

东壁岛围垦对元洪港区潮流及泥沙淤积影响的数值模拟

王 震 邵佳爱 张东生

(河海大学交通与海洋工程学院 江苏 南京 210098)

摘要 利用所建立的具有动边界的福清湾潮流数学模型,研究了东壁岛围垦前后元洪码头前的潮量及流速变化,并采用工程泥沙方法估算了元洪码头前的泥沙淤积强度.研究表明,在元洪码头前 250 m 范围以内,围垦后的流速较围垦前略有减小,围垦所引起的泥沙淤积强度为 0.05 m/a.

关键词 福清湾 围垦工程 潮流数学模型 淤积分析

中图分类号 S277.4+2 文献标识码 A 文章编号 1000-198X(2003)02-0220-04

福清湾位于福建海岸中部,为开发土地资源,福清市拟围垦福清湾内东壁岛西南侧的潮滩,围垦可增加土地面积约 3 300 hm²,但东壁岛围垦会减少福清湾的纳潮量,减弱潮流动力,使海床变形.元洪港区是福州市的主要港口之一,它位于福清湾北侧湾口,东壁岛围垦对元洪港区泥沙淤积的影响程度是该围垦工程建设必须研究的问题之一.

泥沙淤积主要涉及 3 个因素:(a)泥沙本身的特性,其中包括泥沙的颗粒组成、起动条件、悬扬条件、止动条件以及泥沙颗粒的沉降速度等.(b)水动力条件,泥沙颗粒是在波浪和潮流的动力作用下运动的,波浪,特别是潮流,是泥沙长距离搬运的基本动力.(c)泥沙运动所处的环境条件,如海床开挖、修建足以改变潮流条件及泥沙运动形态的建筑物等.本文通过现场资料分析和潮流数值模拟计算,研究围垦工程前后福清湾,特别是元洪港区的潮流变化特点,在此基础上,采用工程泥沙方法估算元洪港区的泥沙淤积强度.

1 模型简介

图 1 为福清湾水下地形图.由图 1 可以看出,福清湾岸线曲折,岛屿众多,东北口门处有人屿、苦屿、吉兆岛、屿头岛等,湾内有东壁岛.东北口门处的岛屿呈东北至西南走向,岛屿之间的水域水深较深.松下与吉兆岛之间为松下北水道,吉兆岛与屿头岛之间为松下水道,两个水道向西深入福清湾.松下北水道向西深入较短,在元洪码头附近即折向西南.该水道是维持元洪码头前沿和进港航道水深的通道(元洪港区沿松下岸线布置,位于松下北水道的北侧).屿头岛以南为屿头南水道,水深相对较浅,但 -5 m 等深线亦可及东壁岛.福清湾的北部、西部和南部有大片潮滩,涨潮淹没,落潮裸露,其中东壁岛与东营之间的滩地是围垦工程所在的位置.东壁岛围垦工程包括海堤工程和围涂造地工程.海堤工程包括北堤和东堤两部分.通过北堤可将东壁岛的北端与东营的北侧连接起来,通过东堤可将东壁岛的南端与北陈连接起来.这两条堤可围

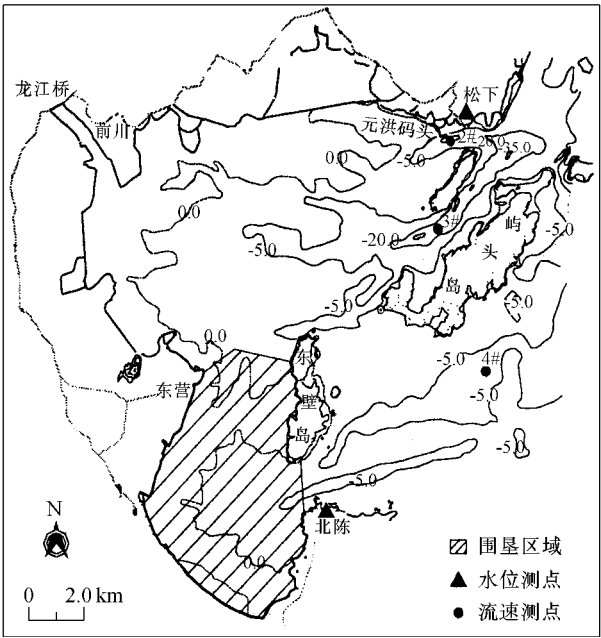


图 1 福清湾水下地形图

Fig.1 Underwater topographic map of Fuqing Bay

涂造地约 3 300 hm².如图 1 所示.

