

DOI: 10.16198/j.cnki.1009-640X.2016.01.007

刘燕, 江恩惠, 曹永涛, 等. 黄河下游宽滩区不同运用模式滞洪沉沙效果试验[J]. 水利水运工程学报, 2016(1): 44-50.
(LIU Yan, JIANG En-hui, CAO Yong-tao, et al. Effects of detention and desilting for wide floodplain of lower Yellow River using different models[J]. Hydro-Science and Engineering, 2016(1): 44-50.)

黄河下游宽滩区不同运用模式滞洪沉沙效果试验

刘 燕, 江恩惠, 曹永涛, 万 强, 夏修杰

(黄河水利科学研究院, 河南 郑州 450003)

摘要:黄河下游宽滩区既是大洪水期行洪通道,具有滞洪、沉沙功能,又是180多万滩区人民居住场所。如何解决保证滩区群众生命财产安全与自然行滞洪、沉沙功能的发挥这一对矛盾,是治黄工作长期面临的难题之一。通过对比不同滩区运用模式下宽滩区洪水淹没范围、滞洪量和沉沙量,分析宽滩区不同运用模式对滩区滞洪沉沙效果的影响,以期为黄河下游河道治理和宽滩区安全建设提供有力科学依据。研究表明,两种洪水条件下无防护堤模式淹没范围均大于防护堤模式;中常洪水条件无防护堤模式滞洪量和沉沙量大于防护堤模式;大洪水条件无防护堤模式总滞洪量稍小于防护堤模式、沉沙量大于防护堤模式;两种洪水条件防护堤模式高村以下窄河段滩区漫滩状况均较无防护堤模式严重。

关 键 词:宽滩区;运用模式;模型试验;滞洪;沉沙

中图分类号:TV143

文献标志码:A

文章编号:1009-640X(2016)01-0044-07

黄河下游河道具有上宽下窄的特征,其中京广铁路桥至陶城铺河段的堤距达5~20 km,该河段相应的滩区常被称为宽滩区(见图1)。其中,原阳县、长垣县、濮阳县、东明县4个自然滩区面积均在200 km²以上。

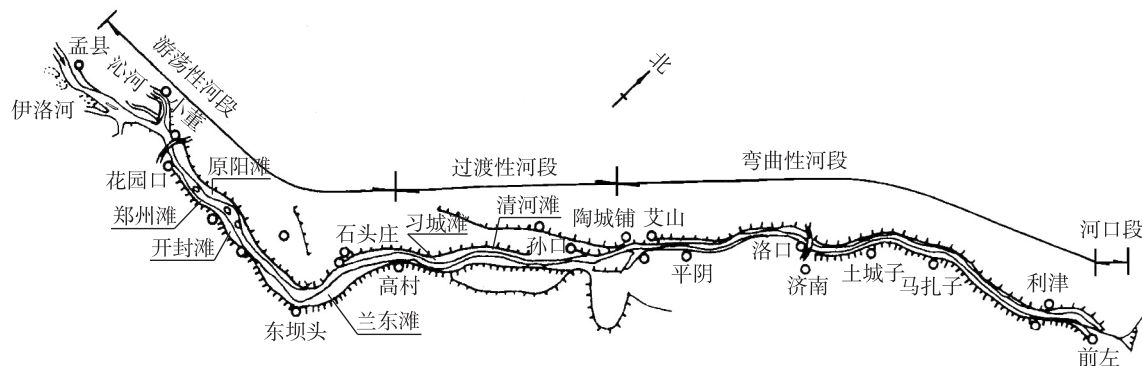


图1 黄河下游河道及宽滩区

Fig. 1 Sketch map of lower Yellow River and wide floodplain

黄河下游滩区具有行洪、滞洪、沉沙的作用,据实测资料统计,1958年和1982年花园口洪峰流量分别为22 300和15 300 m³/s,花园口—孙口河段的槽蓄量分别为25.89亿m³和24.54亿m³,相当于故县和陆浑水库的总库容,起到了明显的滞洪作用,大大减轻了窄河段的防洪压力;1950年6月至1998年10月黄河下游

收稿日期: 2015-05-05

基金项目: 国家十二五科技支撑计划项目(2012BAB02B01);国家自然科学基金资助项目(51479080,51539004)

