels have, the more differences they gets. Secondly, on the beach area, the less the sediment concentration becomes, the larger the attenuation range inside of dike and of beach surface becomes. At the same, the sediment particles of overbank sediment laden flow has the screening function obviously during the silting process. Thirdly, the smaller the river peak flow becomes, the more quickly the sediment concentration attenuates along Ertan.

Key Words: lower Yellow River; from Jahe beach to Gao village; model test; overbank flood; sediment concentration; particle gradation; change rules along Yellow River