

新沂河海口控制工程排沙设施 对泥沙淤积影响分析

柳 豹

(江苏省淮沭新河管理处,江苏 淮安 223001)

摘要:为研究新沂河海口控制工程排沙渠道工程清淤降沙影响因素,设计开展水流因素与结构因素影响下水沙特征。流量参数与含沙量具有负相关关系,流量每增大1.5 L/s,深泓闸下游、排沙设施末端处含沙量可降低6.2%、9.3%;控制入海口处流量,才可防护泥沙淤积影响。泥沙粒径愈大,则含沙量愈高;控制泥沙粒径有助于影响泥沙运动作用,改变其悬浮沉降关系。水位与流速具有正相关关系,但深泓闸下游处流速水平高于排沙渠中部,两者差幅为27.5%~47.6%;排沙板设计高度越大,流速愈高,闸下游处流速受设计高度影响敏感度高于渠道末端处。研究成果可为排沙清淤工程设计优化及影响性分析提供一定参考。

关键词:新沂河;排沙设施;含沙量;流速

中图分类号:TV697.1

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2022)07-0011-0005

Analysis on the influence of sediment discharge facilities of Haikou Control Project of Xinyi River on sediment deposition

LIU Bao

(Jiangsu Huaishuxinhe Management Office, Huai'an 213000, China)

Abstract: In order to study the influencing factors of dredging and sedimentation of the Xinyi River Haikou Control Engineering Sediment Discharge Channel Project, the characteristics of water and sediment under the influence of flow factors and structural factors are designed and carried out. There is a negative correlation between discharge parameters and sediment concentration. For every 1.5 L/s increase in flow rate, the sediment concentration at the downstream of Shenhong Sluice and at the end of the sediment discharge facilities can be reduced by 6.2% and 9.3%; Only by controlling the flow at the sea inlet can the impact of sediment deposition be prevented. The larger the particle size of the sediment, the higher the sediment concentration; the control of the particle size of the sediment will help to affect the movement of the sediment and change its suspension-settling relationship. There is a positive correlation between water level and velocity, but the velocity level at the downstream of Shenhong sluice is higher than that in the middle of the sediment discharge channel, and the difference between them is 27.5%~47.6%. The higher the design height of the sand discharge plate, the higher the flow velocity. The sensitivity of the flow velocity at the downstream of the gate is higher than that at the end of the channel. The results can provide some reference for the design optimization and impact analysis of sediment discharge and dredging engineering.

Key words: Xinyi River; sediment discharge facilities; sediment concentration; current speed

收稿日期:2021-10-17

作者简介:柳豹(1992—),男,工程师,本科,主要从事水利工程管理工作。Email:vtal88@163.com

泥沙淤积乃是水工建筑中常遇见的问题,有效降淤排沙对提升水工设施的高效运营、运营寿命等均具有重要意义^[1-2],但排沙设施排沙效果影响特性研究还较少,只有对其影响因素展开变化规律分析,才可确保排沙设施具有最佳排沙清淤的效应。杨晨等^[3]、范海东^[4]、吕科等^[5]根据水工建筑渗流场求解问题,利用Fluent等研究平台,分析了不同设计方案下泄流建筑水沙演变特征,为工程建设提供仿真计算参考。另外也有一些学者从静、动力学稳定性角度考虑,利用ABAQUS、ANSYS等数值仿真平台研究不同设计参数与方案下结构应力、位移特征^[6-8],进而确定工程的最优设计方案以及影响因素。以上研究方法均集中于数值计算,但不可忽视数值计算结果与工程实际具有一定差异性与适配性,针对性解决工程渗流以及稳定性问题可以采用水工模型试验手段,杨东玲^[9]、施得兵等^[10]、李鹤等^[11]通过设计不同方案的溢洪道、消能池及水闸等水工模型,研究模型在不同方案下渗流特征,以此反映水沙演变规律,为工程排沙降淤提供参考。本文基于新沂河海口控制工程排沙设施的降淤清沙影响因素,设计开展水工模型试验,研究不同因素对排沙渠道清淤降沙的影响,为工程排沙设计提供依据。