作者简介: 刘 燕(1971—),女,河南郑州人,高级工程师,主要从事泥沙、河道整治、河床演变等方面的研究。

E-mail: liuyan99012004@163.com

共淤积泥沙 92.02 亿 t,其中滩地淤积 63.70 亿 t,占全断面总淤积量的近 70%^[1]。滩区同时又具有居住的功能,目前,黄河下游河道与两岸堤防之间,有 120 多个大小不等的滩地,滩区内有村庄 1 900 多个,居住人口 190 多万,耕地面积 2 500 km²。

长期以来滩区群众的生产生活与行滞洪、沉沙存在着很大矛盾,这一矛盾随着流域经济社会的发展和防洪安全要求的提高表现得更加突出。目前对宽滩区的治理和运用观点繁多,如王渭泾分析了宽河固堤和分区运用的共同点和不同点^[2],认为滩区应分区治理;韦直林建议下游河道分生活区、行水输沙区和生产兼滞洪淤沙区治理^[3];赵连军等^[3-4]预测了宽河和窄河模式下游河道未来冲淤,得出宽河固堤淤积量大但窄河范围内淤积量小于窄河固堤方案,且高村至艾山河段洪水位低于窄河方案等结论。这些观点多为定性意见或者仅研究下游河道冲淤趋势,难以说清现状滩区地貌背景和洪水形势下滩区不同运用模式的滞洪沉沙作用。为此,需开展宽滩区不同运用方式在典型水沙条件下滞洪沉沙效果的模型试验研究,为黄河下游治理和下游滩区安全建设提供有力的科学依据。

1 试验方案及边界条件

开展了两种运用模式 4 个组次的动床实体模型试验,分别是小浪底调控“58.7”洪水宽滩区无防护堤模式与有防护堤模式两组次,与未调控“58.7”洪水宽滩区无防护堤与有防护堤两组次。

宽滩区无防护堤模式是目前黄河上采用的宽河固堤模式,两岸堤距较大且远离主槽,既可减轻洪水对堤防的压力、减少洪水对堤防的冲决,又可以利用广阔的滩地滞洪滞沙,减轻山东河段的防洪负担、降低河床淤积抬升的幅度。防护堤模式试验的边界条件、水沙条件与无防护堤模式一致,仅多加一道防护堤,防护堤标准按 2000 年 8 000 m³/s 水位加 1.5 m 超高,防护堤上分别设置分洪与退水口门,口门设置原则根据滩区面积大小及河势演变情况,并参照以往项目组开展的黄河下游滩区分区运用滞洪沉沙效果实体模型试验研究^[5]。

1.1 边界条件

模型模拟范围自小浪底至陶城铺河段,原型河道总长 476 km。模型水平比尺 $\lambda_L = 600$,垂直比尺 $\lambda_H = 60$ 。该模型是依据黄科院多年动床模型试验经验和遵循黄河泥沙模型相似律^[6]设计的,选取郑州热电厂粉煤灰作为模型沙,利用该模型先后完成过小浪底水库运用方式研究^[7]、黄河下游防洪规划治导线检验与修订^[8]、小浪底至苏泗庄河段模型试验研究^[9]、小浪底至苏泗庄河道模型 2000 年汛期洪水预报模型试验^[10]、黄河下游游荡性河道河势演变规律^[11]及整治方案研究等多项治黄研究,是黄河下游治理最有效的手段之一。

模型初始地形采用 2013 年汛前地形。为提高制模精度,模型初始地形制作时布置小浪底至陶城铺河段实测的 206 个大断面。滩地、村庄、植被状况按 1999 年航摄、2000 年调绘的 1:10 000 黄河下游河道地形图塑制,并结合以往现场查勘情况给予修正;初始河势采用 2013 年汛前河势;与初始地形相应的河道整治工程按 2013 年现状工程布设;河道内的生产堤、路堤、渠堤,根据试验方案需要,除一些重要路堤和渠堤保留外,其余全部予以破除;为了反映河床冲刷后床沙的粗化,初始床沙级配尽量与 2013 年最新测验成果相对应。

