

宿连航道跨新沂河段水流条件计算分析

张跃东, 甄峰

(华设设计集团股份有限公司, 江苏南京 210014)

摘要: 本文通过分析宿连航道穿新沂河段的周边现状及洪水情况, 通过建立水动力模型, 计算不同河道来水情况下, 宿连航道穿新沂河段的流速、流态, 针对不满足规范要求区域提出改善措施, 并进行了验证。

关键词: 宿连航道; 新沂河; 水流分析

中图分类号: U61

文献标识码: A

文章编号: 1006—7973 (2021) 08—0152—03

徐宿连航道是江苏省干线航道网“两纵五横”中最北的“一横”, 共计 329 公里, 由苏北运河至宿迁段、宿连航道、徐圩港区疏港航道组成。该项目的建设对落实“一带一路”、长江经济带、长三角港航一体化等重大战略, 完善江苏省干线航道网建设, 打通苏北苏中地区与连云港港的航运通道, 满足宿迁市“借港出海”发展等现实需求意义重大。

作为徐宿连航道重要组成部分的宿连航道与新沂河正交穿越, 该穿越区域为新沂河、沭新河、岔流新开河三河交汇处, 本文通过数学模型方法, 分析对宿连航道穿新沂河段的流速、流态及其对安全通航的影响。

1 周边水系现状概况

1.1 新沂河段现状概况

新沂河全长 146km, 设计行洪流量 7500 ~ 7800m³/s,

由沭阳枢纽负责控制排泄新沂河上游区间的来水, 沭阳枢纽范围内河道宽约 1300m, 河道内分南偏泓、中泓、北偏泓, 其余均为滩地, 其中南偏泓内设置龙埝套闸、中泓设置拦污坝、北偏泓拦污闸及尾水地涵一道组成新沂河沭阳枢纽, 小流量洪水情况下通过南、中、北泓泄洪, 大流量洪水情况下漫滩行洪。

1.2 沭新河现状概况

淮沭新河在新沂河段以北称为沭新河, 承担向连云港市区送水和沭新河沿线供水的任务。沭新河长 75.3km, 是一条引水灌溉、截水排涝结合航运的骨干河道, 以供水功能为主。沭新闸为沭新河进水控制建筑物, 设计流量 100m³/s。

1.3 岔流新开河现状概况

岔流新开河为新沂河段北岸支流, 系沂北地区高低分治的高地截水沟。上游承泄新沂市的淋头河、大沙河

以便预应力箱梁搭接, 胸墙内回填块石。胸墙应分层浇筑, 并预留出前轨轨道槽施工空间, 选择沉箱重力式码头沉降位移相对稳定的期间浇筑顶层胸墙并安装钢轨。

5 结论

综上所述, 沉箱重力式码头施工及使用过程中普遍面临沉降位移问题, 造成其沉降位移的原因很多, 而且重力式码头沉降位移稳定过程较为漫长。分析结果显示, 沉箱沉降位移与主要施工工序时间有密切关系, 且本新建项目配套码头工程沉箱沉降主要发生在箱内回填块石施工后的 3 个月内。为此, 必须在沉箱安放稳定后控制回填速率, 同时尽快完成沉箱内块石回填, 并从基础施

工环节着手加强重力式码头沉降位移质量通病的防治, 以保证其基础沉箱沉降位移符合设计及规范要求。

参考文献:

- [1] JTS215-2018, 码头结构施工规范 [M].
- [2] 张志聪. 重力式码头沉降位移的应对措施分析 [J]. 工程建设与设计, 2019(01):133-135.
- [3] 李峰楠, 张伟豪. 重力式沉箱码头中沉箱安装施工及质量控制分析 [J]. 珠江水运, 2018(11):42-43.

来水，在沭阳县潼阳镇岔流村西会合向南至桐槐树后又汇虞姬沟，改循后沭河故道至沂北闸处入新沂河，全长32km。

2 建设方案概况

宿连航道规划等级为Ⅲ级，设计最大船舶吨级为1000t，设计航道最小通航水深3.2米，航道底宽不小于45米，航宽不小于55米。宿连航道于柴沂河口斜交入新沂河，沿新沂河南偏泓主槽向东行进700m后，北上600m穿过新沂河滩地正交入新沂河中泓，沿新沂河滩地右侧继续行进500m后，正交入新沂河北偏泓，最后沿沭新河出新沂河。

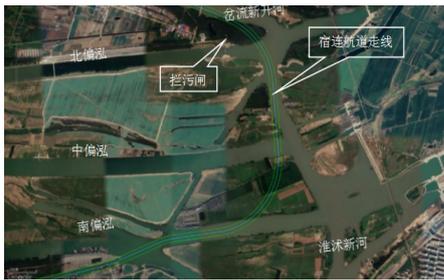


图1 穿新沂河段航道线位图

3 新沂河洪水情况分析

根据1970~2019年共50年的水文资料，以历年逐日平均流量进行统计： $\geq 200\text{m}^3/\text{s}$ ， $\geq 400\text{m}^3/\text{s}$ ， $\geq 500\text{m}^3/\text{s}$ ， $\geq 700\text{m}^3/\text{s}$ ， $\geq 1000\text{m}^3/\text{s}$ ， $\geq 2000\text{m}^3/\text{s}$ 的流量级多年平均出现天数统计见表1。