1 模型试验分析

1.1 工程概况

新沂河海口控制工程乃是区域内重要水利枢纽,其运营稳定性关乎沂沭泗流域安全泄洪,确保下游水利安全性。该工程设计之初,就承担着防洪、排涝、防潮等重要水利功能,枢纽工程包括有深泓闸,并在南、中、北3个区域设置橡胶坝,有效防护岸坡受水力冲刷影响。新沂河海口控制工程所需建设的泓道设计流量为7 800 m³/s,南、北深泓闸设计流量分别为2 425 m³/s、3 348 m³/s,该工程整体均按照50年一遇洪水标准设计,且为应对入海口处泥沙淤积影响,已对中浅滩橡胶坝进行拆除,故而南、北浅滩橡胶坝设计最大流量为1 330 m³/s、1 830 m³/s。该水利控制工程设计修建的深泓闸总宽度为134.1 m,闸室底高程为-21.5 m,采用多孔式过闸流量设计,单孔净宽为10 m,另深泓闸亦是地区内重要交通枢纽,在闸墩两侧分别修建有检修桥与交通桥,2个桥净宽分别为2.2 m、4 m,桥面高程均为6 m。闸墩支撑结构体系已在多次结构加固中升级,目前采用的是预应力锚索支护结构,传感器监测表明最

大拉应力不超过1.5 MPa,墩身内无显著渗流活动,受水力冲刷作用影响较小,最大渗透坡降低于0.2。两座深泓闸设计形式具有一致性,均采用平面定滑闸门,配备有液压程序控制启闭机,最大开度可与深泓闸设计流量的110%相匹配。在深泓闸两侧设立有1个沉井式岸墙和6个空箱岸墙,沉井岸墙长为20 m,空箱岸墙长均为10 m,导墙采用预制钢混结构,壁厚为0.3 m,上、下游均设置有排沙渠道,降低泥沙淤积导致深泓闸出现过流不畅、涡流及阻流效应。闸室底部设置有钢混形式的护坦结构,长为30 m,厚度为60 cm,在下游与导墙的浆砌石防渗墙结构相连,控制闸室底部受泥沙淤积、污染物影响。根据对新沂河海口控制工程的调研分析得知,目前深泓闸与橡胶坝工程受泥沙淤积影响较严重,排沙闸等水工设施运营效率降低显著,不论是入海口下游或是闸前上游,泥沙含量最大可达6.5 kg/m³,不利于上游沂沭泗洪水东调南下控制水流。为此,考虑在深泓闸前设置一个排沙渠道,且其渠首采用弯道截面,下游排沙闸亦与之相连,控制进入深泓闸、橡胶坝等水工建筑的泥沙含量,保障入海口水利泄洪调度。

1.2 模型试验

本模型重点研究排沙渠道设计对水沙特征影响,故特别以排沙效果来论证该排沙渠道的设计合理性,在室内按照实际工程布设排沙渠道状态设计水工模型。该模型按照复制比尺1:10设计^[12-13],而结构材料按照实际取材,水流以自然水流为研究对象,模型上游安装有三角堰流量测试仪,准确控制上游来水流量,其布设高度为26 cm,按照流量比尺1:10确定本模型工况流量参数值。泥沙状态按照新沂河实际颗粒物质进行混合,选择粒径在0.05~0.3 mm的矿物质颗粒为泥沙对象,上游来水流量的输沙率根据实际在南、北深泓闸上游测定值确定,范围为6.5~8.5 kg/m³。而为高效获得模型实验中上、下游泥沙含量,本试验中采用电容泥沙含量测定仪在上、下游均匀布设有10个传感器,研究各断面上水流含沙量变化。另一方面,流速乃是反映水沙演变状态的重要参数,本试验中配备有PIV流速测定仪,可同时对多个断面展开多通道测定,最终基于流速参数获得不同工况及不同设计参数下泥沙淤积影响。