1.2 水沙条件

两种运用模式试验均施放了 2 个水沙过程。第 1 个水沙过程,考虑到小浪底水库运用后黄河下游河道夹河滩以上冲刷严重,河槽过大的现实状况,在制作好的初始地形上,施放黄河设计公司设计的 6 亿 t 水沙系列中经过小浪底水库调节后的“58.7”洪水过程^[12](简称调控“58.7”洪水过程)。该洪水过程经过小浪底调控后进入下游的洪水不超过 8 000 m³/s,含沙量却高达 480.5 kg/m³,以此过程对河道进行自然初始塑造,以缓解河槽行洪能力过大而影响滩区滞洪沉沙效果的显现。第 2 个水沙过程是在第 1 个试验后地形上,施放未经小浪底水库调控的“58.7”实际洪水过程(简称未调控“58.7”洪水过程)。

调控“58.7”洪水,共 16 d,总水量为 50.46 亿 m³,总沙量为 5.67 亿 t,小浪底最大流量为 4 000 m³/s,对

应含沙量为 436.1 kg/m^3 , 小黑武最大流量为 $10\,581 \text{ m}^3/\text{s}$, 属中常高含沙洪水; 未调控“58.7”洪水, 共 15 d, 总水量为 84.7 亿 m^3 , 总沙量为 7.12 亿 t, 小浪底最大流量为 $13\,855 \text{ m}^3/\text{s}$, 对应含沙量为 179.6 kg/m^3 , 小黑武最大流量为 $22\,757 \text{ m}^3/\text{s}$, 属大洪水。

为对比“58.7”洪水下游宽滩区无防护堤和防护堤模式下滩区滞洪沉沙效果, 对京广铁路桥至孙口河段内 18 个较大滩区滞洪量和沉沙量进行计算统计。

2 试验结果分析

2.1 滩区淹没范围

表 1 为调控和未调控“58.7”洪水两种运用模式下各河段滩区淹没面积情况统计。对于调控“58.7”洪水, 分析如下:

(1) 总淹没面积。由于洪峰量级小, 两种运用模式下滩区淹没总面积都较小, 但在相对值方面, 无防洪堤模式下淹没面积明显大于有防洪堤模式。无防洪堤模式下 18 个滩区中有 14 个滩区漫滩上水, 淹没面积为 99.45 km^2 , 占滩区总面积的 7.1%; 有防洪堤模式下 18 个滩区中仅有 4 个滩区漫滩上水, 淹没面积为 26.43 km^2 , 占滩区总面积的 1.9%。

(2) 滩区淹没情况沿程变化。两种运用模式差别较大。无防洪堤模式京广铁路桥至东坝头河段, 滩区淹没面积为 29.76 km^2 , 占该河段滩区总面积的 5.0%; 东坝头至高村河段, 滩区淹没面积为 11.09 km^2 , 占该河段滩区总面积的 2.6%; 高村至孙口河段, 滩区淹没面积为 55.8 km^2 , 占该河段滩区总面积的 16.9%, 淹没比例明显大于高村以上河段。有防洪堤模式高村以上未漫滩, 漫滩滩区全部集中在高村至孙口河段, 滩区淹没面积为 26.42 km^2 , 占该河段滩区总面积的 8.0%。

两种运用模式下均漫滩上水的滩区有习城滩、董口滩、辛庄滩 3 个滩区, 其中, 习城滩在两种模式中漫滩面积相对较大, 无防护堤模式淹没面积为 12.82 km^2 , 防护堤模式淹没面积为 13.32 km^2 。

表 1 试验各河段滩区淹没面积统计

Tab. 1 Floodplain area statistics of each section obtained from model tests

河段	滩区 总面积/ km^2	调控“58.7”洪水				未调控“58.7”洪水			
		淹没面积/ km^2		淹没面积占河段总面积/%		淹没面积/ km^2		淹没面积占河段总面积/%	
		无防护堤	有防护堤	无防护堤	有防护堤	无防护堤	有防护堤	无防护堤	有防护堤
京广铁路桥至东坝头	600.74	29.76		5.0		371.35	61.8	153.33	25.5
东坝头至高村河段	430.75	11.09		2.6		217.89	50.6	192.37	44.7
高村至孙口河段	329.62	55.8	26.42	16.9	8.0	254.42	77.2	274.63	83.3
合计	1 361.1	96.62	26.42	7.1	1.9	843.67	62.0	620.33	45.6

