

引航道出口形态对泥沙淤积影响的数学模型研究

谭 亚¹,郑军田²,谢永玉³

(1.河海大学交通与海洋工程学院,江苏 南京 210098;2.盐城市水利局,江苏 盐城 224002;
3.将乐县金湖电力公司,福建 将乐 353300)

摘要 以位于灌河南岸、沟通灌河与通榆河的航运通道的响水船闸下游引航道为例,通过数学模型手段,研究引航道出口形态对泥沙淤积的影响.针对本河段除具有一般潮汐河段船闸引航道的淤积特性外,还由于引航道口门处有由鸡心岛阻隔形成东西两汉,而独具特性的状况.对 4 种方案进行模拟计算,结果表明引航道口门形态对引航道的泥沙淤积有较大的影响.

关键词 潮汐河口 船闸 引航道 泥沙淤积 数学模型

中图分类号 U617.6 **文献标识码** A **文章编号** 1000-1980(2003)04-0453-04

响水船闸位于灌河南岸,是沟通灌河与通榆河的航运通道.该船闸西距灌河东三岔约 20 km,东距灌河大桥 2 km;下游引航道(图 1)与灌河相接,接口处的鸡心岛将引航道分成东西两汉.本河段除具有一般潮汐河段船闸引航道的淤积特性外,由于引航道口门处有由鸡心岛相隔形成的东西两汉,又独具特性.鸡心岛的形状为一近似倒置的等边三角形,每边长约 220 m.船闸运行以来引航道出现泥沙淤积.

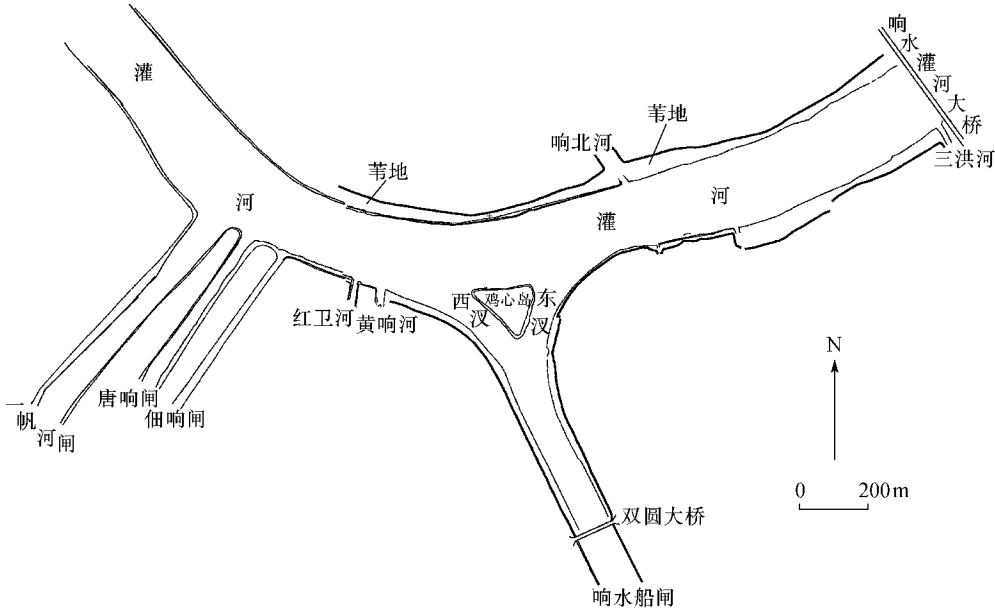


图 1 响水船闸引航道地形图

Fig.1 Topographic map of the approach channel below Xiangshui ship lock

1 数学模型

响水船闸引航道的底沙平均中值粒径为 0.050 mm 左右,与悬浮颗粒的中值粒径相近,这种底沙可以被认为是落淤的悬沙,在一定的水动力条件下,又会再次悬浮而成为悬沙,参加到悬移质输送中去.因此,本文采用二维潮流和悬沙输送的数学模型^[1].

收稿日期 2002-08-19
基金项目 河海大学交通与海洋工程学院基金资助项目(30020)
作者简介 谭亚(1970—),女,江苏淮安人,讲师,博士研究生,主要从事海岸工程研究.