为准确分析各因素对入海口控制工程泥沙淤积影响,本文设定有水流因素与排沙设施设计因素,其中水流因素包括有上游流量、泥沙粒径;而排

沙设施设计因素包括有水位及排沙板高度。按照控制工程实际运营工况,本文设定上游流量有3 L/s、4.5 L/s、6 L/s、7.5 L/s、9 L/s,泥沙粒径按照中位数给定分别为0.05、0.1、0.15、0.2、0.25 mm;水位按照模型试验中渠道水位限定在2/3以内,设定有7、9、11、13、15 cm,排沙板设计为可伸缩性材质,按照复制比尺最大不超过15 cm,故对比方案设定其高度为6、8、10、12、14 cm,各对比组试验中仅改变单一因素探讨泥沙淤积影响。

2 流量与泥沙粒径对泥沙淤积影响分析

2.1 流量的影响

为分析不同因素对泥沙淤积影响,本文以深泓闸下游、排沙出口端含沙量特征作为评价参数,分析在不同因素设计方案下含沙量变化。图1为不同流量参数下深泓闸下游、排沙设施出口端含沙量变化特征。

从图1中可知,流量参数与含沙量具有负相关关系,即增大上游流量,闸前水流中清沙降淤效果显著,深泓闸下游在上游流量为3 L/s时含沙量为 5.03 kg/m^3 ,而流量为6 L/s、9 L/s下该部位含沙量较前者分别减少了23.4%、26.2%,整体上看流量每增大1.5 L/s,深泓闸下游含沙量可降低6.2%。对比深泓闸下游,排沙出口端含沙量高于前者,其各方案中含沙量分布为 $4.21 \sim 6.2 \text{ kg/m}^3$,而深泓闸下游含沙量较前者具有差幅11.6%~21.7%。排沙出口端含沙量随上游流量也是递减,特别的流量每增大1.5 L/s,其含沙量降低9.3%,相比深泓闸下游处,其含沙量受流量影响更具显著。分析表明,高流量作用下,

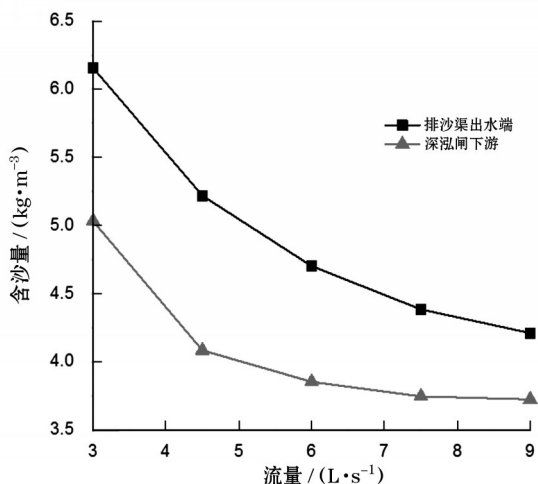


图1 不同流量参数下含沙量变化特征

水流内泥沙悬浮质沉降较慢,无法有效淤积,因而其冲淤排沙效果显著;另一方面,要从流量方面控制入海口处深泓闸前泥沙淤积,因在排沙设施前增大流量,此时排沙清淤效果才更好^[14]。