对于未调控“58.7”洪水, 分析如下:

(1) 总淹没面积。由于洪峰量级大, 两种运用模式下滩区淹没总面积都较大, 且无防洪堤模式下淹没面积明显大于有防洪堤模式。无防洪堤模式下 18 个滩区全部漫滩上水, 淹没总面积为 843.67 km^2 , 占滩区总面积的 62.0%; 有防洪堤模式下 18 个滩区中有 17 个滩区漫滩上水, 仅渠村东滩未上水, 滩区淹没总面积为 620.33 km^2 , 占滩区总面积的 45.6%。

(2) 滩区淹没情况沿程分布。两种运用模式差别较大。无防洪堤模式各河段淹没面积百分比差别不大, 其中京广铁路桥至东坝头河段, 滩区淹没面积为 371.35 km^2 , 占该河段滩区总面积的 61.8%; 东坝头至高村河段, 滩区淹没面积为 217.89 km^2 , 占该河段滩区总面积的 50.6%; 高村至孙口河段, 滩区淹没面积为 254.42 km^2 , 占该河段滩区总面积的 77.2%。有防洪堤模式各河段淹没面积百分比差别较大, 自上而下逐渐增大, 其中京广铁路桥至东坝头河段, 滩区淹没面积为 153.33 km^2 , 占该河段滩区总面积的 25.5%; 东坝头至高村河段, 滩区淹没面积为 192.37 km^2 , 占该河段滩区总面积的 44.7%; 高村至孙口河段, 滩区淹没面积

为 274.63 km², 占该河段滩区总面积的 83.3%。

无防护堤模式中淹没面积在 60 km² 以上的滩区从大至小依次为原阳二滩、长垣滩、习城滩、原阳封丘滩、兰东滩和郑州滩; 防护堤模式中淹没面积在 60 km² 以上的滩区从大至小依次为习城滩、长垣滩、兰东滩、原阳二滩和清河滩。

总体上, 京广铁路桥至东坝头河段, 无防护堤模式下的滩区淹没面积大于防护堤模式; 东坝头至高村河段, 两种模式滩区淹没总面积差别不大, 但不同滩区淹没面积差别较大, 滩区漫滩范围与其上游河段漫滩程度相关, 如右岸兰东滩, 受京广铁桥至东坝头河段漫滩范围影响, 无防护堤模式下该河段漫滩范围大, 兰东滩漫滩范围小, 下游上东明西滩受其影响, 漫滩范围大, 防护堤模式则与之相反, 京广铁路桥至东坝头漫滩范围小, 兰东滩漫滩范围大, 其下游上东明西滩漫滩范围小; 高村至孙口河段无防护堤模式滩区淹没面积小于防护堤模式, 这是由于防护堤的约束, 东坝头以上河段滩区淹没范围小, 相应滞洪量较少, 尽管在东坝头至高村河段两种运用模式漫滩范围差别不大, 但进入高村以下河段洪水量有防洪堤模式明显大于无防洪堤模式, 因而漫滩面积远远大于无防护堤模式。

2.2 滩区滞洪量

表 2 为调控和未调控“58.7”洪水两种模式下各河段滩区滞洪量统计对比情况。可见:

(1) 滞洪总量。由于防护堤模式仅高村以下 4 个滩区漫滩上水, 而无防护堤模式 18 个滩区中有 14 个滩区漫滩上水, 防护堤滞洪总量明显小于无防护堤。调控“58.7”洪水, 滩区无防护堤模式下滩区总滞洪量为 8.130 亿 m³, 有防洪堤模式下滩区总滞洪量为 4.450 亿 m³, 仅为无防洪堤模式滞洪总量的 54.7%。