2 计算条件

流场计算的边界及初始条件确定采用张东生教授等^[2]关于灌河流域计算的模式,用控制体积法进行离散.在离散时,时间采用前差,空间采用四边形交错网络.流场和悬沙浓度场(含河床变形)分别计算.流场及悬沙浓度场计算的计算域西起一帆河上游 600m,东至响水灌河大桥.为了准确地模拟复杂的岸形和引航道内的淤积地形,网格尺寸取得足够小,为 10 m.流场计算的时间步长为 2 s,河床演变计算的时间步长为 10 min.

本项研究中,主要根据 1995 年灌河盐东控制的闸下淤积问题的研究成果以及灌河的实测资料确定模型所需要的参数如下:

- a. 底摩阻参数 $C_f = g/C^2$, 式中 C 为谢才系数,由曼宁公式确定, $C = \frac{1}{n}H^{1/6}$ (n 为曼宁系数,计算中取 $n = 0.02$).
- b. 水流挟沙能力 S_* . 本文采用灌河的挟沙能力表达式^[3], 即 $S_* = 3.7 \frac{v}{H^{1/3}}$, 式中 v 为水的垂线平均流速值.
- c. 沉速 ω . 灌河悬沙的平均中值粒径约为 0.050 mm, 据《泥沙手册》, 取沉速 $\omega = 0.00167 \text{ m/s}$.
- d. 泥沙起动流速 v_c , 根据以往环形水槽泥沙试验的结果^[4], 对应于灌河的 3 组泥沙初始浓度 0.602 kg/m^3 , 1.138 kg/m^3 和 5.180 kg/m^3 , 泥沙的临界起动流速分别为 0.34 m/s , 0.39 m/s 和 0.43 m/s . 因此, 计算中取泥沙起动流速为 0.40 m/s .
- e. 泥沙扬动流速 $u_f = 0.812 d^{2/5} \omega^{1/5} H^{1/5}$.

3 验证计算

本文流场的计算模式直接采用张东生教授^[2]等关于灌河流域计算的研究成果,用 2000 年 12 月的引航道地形作为泥沙数学模型的初始地形,用 2001 年 7 月的地形进行泥沙计算的验证.计算中,将半年时间分成若干时间段,利用前一个时间段计算出的床面变形数值对海床地形进行修正,作为下一个时间段计算流场和悬沙的基础,计算至 2001 年 7 月.河床淤积分布以及引航道各部位的淤积量见图 2 和表 1.

表 1 中给出了引航道各部位的淤积量与实测结果的比较.可以看出,无论淤积的数量级还是各部位的淤积量比例,计算结果都与实测值相近.

从图 2 可以看出,引航道西汉淤积严重,东汉的东岸形成边滩,鸡心岛以南的内引航道中的淤积区内出现部分间断,这些现象都与 2001 年 7 月实测地形颇为相似.

4 船闸引航道出口形态对泥沙淤积的影响

响水船闸引航道的出口由鸡心岛分成东西两汉,运行以来西汉出现淤积现象.本文设计 4 种不同出口段的形状(表 2),计算了各种出口段形状下的淤积量,

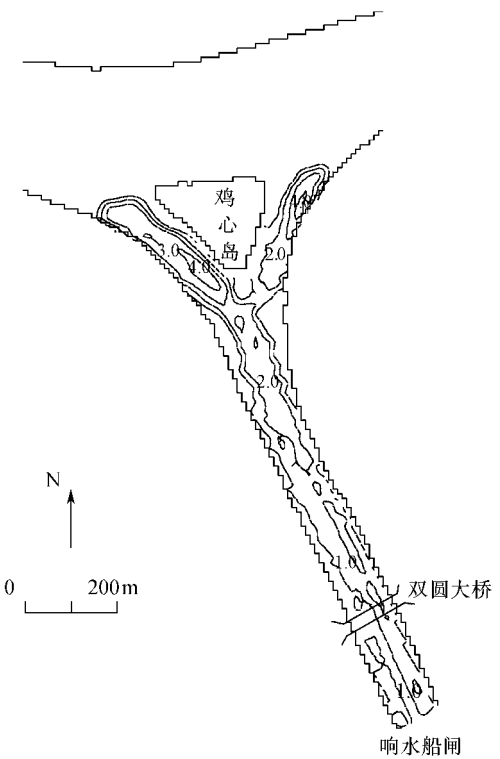


图 2 船闸引航道淤积分布
Fig.2 Deposition distribution in the approach channel below the ship lock

表 1 各部位泥沙淤积量比较

Table 1 Amount of deposition at different sections 万 m ³					
部位	实测	计算	部位	实测	计算
西汉	6.99	7.79	鸡心岛南端 ~ 双圆大桥	15.37	14.93
东汉	3.67	2.83	双圆大桥以南	2.75	2.54