福清湾水深相对较浅,上下水层流速虽有些差异,但分层不明显,所以福清湾潮流数模采用沿深平均的平面二维数学模式^[1].数学模型计算范围为:北起东洛岛,南至海坛岛的娘宫,南北长 37.5 km,西起福清湾顶,东至东经 119°45′,东西宽 30.0 km.计算面积为 1 125 km².本模型采用两级网格嵌套.第 1 级,在大范围用 250 m×250 m 网格;第 2 级,在福清湾水域用 50 m×50 m 网格.对于随潮位变化的浅滩动边界,采用网格干、湿判断法进行处理,计算域开边界上的水位过程,由东中国海潮波数学模型计算提供.

2 验证计算

为验证模拟潮流是否与实际情况相似,在计算了东壁岛围垦工程前的福清湾流场后,将松下和北陈位置的计算潮位与实测潮位进行比较,同时也比较了 4 条测流垂线位置的流速.结果表明,无论是潮位还是流速,计算值与实测值均吻合较好(限于篇幅,潮位及流速验证曲线从略).

图 2(a)(b)分别为涨急、落急时刻的福清湾流场.流场图表明:涨潮时,外海的水体经松下北水道、松下水道和屿头南水道流入福清湾,落潮时,湾内水体经 3 条水道流出湾外.这一流场特征与福清湾的实际流态是一致的.

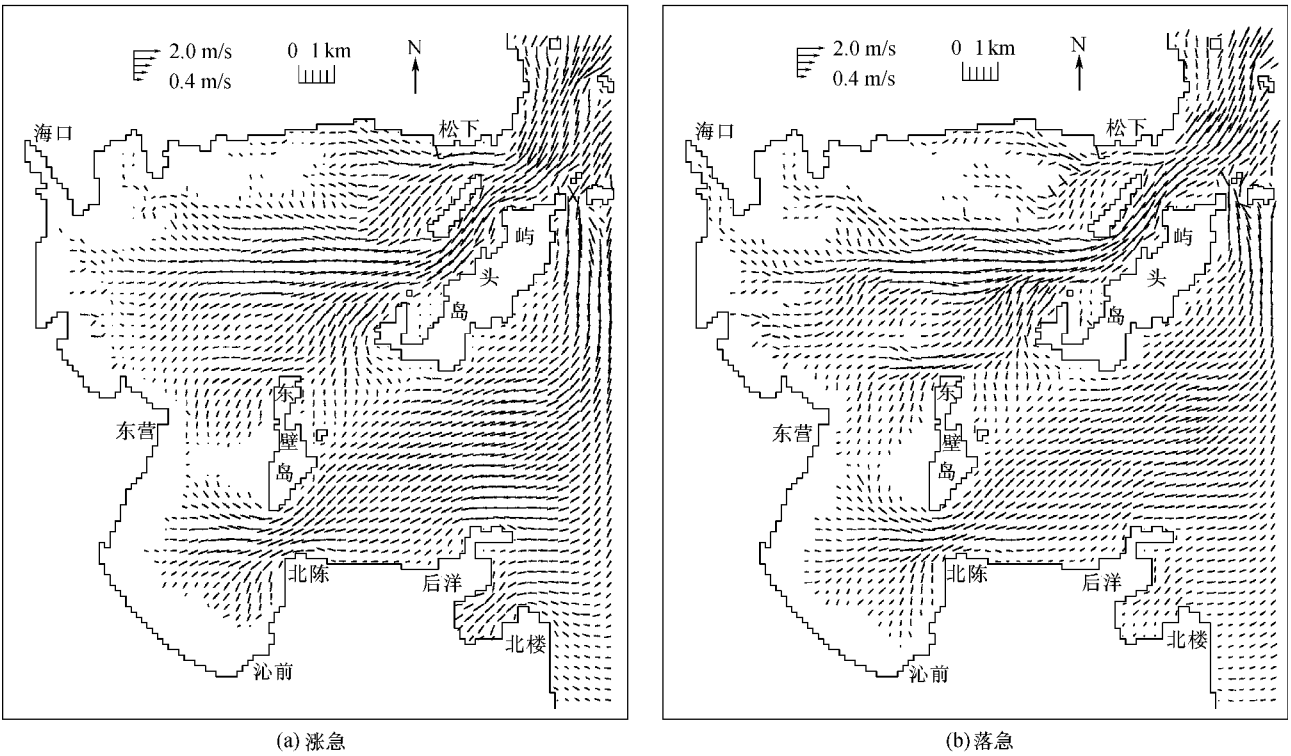


图 2 东壁岛围垦前福清湾大潮流场

Fig.2 Spring tide current fields in Fuqing Bay before reclamation at Dongbi Island