表 2 试验各河段滩区滞洪量统计

Tab. 2 Flood detention volume of each section obtained from model tests

河段	滩区 总面积/ km ²	调控“58.7”洪水				未调控“58.7”洪水			
		滞洪量/亿 m ³		滞洪量占总滞洪量百分比/%		滞洪量/亿 m ³		滞洪量占总滞洪量百分比/%	
		无防护堤	有防护堤	无防护堤	有防护堤	无防护堤	有防护堤	无防护堤	有防护堤
京广铁桥至东坝头	600.74	0.756	0	9.3	0	6.57	4.62	24.2	16.7
东坝头至高村河段	430.75	2.625	0	32.3	0	10.87	9.08	40.1	32.9
高村至孙口河段	329.62	4.749	4.450	58.4	100	9.66	13.92	35.6	50.4
合计	1 361.1	8.130	4.450	100	100	27.10	27.62	100	100

(2) 滩区滞洪量沿程分布差异较大。无防洪堤模式下, 京广铁路桥至夹河滩河段总滞洪量 0.756 亿 m³, 占总滞洪量的 9.3%; 东坝头至高村河段总滞洪量为 2.625 亿 m³, 占总滞洪量的 32.3%; 高村至孙口河段总滞洪量为 4.749 亿 m³, 占总滞洪量的 58.4%。防护堤模式下京广铁路桥至高村河段滩区未漫滩; 漫滩滩区全部集中在高村至孙口河段, 总滞洪量为 4.450 亿 m³, 占总滞洪量的 100%, 该河段滞洪量与无防洪堤模式下该河段滞洪量接近。

对于未调控“58.7”洪水, 两种模式下滞洪总量差别不大, 但各河段分布不同, 具体为:

(1) 滞洪总量, 防护堤模式略大于无防洪堤模式。未调控“58.7”洪水, 滩区无防护堤模式下滩区总滞洪量为 27.10 亿 m³, 有防洪堤模式下滩区总滞洪量为 27.62 亿 m³。

(2) 滩区滞洪量沿程分布差异较大。无防洪堤和有防洪堤模式下, 京广铁路桥至夹河滩河段总滞洪量为 6.57 和 4.62 亿 m³, 占总滞洪量的 24.2% 和 16.7%; 东坝头至高村河段总滞洪量为 10.87 和 9.08 亿 m³, 占总滞洪量的 40.1% 和 32.9%; 高村至孙口河段总滞洪量为 9.66 和 13.92 亿 m³, 占总滞洪量的 35.6% 和 50.4%。

通过对比两种洪水量级下 18 个滩区总滞洪量发现, 两种运用模式下的总滞洪量具有明显不同特点, 调控“58.7”洪水(中小洪水量级)下, 无防护堤模式明显大于有防护堤模式, 这与无防护堤漫滩 14 个滩区, 而防护堤仅漫滩 4 个滩区相关; 未调控“58.7”洪水(大洪水量级)时, 两种运用模式差别不大。在滞洪量的沿程分布上, 调控“58.7”洪水, 无防护堤模式下滩区滞洪量自上而下逐渐增大, 高村至孙口河段滞洪量最大;

防护堤模式下高村以上河段滩区不漫滩,但高村以下漫滩滞洪量较大。未调控“58.7”洪水,无防护堤模式下各河段滞洪量差别不大,京广铁路桥至东坝头河段稍小,东坝头至高村河段最大;防护堤模式滞洪量自上而下逐渐增大,高村至孙口河段滞洪量最大。防洪堤模式下两种洪水量级高村至孙口河段滞洪量都较大,原因主要在两方面,一方面现状地形高村以上平滩流量大,高村以下平滩流量小,漫滩范围大;另一方面与防护堤阻挡,进入滩区水量不能迅速回归主河道有关。

2.3 滩区沉沙量

表 3 为调控和未调控“58.7”洪水两种模式下各河段滩区沉沙量统计情况。可见,无防洪堤模式的滩区总沉沙量明显大于有防洪堤模式,无防护堤模式为 0.086 亿 t,有防护堤模式为 0.058 亿 t。

两种运用模式的滩区沉沙量沿程分布差别较大。无防护堤模式下京广铁路桥至东坝头河段沉沙量为 0.025 亿 t,占总沉沙量的 29.1%;东坝头至高村河段沉沙量为 0.009 亿 t,占总沉沙量的 10.5%;高村至孙口河段沉沙量为 0.052 亿 t,占总沉沙量的 60.5%。防护堤模式下高村以上河段滩区未漫滩,因而无沉沙量,滩区沉沙全部集中在高村至孙口河段,沉沙量为 0.058 亿 t,占总沉沙量的 100%。两种运用模式下均是高村至孙口河段滩区沉沙量大。