2.2 泥沙粒径的影响

根据对不同泥沙粒径研究方案中含沙量分析,可得到深泓闸与排沙设施末端处含沙量变化特征,如图2所示。从图中可看出,泥沙粒径愈大,则在深泓闸下游、排沙设施末端处含沙量愈高,泥沙粒径0.05 mm时排沙设施末端处含沙量为 4.79 kg/m^3 ,而粒径0.15 mm、0.25 mm时含沙量较前者分别增大了37.2%、60.1%,当粒径增大0.05 mm,则该排沙渠道设施末端处含沙量可增大12.6%。同理,在深泓闸下游处其含沙量也有一定增高,其含沙量随粒径增长0.05 mm,含沙量递增6.7%。分析认为,泥沙粒径愈大,则水流中泥沙受水力作用逐渐演变成悬浮质沉降关系,导致水流中含沙量水平较高,这也是泥沙粒径对河道中含沙量影响根源。因而,为控制入海口处含沙量,应控制上游水土流失比重,降低过大的泥沙颗粒进入水流中,导致河床水流受水力作用逐渐迁移演变。

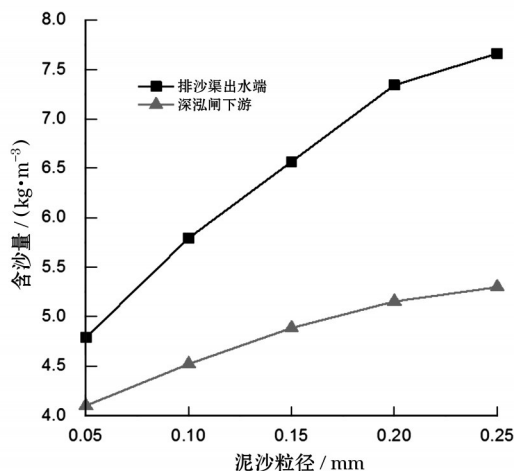


图2 不同泥沙粒径下含沙量变化特征

3 水位与排沙设施参数对泥沙淤积影响分析

3.1 水位的影响

根据不同水位下泥沙淤积试验分析,获得深泓闸下游、排沙渠中部处流速变化特征,如图3所示。从图3可知,水位与流速具有正相关关系,当水位愈高,不论是深泓闸下游部位,亦或是排沙渠中部,其流速均为递增,在水位7 cm时渠中部流速为3.33 cm/s,而水位9 cm、13 cm、15 cm时流速较前者

分别增长了45%、105.5%、113.3%,整体上看水位增大2 cm,排沙渠中部流速平均可增长21.8%。深泓闸下游处流速水平平均高于排沙渠中部,各方案间流速差幅为27.5%~47.6%,表明愈往下游,水流中淤积愈弱,水流畅通性更强,进而流速水平较高。从泥沙清淤效果来看,控制渠道水位状态,可影响排沙渠降淤效果,当渠内水位愈高,则降淤效果愈显著。笔者认为,当水位愈高,则泥沙悬浮沉降速率愈慢,进而其阻流效应愈弱,进而流速水平较高^[15-16]。

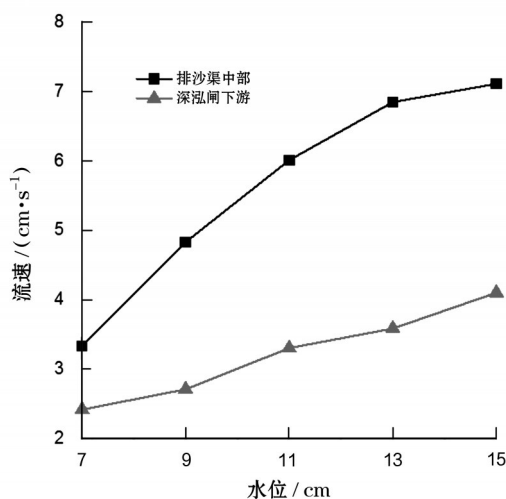


图3 不同水位下流速变化特征

3.2 排沙板参数的影响

同理,可得排沙板高度参数影响下深泓闸下游、排沙设施末端处流速变化特征,如图4所示。从图中流速变化可知,排沙板高度越大,则流速水平愈高,高度6 cm工况中深泓闸下游流速为3.45 cm/s,而高度8 cm、14 cm时流速水平较前者分别具有差幅