表 2 数模试验方案

Table 2 Plan of numerical test						
方案 序号	整治河底 高程/m	底宽 /m	边坡	口 门 形 态	口门曲率半径/m	
					东	西
1	-4.0	40	1:7	有 鸡 心 岛	480	480
2	-4.0	40	1:7	挖鸡心岛,东、西岸线不变	480	480
3	-4.0	40	1:7	堵东汉,西汉形成口门	260	480
4	-4.0	40	1:7	堵西汉,东汉形成口门	480	260

研究其对引航道淤积的影响,结果示于图 3 和表 3.

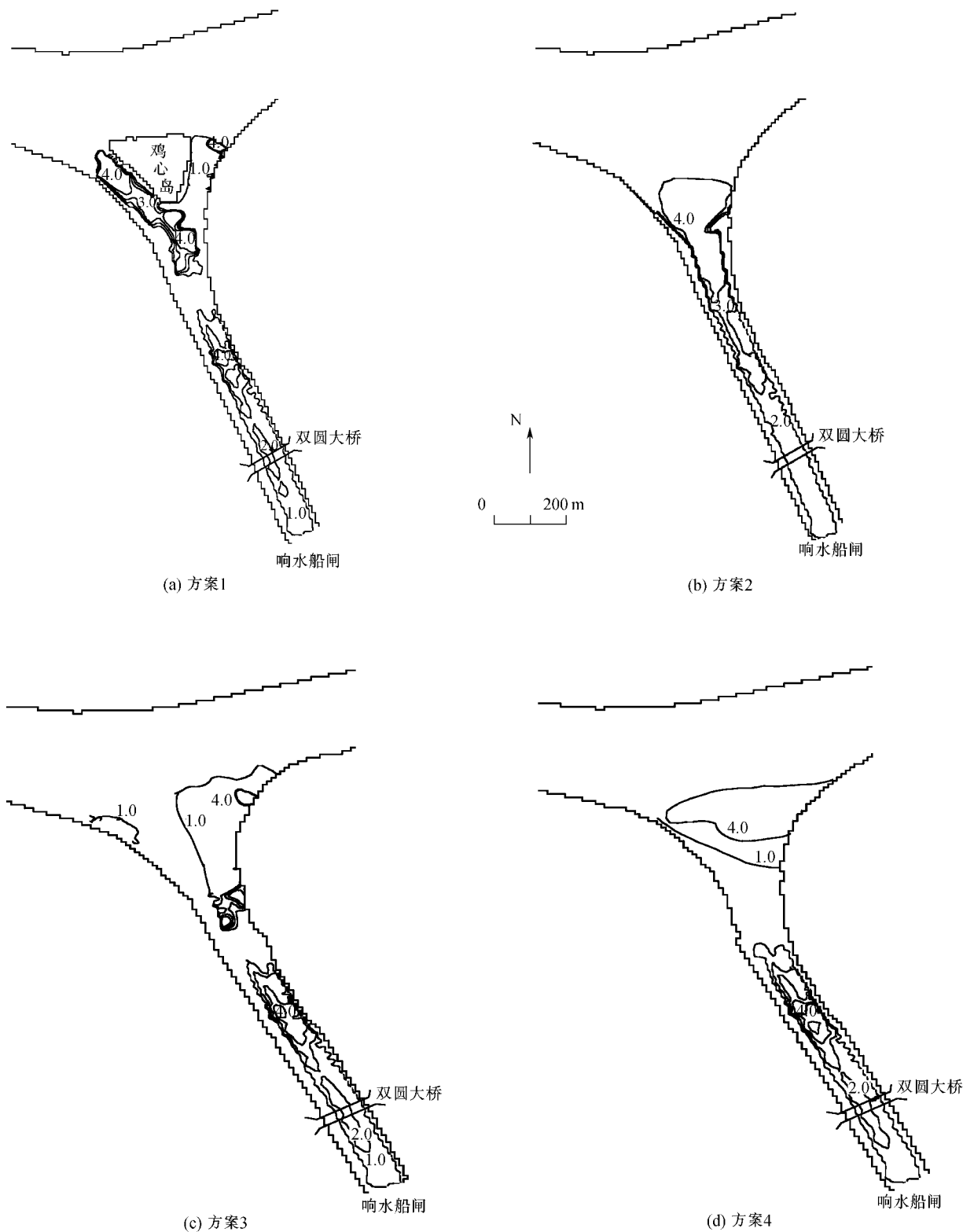


图 3 4 种设计口门方案的引航道淤积分布

Fig.3 Deposition distribution in the approach channel for four schemes of outlet design