表 3 各河段滩区沉沙量统计

Tab. 3 Floodplain sediment volumes of each section

河段	调控“58.7”洪水				未调控“58.7”洪水			
	沉沙量/亿 t		沉沙量/总沉沙量/%		沉沙量/亿 t		沉沙量/总沉沙量/%	
	无防护堤	有防护堤	无防护堤	有防护堤	无防护堤	有防护堤	无防护堤	有防护堤
京广铁路桥至东坝头	0.025		29.1		0.220	0.169	18.0	18.5
东坝头至高村河段	0.009		10.5		0.237	0.276	19.4	30.2
高村至孙口河段	0.052	0.058	60.5	100	0.765	0.469	62.6	51.3
合计	0.086	0.058	100.0	100	1.222	0.914	100	100

滩区平均淤积厚度,无防洪堤模式小于有防洪堤模式。根据滩区总沉沙量和淹没面积计算,无防护堤模式下滩区淤积平均厚度为 0.06 m,有防护堤模式下滩区淤积平均厚度为 0.16 m,这是由于有防护堤只有 4 个滩区漫滩沉沙,平均厚度因而较大。

对于未调控“58.7”洪水,其数值明显大于调控“58.7”洪水,其分布特点为:

(1)滩区沉沙总量。无防洪堤模式大于有防洪堤模式,无防护堤模式下滩区总沉沙量为 1.222 亿 t;有防护堤模式下滩区总沉沙量为 0.914 亿 t。

(2)滩区沉沙量沿程分布。同样是高村至孙口河段沉沙量最大。无防护堤模式下京广铁路桥至东坝头河段沉沙量为 0.220 亿 t,占总沉沙量的 18.0%;东坝头至高村河段沉沙量为 0.237 亿 t,占总沉沙量的 19.4%;高村至孙口河段沉沙量为 0.765 亿 t,占总沉沙量的 62.6%。防护堤模式下京广铁路桥至东坝头河段沉沙量为 0.169 亿 t,占总沉沙量的 18.5%;东坝头至高村河段沉沙量为 0.276 亿 t,占总沉沙量的 30.2%;高村至孙口河段沉沙量为 0.469 亿 t,占总沉沙量的 51.3%。

(3)滩区平均淤积厚度。无防洪堤模式略小于有防洪堤模式。根据滩区总沉沙量和淹没面积计算,无防护堤模式下滩区淤积平均厚度为 0.10 m,有防护堤模式下滩区淤积平均厚度为 0.11 m。

3 滩区滞洪沉沙效果综合分析

通过以上对 18 个计算滩区的淹没面积、滞洪量、沉沙量和淤积厚度的详细分析,综合分析滩区漫滩滞洪沉沙效果如下:

调控“58.7”洪水,由于峰低量小,全河段漫滩范围较小,滩区淹没面积、滞洪沉沙量和滩区淤积厚度较小,两种模式基本一致,且均是高村以下河段漫滩范围大。无防护堤模式下各河段均有漫滩,以高村至孙口

河段漫滩滞洪沉沙量较大,其余河段漫滩滞洪沉沙量相对均匀,而防护堤模式下高村以上河段滩区不漫滩,但高村以下漫滩滞洪沉沙量较大,无防护堤模式淹没面积、总滞洪量、总沉沙量均稍大于防护堤模式(无防护堤有14个滩区漫滩,防护堤有4个滩区漫滩,这4个滩区集中在高村以下河段)。

未调控“58.7”洪水,由于峰高量大,漫滩范围大,无防护堤模式漫滩面积、沉沙量和滩区淤积厚度大于防护堤模式,而滞洪量稍小于防护堤模式,且两种模式各河段漫滩滞洪沉沙情况有所不同。无防护堤模式下孙口以上河段淹没面积各河段较为均衡,滞洪量也相对均匀,沉沙量高村至孙口河段较大;防护堤模式下,各河段淹没范围差别较大,东坝头以上较小,高村以下河段较大,滞洪量、沉沙量也相应较大(无防护堤有18个滩区漫滩,防护堤有17个滩区漫滩,这4个滩区集中在高村以下河段)。