表1 各流量级多年平均天数统计表

流量级 (m^3/s)	多年出现总天数(天)	多年平均出现天数(天)	占全年比例(%)
$< 200\text{m}^3/\text{s}$	7033	140.66	38.5
$\geq 200\text{m}^3/\text{s}$	1206	24.12	6.61
$\geq 400\text{m}^3/\text{s}$	902	18.04	4.94
$\geq 500\text{m}^3/\text{s}$	819	16.38	4.49
$\geq 700\text{m}^3/\text{s}$	671	13.42	3.68
$\geq 1000\text{m}^3/\text{s}$	476	9.52	2.61
$\geq 2000\text{m}^3/\text{s}$	230	4.60	1.26

根据宿连航道规划等级及通航保证率要求，本文仅分析行洪 $500\text{m}^3/\text{s}$ 流量下的流速、流态及通航安全。

4 数学模型的建立及验证

4.1 控制方程

采用南京水利科学研究院王志力等人自主研发的水动力模型，模型控制方程为二维浅水方程：

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hu}{\partial x} + \frac{\partial hv}{\partial y} = q$$

$$\frac{\partial hu}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(hu^2 + \frac{1}{2}gh^2 \right) + \frac{\partial huv}{\partial y} = s_x$$

$$\frac{\partial hv}{\partial t} + \frac{\partial hvu}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \left(hv^2 + \frac{1}{2}gh^2 \right) = s_y$$

式中， h 为水深， u 为 x 方向的流速， v 为 y 方向的

流速； S_x, S_y 为源项，表达式为：

$$s_x = -\frac{h}{\rho} \frac{\partial P_a}{\partial x} - gh \frac{\partial z_b}{\partial x} + \frac{\tau_{ax} - \tau_{bx}}{\rho}$$

$$s_y = -\frac{h}{\rho} \frac{\partial P_a}{\partial y} - gh \frac{\partial z_b}{\partial y} + \frac{\tau_{ay} - \tau_{by}}{\rho}$$

P_a 为水面大气压力； τ_{ax}, τ_{ay} 为风载的作用力，表达式为：

$$\tau_{ax} = \rho_a C_{Dz} |\omega_{ax}| \omega_{ax}$$

$$\tau_{ay} = \rho_a C_{Dz} |\omega_{ay}| \omega_{ay}$$

模型采用非结构网格离散克服复杂边界和计算尺度悬殊所引起的困难，并可以进行局部加密。采用有限体积方法和交错网格变量布置，即把标量定义在单元的中心，矢量定义在边的中心。对计算中滩地的淹没与出露，采用水位判别法处理，即当水深小于某一薄水深(0.01m)时，设置该处流速为0。

4.2 模型建立

4.2.1 模型参数

模型采用模型网格共36276个单元，31524个节点，最短边5.8m，最长边43.3m，平均边长20.1m。计算区域网格剖分图见下图。

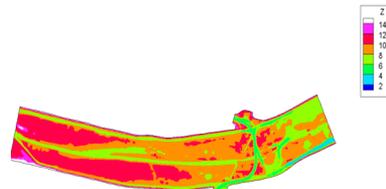


图2 新沂河地形图



图3 新沂河模型网格化图

4.2.2 模型参数

模型糙率选取：泓0.028、滩0.038。

5 水流条件计算分析

5.1 计算工况

根据前面的分析，本文仅考虑岔流新开河、新沂河沭西段、淮沭新河来水，通过沭东段北偏泓、南偏泓下泄，为了分别考虑三方来水对宿连航道处水流条件的影

响, 设置 3 个方案, 分别为仅岔流新开河来水 500m³/s、仅新沂河沭西段来水 500m³/s、仅淮沭新河来水 500m³/s, 通过流量与水位关系曲线, 相应的水位值均为 6.91m。

5.2 计算结果

主要测点的计算结果如表 2:

表 2 不同工况下航道的横向流速表 (仅摘录部分点)

