

广利港口拦门沙航道开挖后淤积强度预测*

陈 静¹ 冯秀丽² 李安龙² 邓声贵² 周松望²

(¹ 中国海洋大学环境科学与工程学院 青岛 266003)

(² 中国海洋大学海洋地球科学学院 青岛 266003)

摘要 广利港口拦门沙的发育使得对航道疏浚的要求日益迫切,而疏浚后海底地形的改变会导致水动力条件的变化而产生泥沙回淤。本文利用已得的数据资料以及数值模拟后的数据资料进行了回淤强度的预算,并据此对航道疏浚后每年的清淤量提出了合理的建议。

关键词 回淤,淤积强度,清淤量

中图分类号 P333.4 **文献标识码** A **文章编号** 1000-3096(2003)06-0047-04

1 概况

广利河口位于莱州湾西南部、现代黄河三角洲的东南侧,南与小清河口毗邻。

1.1 水文概况

1.1.1 潮汐 广利港口 2002 年 4 月 25 日至 28 日(含月大潮期)3 天连续验潮资料(图 1)表明,本区属于不正规半日潮型,平均涨潮历时 5.5 h,平均落潮历时 6.76 h,平均潮差 1.64 m,最大潮发生在 4 月 26 日(农历三月十六),最大潮差 1.99 m,当天两个潮几乎相等,小潮潮差 1.93 m。

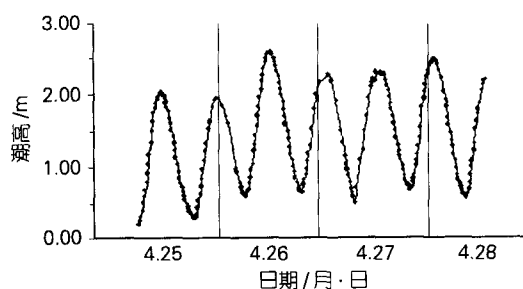


图 1 广利港口潮汐曲线

Fig. 1 Tide figure in Guangli Channel

1.1.2 潮流 莱州湾面积大,水浅,潮波在传播过程中,受岸边地形、底摩擦及入海河流等因素的影响,使潮波不断变形,致使浅海分潮流显著,日不等现象明显,因此,出现了涨、落潮流历时不等和流

速不等的现象^[1]。莱州湾的潮流性质有两种,即规则半日潮流和不规则半日潮流,本研究区属于规则半日潮流。现在黄河口附近为强流区,从黄河口向东、向湾内流速逐渐减小,本研究区内涨潮流偏向西,指向岸边,落潮流偏向东,为离岸向,一般是涨潮流速稍小于落潮流速。自高潮时后 6 h 至高潮时前 1 h 为涨潮流,自高潮时至高潮后 5 h 为落潮流。

广利河口 3 个潮流测站的位置: L1: 118° 59.280' E 37° 21.571' N; L2: 119° 00.820' E 37° 31.528' N; L3: 119° 02.653' E 37° 21.237' N, 根据以上三个站位的实测潮流资料,以羊角沟为主港,绘出各站的半日潮流图(见图 2),所测站位的经纬度见表 1,图中正数为高潮前几小时,负数为高潮后几小时。可以看出,各站的潮流方向主要集中于两个方向,属于往复流。

1.2 本区河口泥沙来源

河口泥沙在周期性往复水流和风浪共同作用下不断的运动。本区河口泥沙的来源^[2]主要有:(1)广

* 国家 973 项目“海岸侵蚀与岸坡失稳灾害的防治对策”资助。

第一作者:陈静,出生于 1977 年,硕士,从事近海海岸工程环境研究。E-mail: jingpuppy@163.com

收稿日期:2002-11-06;修回日期:2003-02-28

利河和溢洪河径流挟运而来的陆相泥沙;(2)从口外随涨潮流挟运而来的海相泥沙:(a)海岸带滩涂受风浪冲刷洗掘,岸滩坍塌,泥沙随风浪潮流而沿岸飘移,飘至河口外海滨地区后又为涨潮流带入口口;(b)河流来沙进入河口以后除一部分絮凝沉降外,其余都扩散到沿海大陆架落淤,在大潮流大风浪作用下,在破波带床面受冲刷洗掘而把泥沙掀起,随涨潮流又进入河口;(c)黄河口的泥沙入海以后随涨潮流而转入本区河口内,或在大陆架落淤后被风浪潮流掀起带入口口内。