总的来说,两种洪水条件下无防护堤模式淹没面积大于防护堤模式;中常洪水无防护堤滞洪量和沉沙量大于防护堤模式,大洪水无防护堤滞洪量稍小于防护堤模式,沉沙量大于防护堤模式;两种洪水条件防护堤模式高村以下河段漫滩、滞洪沉沙量均大于无防护堤模式。

4 结 语

本文对黄河小浪底水库调控“58.7”洪水宽滩区无防护堤模式和有防护堤模式的滩区沉沙进行了物理模型试验,试验结果表明,无论中小洪水还是大洪水情况下,高村以下河段漫滩滞洪量均比较大,防护堤模式下高村以下漫滩滞洪较无防护堤更大,这与现状河槽平滩流量高村以上大、高村以下平滩流量小有关;而宽滩区无防护堤模式由于高村以上河段漫滩、滞洪沉沙相对较大,相对缓解了高村以下河段的防洪压力。因此,建议目前仍采用现状宽滩区模式,但对该模式进行滩区清障、人口外迁、建高标准村台和高村以下滩区按滞洪区标准补偿等优化措施;针对目前小浪底调控花园口不超 $8\,000\text{ m}^3/\text{s}$,下游中小流量下大部分滩区不漫滩的情况,建议对高村以上河段实施高标准防护堤模式,高村以下采用宽滩区无防护堤模式,对高村以下漫滩滩区发挥滩区淹没补偿政策的积极作用。

参 考 文 献:

- [1] 黄河下游滩区洪水淹没补偿政策研究工作组. 黄河下游滩区洪水淹没补偿政策研究总报告[R]. 2010. (Working Group for Flood Inundation Compensation Policy Research for the Lower Reaches of the Yellow River. General research report on compensation policy of inundated floodplain flood in the lower Yellow River[R]. 2010. (in Chinese))
- [2] 王渭泾, 黄自强, 耿明全, 等. 黄河下游河道治理模式探讨[J]. 人民黄河, 2006, 28(6): 1-3. (WANG Wei-jing, HUANG Zi-qiang, GENG Ming-quan, et al. Approach to regulation mode of channels in the lower Yellow River[J]. Yellow River, 2006, 28(6): 1-3. (in Chinese))
- [3] 韦直林. 关于黄河下游治理方略的一点浅见[J]. 人民黄河, 2004, 26(6): 4, 18. (WEI Zhi-lin. Humble opinions on a general plan for the lower Yellow River regulation[J]. Yellow River, 2004, 26(6): 4, 18. (in Chinese))
- [4] 赵连军, 江恩惠, 董其华, 等. 黄河流域综合规划修编专题——黄河下游河道不同治理模式未来冲淤预测[R]. 郑州: 黄河水利科学研究院, 2009. (ZHAO Lian-jun, JIANG En-hui, DONG Qi-hua, et al. In the Yellow River Basin comprehensive planning revision thematic—erosion and siltation prediction in the lower channel of the Yellow River based on different regulation modes[R]. Zhengzhou: Yellow River Institute of Hydraulic Research, 2009. (in Chinese))
- [5] 曹永涛, 刘燕, 张林忠, 等. 黄河下游分区运用滞洪沉沙效果实体模型试验研究[R]. 郑州: 黄河水利科学研究院, 2008. (CAO Yong-tao, LIU Yan, ZHANG Lin-zhong, et al. The lower Yellow River district using model test on sand flood detention effect entity[R]. Zhengzhou: Yellow River Institute of Hydraulic Research, 2008. (in Chinese))
- [6] 张红武, 江恩惠, 白咏梅, 等. 黄河高含沙洪水模型的相似律[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1994: 115-137. (ZHANG Hong-wu, JIANG En-hui, BAI Yong-mei, et al. The similarity law of high sediment flood model of the Yellow River[M]. Zhengzhou: Henan Science and Technology Press, 1994: 115-137. (in Chinese))
- [7] 江恩惠, 曹永涛, 刘燕, 等. 小浪底水库拦沙后期下游河道响应态势预测及对策[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2014: 280-281. (JIANG En-hui, CAO Yong-tao, LIU Yan, et al. Prediction of the response of the channel in the late period of