表 3 河底高程整治至 - 4 m 时各部位的泥沙淤积量
Table 3 Amount of sediment deposition at different sections dredged to - 4 m 万 m³/a

方案序号	口门方案	研究 部 位			总淤积量
		原鸡心岛段	至双圆大桥	双圆大桥南	
1	有鸡心岛	西汉 10.1, 东汉 2.64	19.41	3.30	35.48
2	挖鸡心岛	26.48	12.73	3.86	43.07
3	堵东汉	18.51	14.29	3.38	36.18
4	堵西汉	24.18	13.53	3.52	41.23

由表 3 的各部位泥沙淤积量可见,有鸡心岛的淤积量最小,挖鸡心岛的泥沙淤积量最大.有鸡心岛方案,鸡心岛南至双圆大桥内引航道段的泥沙淤积量约占总量的一半,西汉的淤积厚度大,达 5 m.其余 3 种方案的重点淤积部位在引航道的口门段,即原鸡心岛的位置,而鸡心岛至双圆大桥段的淤积量只及口门段的一半.有鸡心岛、挖鸡心岛,堵东汉和堵西汉 4 种口门方案的淤积分布示于图 3(a) ~ (d).有鸡心岛时,西汉的淤积厚度最大,达 5 m,即已淤至 + 1 m 高程(图 3(a)).挖鸡心岛的淤积中心部位在口门段,巨大的淤积体封堵口门(图 3(b)).堵东汉后口门的淤积体偏于口门线的外侧(图 3(c)),堵西汉后,东边滩逐渐扩大,并向引航道内推进(图 3(d)).

有鸡心岛方案的淤积量最小的原因是由于鸡心岛的存在,口门东西两汉在涨、落潮期间都出现相位差.涨潮时,由东汉进水进沙,而西汉却出水出沙.落潮时,东汉出水出沙而西汉进水进沙.

5 结 论

- 通过平面二维潮流和悬沙输送数学模型,分析引航道出口形态对泥沙淤积的影响,得出以下结论:
- a. 响水船闸引航道为一盲肠河段,在与其交汇的主干流有来沙的情况下,引航道内发生泥沙淤积是普遍的现象,不可避免.潮汐河段引航道的淤积,主要是涨潮灌入引航道中的泥沙,落潮不能全部带出所致.
 - b. 引航道口门形态对引航道的泥沙淤积有较大的影响.数模试验结果表明,在 4 种口门方案中,以有鸡心岛方案的引航道泥沙淤积量最小.

参考文献:

[1] 张东生,蒋勤.江苏北部灌河口悬沙输送数学模型[J].海洋学报,1991,13(1):125—136.
[2] 张东生,谢金赞,郑小平.灌河口沿岸流场的数值模型[J].海洋与湖沼,1988,19(4):380—390.
[3] 窦国仁,董风午.潮流和波浪的挟沙能力[J].科学通报,1995,140(5):443—446.
[4] 谢金赞.灌河口外水动力条件分析[J].河海大学学报,1987,15(5):12—20.

Numerical model for effects of outlet shapes of approach channels on sediment deposition

TAN Ya¹, ZHENG Jun-tian², XIE Yong-yu³
(1. College of Traffic and Ocean Engineering, Hohai Univ., Nanjing 210098, China;
2. Yancheng Water Conservancy Bureau, Yancheng 224002, China;
3. Jinhu Electric power corporation of Jiangle County, Jiangle, Fujian 353300, China)

Abstract With the approach channel on the lower reach of the Xiangshui ship lock as an example, which is located on the south bank of the Guanhe River and is a navigable channel connecting the Guanhe River and the Tongyuhe River, the effects of the outlet shapes of the approach channel on its sediment deposition are studied with a numerical model. In consideration of the fact that the waterway of the river section is separated into the east and west branches by the Jixing Island at the outlet of the approach channel, not only does the channel have common characteristics of sediment deposition in general tidal rivers, but also has its own characteristics. By numerical simulation of sediment deposition in the approach channel according to four schemes of outlet design, it is concluded that the outlet shape has great effects on sediment deposition in approach channels.

Key words tidal estuary; ship lock; approach channel; sediment deposition; numerical model