现阶段,本研究区正处于冲淤平衡阶段。

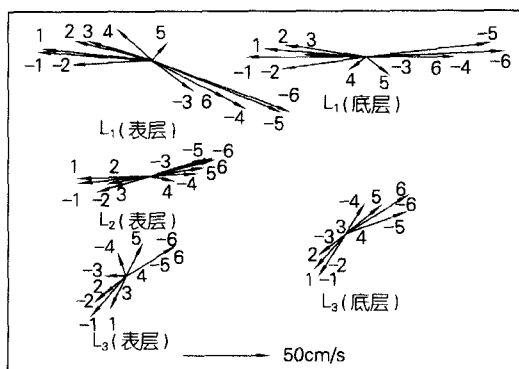


图2 实测半日潮流

Fig. 2 Measured semi-diurnal current figure

1.3 悬沙观测

根据土工试验及粒度分析结果可知,勘察区为粉砂淤泥质海岸,中值粒径 D_{50} 为 $0.039 \sim 0.069$ mm。在3个海流测站同步25 h连续取悬浮体(间隔1 h)样,在室内进行含沙量分析,得出各站位的悬浮体含沙量。

1.4 广利河口拦门沙航道疏浚方案

经综合考虑,采用2.5 m水深航道设计:(1)起点: $X=4\ 138\ 390$, $Y=20\ 676\ 497$;(2)转折点: $X=4\ 138\ 596$, $Y=20\ 677\ 548$;(3)终点: $X=4\ 137\ 320$, $Y=20\ 683\ 181$;(4)长度:第一段1 066 m,第二段5 685 m,共计6 751 m。航道位置见图3。

1.5 数值模拟及结果

三维数学模型采用了由美国佛吉尼亚海洋研究所(VIMS)开发的HEM-3D模型对开挖后的水动力及悬沙含沙量进行了模拟。该模型是由在早期的环境流体动力学代码(EFDC)的基础上引进了粘性泥

沙、非粘性泥沙运动模型、富营养化过程、污染物的扩散输运过程模型,进一步扩展了植被阻力、岸线边界的干湿判别、波流相互作用边界层以及波浪导致的近岸泥沙输运等,是一个高度集成性的河口海岸三维数学模型。

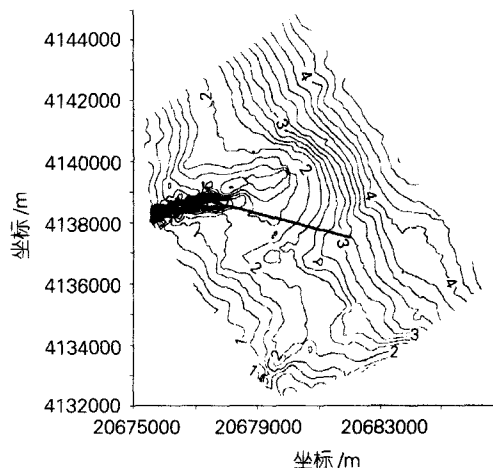


图3 航道位置

Fig. 3 Position of Guangli Channel

图中数值为2002年5月1日实测水深,图中横、纵坐标为大地坐标

Value of water depth measured on May 1, 2002

泥沙输运模型如下式:

$$\partial_z(mHC) + \partial_x(m_yHuC) + \partial_y(m_xHvC) +$$

$$\partial_z(m\omega C) - \partial_z(mW_sC) = \partial_z\left(m\frac{A_b}{H}\partial_zC\right) + Q_E + Q_I$$

