

广东省镇海湾出海航道选线的数模研究^{*}

吴志辉,林中源,龚文平*,贾良文

(中山大学 海洋学院,广东 广州 510275)

摘要:镇海湾航道是广东台山市重要的水上进出口通道,现阶段已不能满足通航需求。开发镇海湾航道对减轻珠三角航道压力以及促进当地经济增长具有重要意义,其中合理的航道选线是航道成功开发与维护的关键。本文采用 DELFT 3D 二维波流耦合模型对镇海湾3条备选航道进行比选,并对工程前、后镇海湾水动力以及海底冲淤状况进行了对比研究。研究表明:现状条件下,寨门口段的泥沙为向海输运,而在那扶河内泥沙以向陆输运为主;镇海湾内萍洲岛北侧,泥沙以向陆输运为主,而在萍洲岛西侧,泥沙输运以向海为主。航道开挖后,那扶河内的泥沙回淤量较小,海底以冲刷为主。而在镇海湾内,各个方案的航道在开挖后均出现明显的淤积。位于萍洲岛西侧的西线方案为可能最佳方案,拟选航线与水流顺直,回淤量相对最小。

关键词:DELFT3D;航道;镇海湾

中图分类号:U612.23

文献标识码:A

1 研究区自然条件与本研究概况

镇海湾位于广东省台山市西南部,毗邻珠江三角洲,长达 50 km,由向陆侧的那扶河与向海侧的镇海湾共同构成(图 1)。镇海湾航道是台山市的一条重要水上进出口通道。那扶河为沿海溺谷型潮汐河流,水深情况良好,深槽水深为 4~12 m。如果将那扶河与镇海湾视为一潮汐汉道体系,口门(寨门口)处较大的潮通量可在一定程度上保证潮汐汉道的稳定性。镇海湾位于那扶河的出海口,呈喇叭状,东西宽约 2 500 m,海湾水深约 6~10 m。在湾顶(即寨门口附近)由于落潮三角洲的发育,水深在 2 m 以浅,成为主要的碍航段。湾口有萍洲岛和上、下川岛作为屏障。

根据罗章仁等^[1]可知,研究区全年降水量较大,最大为 3 000 mm,平均为 2 108 mm。全年的风向以 NE(占全年所有风向的 35%)与 SE(占全年所有风向的 28%)风为主,其中 NE 风平均风速为 3.6 m/s,SE 风平均风速为 3 m/s。潮汐为不正规半日潮,平均潮差为 1.30 m,最大潮差为 2.95 m。那扶河内潮流为往复流,流速较大,最大可达 2.5 m/s。镇

^{*} 收稿日期:2015-02-02

资助项目:国家自然科学基金项目——珠江河口湾最大浑浊带的三维动力学研究(41061130542)

作者简介:吴志辉(1991-),男,硕士研究生,主要从事河口海岸方面研究. E-mail:1005876884@qq.com

^{*} 通讯作者:龚文平(1968-),男,教授,博士,博士生导师,主要从事河口海岸动力学方面研究. E-mail:gongwgp@mail.sysu.edu.cn

(王 燕 编辑)

海湾内的流速则较小,一般不高于 0.5 m/s 。洪季时,余流以河口重力环流为主,即表层向海、底层向陆的余流,而枯季时,余流皆以向海为主。洪季时,自那扶河头部向镇海湾存在明显的盐度梯度,垂向平均盐度由 12 增大到 30。研究区表层沉积物分布中,那扶河的上段泥沙粒径较粗,以黏土质砂到细砂为主,而那扶河下段至镇海湾内,沉积物以粉砂质黏土为主。悬沙含量在冬季时一般低于 0.1 kg/m^3 ,而其在洪季时增大到 $0.1 \sim 0.2 \text{ kg/m}^3$,镇海湾内近底层发育有浮泥层。从镇海湾的地貌发育来看,自寨门口向潯州岛存在拦门沙,其水深比周围地形浅 $1 \sim 3 \text{ m}$,这一拦门沙有与潯州岛以北之间连成一片的趋势,从而成为主要的碍航因素。