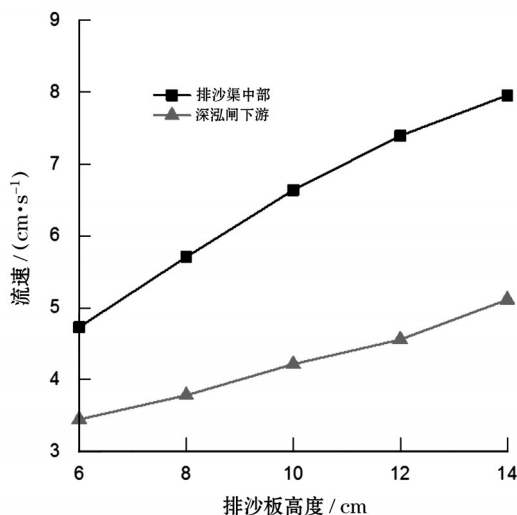


图4 不同排沙板高度下流速变化特征

9.7%、48.3%,当控制排沙板高度愈大,则排沙渠道淤积高度愈大,反应在水流中含沙量愈低,进而泥沙摩擦、阻流效应较弱,故流速水平较高。在排沙渠道中部处,高度6 cm方案中流速为4.73 cm/s,而排沙板高度每增大2 cm,则深泓闸下游、排沙渠中部处平均增幅分别为14%、9.6%。比较深泓闸下游于排沙设施末端两关键部位可知,各方案中流速差幅为27.1%~38.4%,且深泓闸下游流速受排沙板高度影响敏感度弱于排沙设施末端处。从工程设计角度考虑,排沙板结构高度应在满足结构安全稳定前提下,其值尽量较高,满足水利设施排沙降淤要求。

4 结 论

(1)流量参数与含沙量具有负相关关系,流量每增大1.5 L/s,深泓闸下游、排沙设施末端处含沙量可分别降低6.2%、9.3%;排沙渠道末端出水口处含沙量特征受流量参数影响敏感度更高,应控制入海口处流量,才可减少泥沙淤积的影响。

(2)泥沙粒径愈大,则水工设施所测得含沙量愈高,粒径增大0.05 mm,则排沙渠道设施末端处、深泓闸下游含沙量分别递增12.6%、6.7%;控制泥沙粒径有助于影响泥沙运动作用,改变其悬浮沉降关系。

(3)水位与流速具有正相关关系,但深泓闸下游处流速水平高于排沙渠中部,两者差幅为27.5%~47.6%,控制排沙渠内水位有助于降淤;排沙板设计高度越大,流速愈高,排沙板高度每增大2 cm,渠道中部处、闸下游处流速可分别增长14%、9.6%,且后者受设计高度影响敏感度高于前者。

参考文献:

- [1] 陈杨. 水库排沙清淤中导流堤与排沙渠结合技术应用的试验分析[J]. 陕西水利, 2021(9): 18-19, 24.
- [2] 张金良, 罗秋实, 陈翠霞, 等. 黄河中下游水库群-河道水沙联合动态调控[J]. 水科学进展, 2021, 32(5): 649-658.
- [3] 杨晨, 陈鑫, 薛亮, 等. Fluent两相模型高含沙模拟需要注意的几个问题[J]. 海洋技术学报, 2020, 39(4): 36-40.
- [4] 范海东. 基于Fluent软件的低压输水管道泥沙池流场模拟分析研究[J]. 水利科学与寒区工程, 2020, 3(3): 30-36.
- [5] 吕科, 赵涛. 基于不同数学模型对某弯道式渠首水沙运动的数值模拟对比研究[J]. 水资源与水工程学报, 2018, 29(2): 150-155.