3 围垦工程后福清湾流场特征

3.1 围垦工程后福清湾流态

围垦后的福清湾流场与围垦前总体上相似,但也有差别.围垦前,由松下水道进入湾内的涨潮流,沿深槽绕过东壁岛北侧,进入围垦区;由屿头南水道进入湾内的涨潮流经东壁岛南侧进入围垦区.围垦后,由松下水道来的西南向涨潮流在北围堤前受阻,其流向转向西;由屿头南水道来的涨潮流,在东围堤前受阻,部分水体转折南流.落潮时,围垦前东壁岛西南侧(即拟围垦区)的水体分别从东壁岛的北侧和南侧汇入松下水道和屿头南水道,围垦后因不存在这部分水体,松下水道和屿头南水道的落潮流减弱.

3.2 围垦工程前后福清湾的潮量和流速变化

表 1 列出了东壁岛围垦工程前后福清湾的大潮潮量变化.表 1 表明,围垦前福清湾的大潮潮量为

5.975 亿 m³,围垦后减少为 4.830 亿 m³,围垦造成福清湾的纳潮量减少 1.145 亿 m³.在所减少的潮量中,松下北水道占 6.1%,松下水道占 24.0%,屿头南水道占 69.9%.这说明东壁岛围垦主要造成屿头南水道和松下水道的潮量减少,而元洪码头所在松下北水道的潮量略有减少.

表 2 列出了东壁岛围垦工程前后元洪码头前的大潮流速变化.表 2 表明,码头前 150 m 范围以内,围垦后的涨落潮流速较围垦前略有减小,码头前 150 ~ 250 m 之间,涨潮流速略有增大,落潮流速略有减小.总之,东壁岛围垦工程前后元洪码头前的大潮流速变化较小.

表 2 围垦工程前后元洪码头前的大潮流速变化

Table 2 Variation of spring tide velocity in front of Yuanhong Dock caused by reclamation

位 置	涨潮最大流速			涨潮平均流速			落潮最大流速			落潮平均流速		
	工程前 (m·s ⁻¹)	工程后 (m·s ⁻¹)	相对 变率/%	工程前 (m·s ⁻¹)	工程后 (m·s ⁻¹)	相对 变率/%	工程前 (m·s ⁻¹)	工程后 (m·s ⁻¹)	相对 变率/%	工程前 (m·s ⁻¹)	工程后 (m·s ⁻¹)	相对 变率/%
码头前 50 m	0.517	0.492	-4.7	0.323	0.289	-9.4	0.490	0.471	-3.9	0.237	0.230	-3.1
码头前 100 m	0.696	0.665	-4.5	0.406	0.392	-3.4	0.653	0.620	-5.1	0.337	0.307	-8.7
码头前 150 m	0.819	0.783	-4.5	0.452	0.451	-0.2	0.748	0.716	-4.3	0.393	0.358	-8.8
码头前 200 m	0.910	0.869	0.7	0.504	0.512	1.8	0.801	0.781	-2.5	0.432	0.394	-8.9
码头前 250 m	0.976	0.932	0.5	0.542	0.550	1.5	0.852	0.829	-2.7	0.461	0.420	-8.9

4 围垦后元洪码头前的泥沙淤积强度估算

4.1 港池冲淤分析

3 万 t 级元洪码头的港池开挖于 1994 年竣工,并测得竣工水深图;1997 年又对港池地形进行了测量,并绘制了水下地形图.比较分析两次实测地形图后可以看出:沿元洪码头纵向,港池中部淤积严重,东西两端稍轻;沿元洪码头横向,泥沙淤积出现在离码头 50 m 的范围内,平均淤强 0.95 m/a,距码头 50 ~ 80 m 之间淤积量很小,距码头 80 m 以外港池略有冲刷.

4.2 泥沙淤积强度估算

福清湾的泥沙来源于口外海域.在元洪码头以东 1 km 处的水下有一高程为 -7.4 ~ -10 m 的石埂横卧于松下北水道,石埂高出其附近的海底高程,其东侧为很陡的底坡,直达 -30 m 的深潭.外海的床沙经松下北水道推入,在到达码头前沿之前,必定落入深潭之中,从而无法继续向前推移.因此,本文回淤计算只考虑悬沙输送所引起的泥沙淤积而不考虑推移质所引起的淤积.