序号	位置	岔流新开河 500m ³ /s		新沂河沭西段 500m ³ /s		淮沭新河 500m ³ /s		新沂河沭西段 (采取措施后) 500m ³ /s	
		流速	表层横向流速	流速	表层横向流速	流速	表层横向流速	流速	表层横向流速
1	北泓	1.18	0.18	0.42	0.42	0.39	0.08	0.24	0.24
2	北泓	1.10	0.23	0.43	0.43	0.36	0.12	0.40	0.26
3	北泓	1.13	0.09	0.47	0.45	0.25	0.08	0.44	0.29
4	北泓	1.14	0.14	0.44	0.42	0.26	0.09	0.41	0.27
5	北泓	1.10	0.17	0.66	0.58	0.25	0.16	0.40	0.25
6	中泓	0.67	0.04	0.41	0.4	0.33	0.12	0.22	0.22
7	中泓	0.66	0.05	0.4	0.37	0.33	0.11	0.26	0.25
8	中泓	0.67	0.06	0.39	0.35	0.37	0.17	0.49	0.20
9	中泓	0.53	0.11	0.6	0.5	0.3	0.08	0.50	0.27
10	中泓	0.68	0.03	0.8	0.78	0.6	0.09	0.50	0.20
11	南泓	0.02	0.02	0.45	0.23	0.56	0.09	0.95	0.21
12	南泓	0.24	0.24	0.43	0.29	0.5	0.09	0.98	0.27
13	南泓	0.05	0.03	0.56	0.26	0.39	0.14	1.09	0.21
14	南泓	0.15	0.14	0.8	0.25	0.39	0.12	1.16	0.21
15	南泓	0.05	0.01	0.67	0.26	0.47	0.21	1.20	0.29

根据以上分析成果, 岔流新开河、淮沭新河入流 500m³/s 的表层流速在航道线路上的横向投影值都满足 0.3m/s 的要求, 新沂河沭西段来水对航道处水流条件影响较大, 需采取一定措施使航道处表层流速在横向的投影满足 0.3m/s 的要求。

5.3 降低流速措施

新沂河沭西段入流 500m³/s, 考虑不移动沭阳排污闸的位置而通过控制沭阳排污闸的下泄流量和中泓、南泓河道开挖使北泓、中泓、南泓的过流流速减少。经试算北泓控泄 60m³/s、70m³/s、80m³/s、100 m³/s 四个方案, 当北泓控泄 70m³/s 时, 北泓流场可以满足横向的投影值满足 0.3m/s。工程措施为北泓开挖范围长 250m, 宽 60-160m, 底高程 4.1m; 中泓开挖长 410m, 宽 60-300m, 底高程 4.1m; 中泓向南泓引流长 700m, 宽 200-400m, 底高程 6.5m; 南泓下游开挖长 900m, 宽 100m, 底高程 4.1m 时, 可以减少表层流速在航道横向的投影值满足 0.3m/s 要求, 主要测点流速详见表 2。

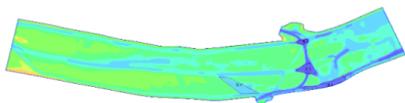


图 4 控泄条件下开挖方案示意图

6 主要结论

本文通过分析宿连航道穿新沂河段的周边现状及洪水情况, 通过建立水动力模型, 计算不同河道来水情况下, 宿连航道穿新沂河段的流速、流态, 针对不满足规范要求区域提出改善措施, 并进行了验证, 结果表明:

(1) 为分析宿连航道穿越新沂河处表层流速在航道横向的流速分布情况, 本次分析采用河道二维数学模型的计算理论, 通过对各流速级相应的行泄流量多年出现的天数做分析, 考虑不同边界条件下, 新沂河表层流速在航道线路上横向投影分布情况, 并采取一定的工程措施。

(2) 本文主要分析了岔流新开河、新沂河沭西段、淮沭新河来水, 通过沭东段北偏泓、南偏泓下泄, 为了分别考虑三方来水对宿连航道处水流条件的影响, 设置 3 个方案, 分别为仅岔流新开河来水 500m³/s、仅新沂河沭西段来水 500m³/s、仅淮沭新河来水 500m³/s。经计算, 岔流新开河、淮沭新河入流 500m³/s 的表层流速在航道线路上的横向投影值都满足 0.3m/s 的要求, 新沂河沭西段来水对航道处水流条件影响较大, 需采取一定措施使航道处表层流速在横向的投影满足 0.3m/s 的要求。

(3) 通过考虑不移动沭阳排污闸的位置而通过控制沭阳排污闸的下泄流量和中泓、南泓河道开挖使北泓、中泓、南泓的过流流速减少。经试算当北泓控泄 70m³/s 时, 北泓开挖范围长 250m, 宽 60-160m, 底高程 4.1m; 中泓开挖长 410m, 宽 60-300m, 底高程 4.1m; 中泓向南泓引流长 700m, 宽 200-400m, 底高程 6.5m; 南泓下游开挖长 900m, 宽 100m, 底高程 4.1m 时, 可以减少表层流速在航道横向的投影值满足 0.3m/s 要求。

参考文献:

[1] 宿连航道 (京杭运河至盐河段) 整治工程一期工程航道工程初步设计 [R]. 南京: 华设设计集团股份有限公司, 2020.

[2] 宿连航道穿越新沂河处水流条件分析 [R]. 南京: 江苏省水利科技咨询股份有限公司, 2020.