垂直边界条件:在自由表面处 $Z=0$ 处:

$$-\frac{A_b}{H}\partial_zC - W_sC = J_0; \text{在海底边界 } Z=1 \text{ 处:}$$

$$-\frac{A_b}{H}\partial_zC - W_sC = 0。$$

其中: u, v 分别为 x, y 方向上的水平流速分量; m_x 和 m_y 分别为 x, y 方向上的尺度变换因子, $m = m_xm_y$; H 为水深; A_b 为扩散系数; C 为悬移质泥沙浓度,泥沙的源汇项分为两个部分,外部源汇项 Q_E 包括点源或非点源的泥沙源汇,内部源汇项 Q_I 主要包括有机悬浮物的分解,絮凝或解絮过程; W_s 为泥沙的沉降速度; J_0 为在 $z=0$ 处的泥沙源汇。

为了方便计算,根据模拟结果,沿着航道设计轴线上取了11个点,模拟出了这11个点的开挖后的悬沙含沙量。

2 广利港拦门沙航道回淤计算

2.1 计算公式

$$P_1 = \frac{\omega S_1 t}{\gamma_0} \left\{ K_1 \left[1 - \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^3 \right] \sin \theta + K_2 \left[1 - \frac{d_1}{2d_2} \left(1 + \frac{d_1}{d_2} \right) \right] \cos \theta \right\}$$

式中: P_1 为航道底面的淤积强度(m); ω 为细颗粒泥沙的絮凝沉降速度(m/s); S_1 为相应于平均水深 d_1 的浅滩水域的平均含沙量(kg/m³); t 为淤积历时; γ_0 为淤积物的干密度; K_1 , K_2 分别为横流和顺流淤积系数, 在缺少现场资料的情况下, 可取 K_1 为 0.35, K_2 为 0.13; d_1 , d_2 分别代表浅滩平均水深和航道开挖后的水深(m); θ 为航道走向与水流流向之间的夹角角度(°)。

2.2 参数选取^[4]

(1) 在海水情况下, 细颗粒泥沙絮凝团的当量粒径约在 0.015~0.03 mm 的范围内, 其相应的沉降速度在 0.01~0.06 cm/s 之间。在采用上式时, 可取 ω 为 0.04~0.05 cm/s, 本文中取 ω 为 0.04 cm/s; (2) γ_0 可按下式计算: $\gamma_0 = 1\,750 D_{50}^{0.183}$ 其中 D_{50} 为淤积物颗粒的中值粒径(mm), γ_0 的单位为 kg/m³; (3) 为

由前面验证可知, 广利港口航道属于在基本处于冲淤平衡状态下的淤泥质浅滩中开挖的进港航道, 所以, 我们采用刘家驹^[3]公式进行计算:

确定航道走向与水流流向之间的夹角 θ , 在近岸浅水地区可以对潮流的流速、流向进行概化处理, 本研究区内的潮流属于往复流, 所以潮流可概化成同等历时的两个主要方向的代表流速。

2.3 航道分段方法

根据航道设计中各点的水深值以及数值模拟所提供的 11 个点的含砂量我们将航道分为 11 段, 各段位置见表 1, 分别计算出 3 年各自的淤积量及总和和 1 年后所需的清淤量, 见结论部分。表 1 为 2,

2.5, 3 m 等深线航道设计分别在第一年、第二年、第三年的淤积强度值。

2.4 计算结果

利用一个潮周期的数据迭代计算, 可以得到这 11 段的 1 年、2 年、3 年的淤积强度(表 1), 3 年内的航道冲淤变化见图 4。

表 1 11 段航道开挖至 2.5 m 后 3 年的淤积强度以及 1 年后的清淤量

Tab.1 The siltation intensity for 3 years and the siltation volume for 1 year after dredging up to 2.5m for 11 channels

分段	X	Y	原水深 (m)	P_1 (m)			3 年总淤积 强度 P (m)	3 年后 水深(m)	1 年后清淤 量(m ³)
				第 1 年	第 2 年	第 3 年			
起点	4138390	20676497							
1	4138465.01	20676885.52	2.26	0.035	0.031	0.026	0.093	2.41	423.6
2	4138596.36	20677548.78	1.70	0.117	0.105	0.094	0.316	2.18	2432.5
3	4138508.12	20677938.93	1.53	0.418	0.275	0.152	0.845	1.67	5537.2
4	4138419.88	20678329.07	0.80	0.779	0.519	0.222	1.521	0.98	11168.1
5	4138243.39	20679109.36	0.50	0.771	0.631	0.388	1.79	0.71	21591.9
6	4138111.03	20679694.58	0.45	0.601	0.544	0.434	1.579	0.93	12565.1
7	4138022.79	20680084.73	0.65	0.560	0.488	0.381	1.429	1.08	7655.3
8	4137934.55	20680474.87	0.95	0.901	0.478	0.136	1.515	0.98	13250.2
9	4137846.3	20680865.02	1.45	0.643	0.291	0.088	1.022	1.48	8961.7
10	4137669.82	20681645.31	1.58	0.537	0.259	0.091	0.887	1.62	14611.3
11	4137324.16	20683180.01	2.18	0.187	0.082	0.031	0.300	2.20	9688.1