- [6] 李建成. 中小型平面钢闸门设计参数影响程度研究[J]. 中国农村水利水电, 2021(9): 157-159, 166.
- [7] 杨海全. 基于 ANSYS 的大石牛水电站拱坝体型优化设计研究[J]. 东北水利水电, 2021, 39(3): 17-20.
- [8] 李忠彦. 基于 ABAQUS 的水闸闸首段卸荷式挡土结构模型分析[J]. 水利科学与寒区工程, 2020, 3(2): 45-48.
- [9] 杨东玲. 轿顶子水电站挑流鼻坎段体型优化模型试验研究[J]. 东北水利水电, 2021, 39(8): 43-45, 72.
- [10] 施得兵, 李宁, 焦婷丽. 碾盘山水利枢纽泄水闸泄流能力模型试验研究[J]. 水电与新能源, 2021, 35(2): 15-16, 71.
- [11] 李鹤, 李玉建, 俞晓伟, 等. 苏巴什水库泄水建筑物消能防冲优化试验研究[J]. 水利技术监督, 2020(6): 156-160.
- [12] 刘进, 马旭东, 楚志腾, 等. 某厢型沉沙池首部侧向扩散段排沙方案研究[J]. 水电能源科学, 2021, 39(4): 113-116.
- [13] 储维刃, 刘双喜, 潘丽. 龙口引水枢纽冲沙闸拉沙试验研究[J]. 水利建设与管理, 2021, 41(2): 12-16.
- [14] 陈杨. 水库排沙清淤中导流堤与排沙渠结合技术应用的试验分析[J]. 陕西水利, 2021(9): 18-19, 24.
- [15] 王平圆, 吴洋锋, 李琳. 基于大涡模拟的悬板径向坡度对排沙漏斗流场特性影响数值模拟[J]. 水资源与水工程学报, 2019, 30(1): 156-163.
- [16] 韩力球, 孙东坡, 赵旭润, 等. 某抽水蓄能电站拦沙库泄洪排沙系统的水力特性研究[J]. 华北水利水电大学学报(自然科学版), 2017, 38(1): 80-86.

(上接第 10 页)

工程中先对各仓采用温控措施控制温度峰值和高温时段时长, 然后对第三仓施加预应力, 效果相对最优。

(3) 如果混凝土温降阶段的冷却水流量太小则温降速率太小, 高温时段偏长, 对本仓和本仓下部浇筑块的拉应力都不利。但如果温降阶段的冷却水流量太大, 导致温降过快, 拉应力增速过快, 也会使得早龄期抗拉强度较小时, 拉应力超过抗拉强度。因此, 温降速率应该控制在合适的范围内。

参考文献:

- [1] 吴健, 曹为民, 闪黎. 水工墩墙结构混凝土裂缝成因与防裂措施分析[J]. 中国水利, 2005(2): 48-50.
- [2] 王碗琴, 王桂生, 强晟, 等. 大体积薄壁混凝土墩墙结构早

龄期开裂过程的数值模拟[J]. 水电能源科学, 2018, 36(4): 139-142.

- [3] 王海波, 周君亮. 大型水闸闸墩施工期温度应力仿真和裂缝控制研究[J]. 土木工程学报, 2012, 45(7): 169-174.
- [4] 张社容, 祝青, 李升. 大型渡槽数值分析中预应力的模拟方法[J]. 水利发电学报, 2009, 28(3): 97-100.
- [5] 陈坚, 于宙, 王丽, 等. 软基上水闸截面积和地基对预应力效果的影响规律[J]. 江苏水利, 2007(1): 25-31.
- [6] 陈坚, 于宙, 王丽, 等. 软基上水闸预应力张拉加载方法有限元仿真[J]. 水电能源科学, 2021, 39(12): 192-196.
- [7] 沈旭鸿, 王仙美, 苏超. 体外预应力技术在闸室结构加固中的应用研究[J]. 中国水运(下半月), 2014, 14(3): 128-129.
- [8] 沈思朝, 颀志强, 王首豪. 基于数值仿真的闸温控措施敏感性分析[J]. 长江科学院院报, 2022, 39(1): 146-154.