- Xiaolangdi dam reservoir and countermeasures [M]. Zhengzhou: Yellow River Conservancy Press, 2014: 280- 281. (in Chinese))
- [8] 江恩惠, 刘海凌, 董年虎, 等. 黄河流域(片)防洪规划项目:黄河下游河道整治规划治导线检验与修订试验初步报告[R]. 郑州:黄河水利科学研究院, 1999. (JIANG En-hui, LIU Hai-ling, DONG Nian-hu, et al. The Yellow River (River) flood control planning project: the preliminary report of the pilot test and the revision of the river regulation planning in the lower reaches of the Yellow River[R]. Zhengzhou: Yellow River Institute of Hydraulic Research, 1999. (in Chinese))
- [9] 张红武, 刘海凌, 董年虎, 等. 黄河小浪底至苏泗庄河段模型试验研究[R]. 郑州:黄河水利科学研究院, 2000. (ZHANG Hong-wu, LIU Hai-ling, DONG Nian-hu, et al. Model test on the Yellow River Xiaolangdi dam to Susizhuang reach [R]. Zhengzhou: Yellow River Institute of Hydraulic Research, 2000. (in Chinese))
- [10] 刘海凌, 董年虎, 赵新建, 等. 小浪底至苏泗庄河段 2000 年汛期洪水预报[R]. 郑州:黄河水利科学研究院, 2000. (LIU Hai-ling, DONG Nian-hu, ZHAO Xin-jian, et al. Xiaolangdi Dam to Susizhuang flood forecast in flood season of 2000 [R]. Zhengzhou: Yellow River Institute of Hydraulic Research, 2000. (in Chinese))
- [11] 江恩惠, 曹永涛, 李军华, 等. 黄河下游游荡性河段河势演变机理及河道整治若干关键技术研究总报告[R]. 郑州:黄河水利科学研究院, 2005. (JIANG En-hui, CAO Yong-tao, LI Jun-hua, et al. Evolution mechanism of river regime of wandering reach and some key technology research of river regulation for the lower Yellow River[R]. Zhengzhou: Yellow River Institute of Hydraulic Research, 2005. (in Chinese))
- [12] 陈卫宾, 刘生云, 韩侠, 等. 黄河下游滩区综合治理方案研究[J]. 人民黄河, 2013, 35(10): 63-65. (CHEN Wei-bin, LIU Sheng-yu, HAN Xia, et al. Research on Yellow River's downstream floodplain comprehensive treatment measures [J]. Yellow River, 2013, 35(10): 63-65. (in Chinese))

Effects of detention and desilting for wide floodplain of lower Yellow River using different models

LIU Yan, JIANG En-hui, CAO Yong-tao, WAN Qiang, XIA Xiu-jie
(Yellow River Institute of Hydraulic Research, Zhengzhou 450003, China)

Abstract: The wide floodplain of the lower reaches of the Yellow River, where more than 180 million people live, functions as a flood discharge channel with detention and desilting functions in high flood periods. The harnessing work has long faced the problem of how to guarantee the people's life, property safety, flood detention and desilting in the floodplain. Whether the construction of dikes should be done or not is the focus of the problem. To build the dikes with sediment detention function, researches were carried out using different models. Yellow River Institute of Hydraulic Research used the Xiaolangdi to Taochengpu river physical model to study two kinds of flood processes with regulation and non-regulation measures, and used different patterns of flood detention. This paper, by comparing different floodplain models with a wide range of flood inundation, flood detention rate, and settling of sediment, analyses different modes of floodplain detention and desilting and their influences, in order that the study may provide a strong scientific basis. The research results show that the inundation area in the model without protection embankment is more than that with protection embankment under two kinds of flood conditions; the model without protection embankment has greater sediment detention volume than that of the model with protection embankment under the condition of constant flood; the model without protection embankment has a total detention volume slightly less than that of the model with the embankment, and its sand dike has greater detention volume under large floods; the dike pattern of Gaocun below narrow-reach floodplain leads to more serious results under two kinds of flood conditions.

Key words: wide beach area; application mode; model test; flood detention; desilting