东壁岛围垦后元洪码头前的泥沙淤积强度可按式^[2]进行估算:

$$p = \frac{\omega S_0 T}{\rho_d} \left\{ K_1 \left[1 - \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^3 \right] \sin \theta + K_2 \left[1 - \frac{1}{2} \frac{V_2}{V_1} \left(1 + \frac{V_2}{V_1} \right) \right] \cos \theta \right\} \quad (1)$$

式中: ω ——泥沙沉速; ρ_d ——泥沙干密度; S_0 ——平均含沙量; T ——以秒为单位的泥沙淤积时间; V_1 , V_2 ——工程前后流速; K_1 , K_2 ——横流和顺流淤积系数,可取 $K_1 = 0.35$, $K_2 = 0.13$; θ ——航道走向与水流流向之间的夹角.

根据福清湾现场水文泥沙测验资料及《泥沙手册》,式(1)中的参数取值如下:大潮平均含沙量 $S_0 = 0.073 \text{ kg/m}^3$,小潮平均含沙量 $S_0 = 0.020 \text{ kg/m}^3$,悬沙中值粒径 $d_{50} = 0.004 \text{ mm}$,泥沙干密度 $\rho_d = 825 \text{ kg/m}^3$,考虑细颗粒泥沙絮凝因素的泥沙沉速 $\omega = 0.0004 \text{ m/s}$.

为研究东壁岛围垦对元洪码头前泥沙淤积的影响,在码头前布设若干个采样点,并分别计算这些采样点的年淤积强度,然后对计算结果进行了统计分析.结果表明,东壁岛围垦对元洪码头前 250 m 范围内的泥沙淤积影响较小,围垦工程引起的泥沙淤积强度为 0.05 m/a.

5 结 论

东壁岛围垦使福清湾的纳潮量有所减少,减少的潮量主要集中于屿头南水道和松下水道,而元洪码头所在的松下北水道的潮量则略有减少,围垦所引起的元洪码头前沿 250 m 范围内的泥沙淤积强度为 0.05 m/a,港区其他水域不会因该工程产生泥沙淤积.因此,东壁岛围垦对元洪港区潮流及泥沙淤积的影响甚微,不会对船舶航行及靠泊构成影响.

参考文献:

[1] 王震,谭亚,丁坚.淤泥质海湾潮流输沙数学模型[A].见:第八届全国海岸工程学术讨论会暨 1997 年海峡两岸港口及海岸开发研讨会论文集[C].北京:海洋出版社,1997.439—444.
[2] 刘家驹.连云港外航道的回淤计算及预报[J].水利水运科学研究,1980(4):31—42.

Numerical simulation of influence of Dongbi Island reclamation project on tidal current and sediment deposition in Yuanhong Port area

WANG Zhen, TAI Jia-ai, ZHANG Dong-sheng

(College of Traffic and Ocean Engineering, Hohai Univ., Nanjing 210098, China)

Abstract: A tidal current numerical model with flood-ebb land boundary was developed for the Fuqing Bay for research of the influence of reclamation. The reclamation-induced variation of the tidal capacity and flow velocity in front of the Yuanhong Dock was calculated based on the engineering sedimentation method. The results show that in the range of 250 m ahead of the Yuanhong Port, the flow velocity decreases a little after the completion of the reclamation project, and the project induced-siltation intensity is 0.05 m/a, indicating that the influence of the reclamation project on the tidal current and the sediment deposition in the Yuanhong Port area is small.

Key words: Fuqing Bay; reclamation project; tidal current numerical model; siltation analysis

全国水利系统优秀期刊 华东地区优秀期刊 江苏省优秀期刊

水利水电科技进展

新颖 实用 快捷



双月刊, A4 开本, 彩色封面, 64 页, 2003 年全年定价 30.00 元, 全国各地邮局均可订阅

国际标准连续出版物号:

ISSN 1006-7647

国内统一连续出版物号:

CN 32-1439/TV

国外发行代号: DK 32003

(中国出版对外贸易总公司)

国内邮发代号: 28-244

编辑部地址: 210098 南京市西康路 1 号

联系电话: (025) 3786335

传 真: (025) 3787381

电子信箱: jz@hhu.edu.cn

网 址: kkb.hhu.edu.cn

银行账号: 南京工行宁海路分理处

4301011409001024513

(也可直接汇款至编辑部订阅,
另加 6.00 元邮寄费)