3 结论与建议

(1) 从整个区域的潮流场来看, 涨潮流的流向为向岸的西南方向, 落潮流流向为离岸的东北方向, 具

有往复流的性质; (2) 由计算结果以及图 4 可以看出, 开挖后第一年淤积强度较大, 后两年较小, 原水深较小的地方开挖后的回淤强度较大, 8~11 段航道 3 年后几乎淤平, 剩下的航道 3 年的淤积量也较大;

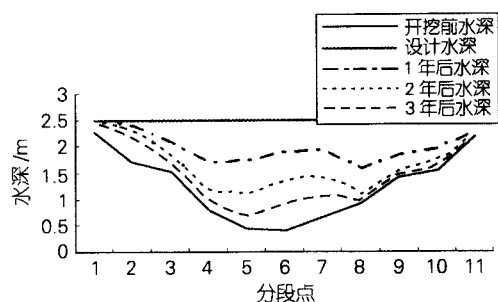


图4 航道3年内冲淤变化

Fig.4 Siltation figure in three years in the channel

(3)根据目前设计方案,建议在疏浚航道的同时将拦门沙上其它潮流通道加以堵截,归流于开挖航道,使其流速增大,加上来往船只的搅动,有利于自然疏通航道;(4)定期对航道清淤,尤其是8~11段,以保证航道足够的水深。建议清淤期为1年,如果航道横断面为梯形,上口宽30m,下底宽15m,原水深 h ,设计水深2.5m,很容易得出公式: $V =$

$\left[\frac{15 P_1}{2(2.5 - h)} + 15 \right] P_1$, 据此公式可以估计出1年后各段所需的清淤量(见表1),由此推算,一年后大约需清除10.8万 m^3 的沉积物;(5)拦门沙发育是粉砂淤泥质海岸普遍性规律,特别是本区是风暴潮增水区(极值增水达2~3m)。在特殊和极端的天气状况(如风暴潮和大浪过程)下,拦门沙的地形会发生明显的变化,航道淤积量将会大幅度增加,这也是工程设计和施工需要重视的问题。

参考文献

- 1 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志第三分册(山东半岛北部和东部海湾). 北京:海洋出版社,1991.18
- 2 中国水利学会泥沙专业委员会. 泥沙手册. 北京:中国环境科学出版社,1992.478
- 3 刘家驹,喻国华. 海岸工程泥沙的研究和应用. 水利水运科学研究,1995(4):221-233
- 4 交通部第一航务工程勘察设计院. 海港水文规范. 北京:人民交通出版社,1998.170

THE ESTIMATION OF SILTATION INTENSITY AFTER DREDGING UP OF THE GUANGLI CHANNEL

CHEN Jing¹ FENG Xiu-Li² LI An-Long² DENG Sheng-Gui² ZHOU Song-Wang²

(¹Environment Science & Engineering College, Ocean University of China, Qingdao, 266003)

(²Marine Geosciences College, Ocean University of China, Qingdao, 266003)

Received: Nov. 6, 2002

Key Words: Siltation, Siltation intensity, Dredged sand volume

Abstract

The development of sand bar near the Guangli port makes marine transportation inconvenient, so the channel needs to be dredged up as soon as possible. But after dredged up, the suspended sand will fill the channel up soon because of change of sea bed landform. This thesis estimates siltation intensity of Guangli channel by the obtained data and the data of numerical simulation, and suggests the dredged sand volume from the channel every year.

(本文编辑:刘珊珊)