那扶河及镇海湾航道现阶段全潮可通行 500 吨级船舶,乘潮可通行 1 000 吨级船舶。随着当地经济的快速发展,现有航道已不能满足航运要求,为此,航道亟需扩建。拟选中的扩建航道有 3 条备选航线,分别是西线、东线以及东东线(图 1)。本文只选取全潮通航 3 000 吨级海轮的设计标准(设计水深在 7.7 m ,底宽 75 m),分析不同航线建设后的泥沙回淤情况,综合不同因素,选取相对最为合理的航线。

目前,关于那扶河与镇海湾的水动力与泥沙输运、海底冲淤变化都有一定程度的研究^[1-4],但对镇海湾航道的水动力、泥沙输运与回淤状况的定量研究相对较少。本研究可在一定程度上深化对这一区域水动力、泥沙输运、地貌演变认识,并为港口航道资源的开发提供依据。

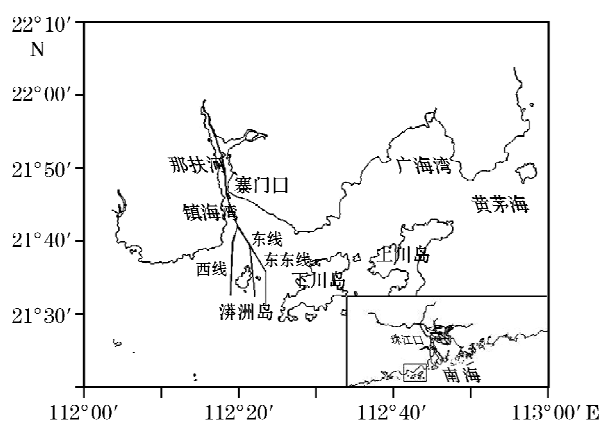


图 1 镇海湾所处地理位置以及 3 条备选航线位置

Fig. 1 Geographical location of the Zhenhai Bay and the positions of three optional channels in the bay

为详细地探讨那扶河与镇海湾的航道扩建问题,本研究进行了大量的野外现场调查(图 2),包括布设了 4 个潮位观测站,进行为期一个月(2013-03)的潮位观测。在大潮期(2013-03-12—13)进行了六船同步的海流、盐度与悬沙观测,并采集了近 100 个海底表层沉积物样品,进行泥沙粒径分析等。基于此,本文采用 DELFT 3D 模型,研究波-流共同作用下研究区二维的水动力、泥沙输运与海底冲淤变化过程,并分析不同航线开挖后航道的泥沙回淤特征,从而为航道的科学选线提供依据。由于研究区内的径流量较小,水体基本呈充分混和状态,所以垂向上的海水盐度变化可以忽略,选取平面二维的模式是可行的。

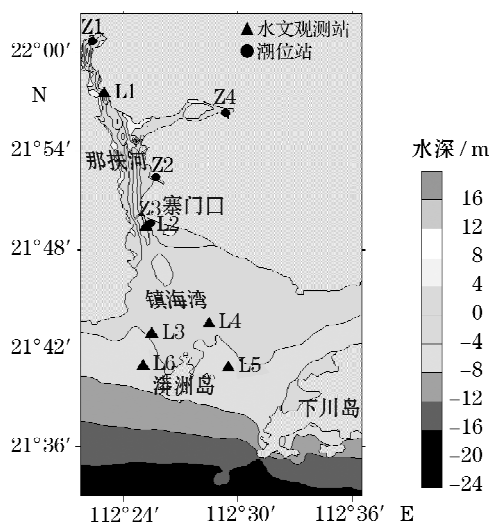


图2 观测站位图

Fig. 2 Locations of the observation stations

2 研究方法

2.1 数值模型

本文采用 DELFT 3D 模型进行相关的数值计算工作。DELFT 3D 由 Delft Hydraulics 开发,是一套耦合波浪、流、泥沙输运与地形演变的模型系统^[4]。模型平面上采用结构网格,垂向上采用 Sigma 坐标。水动力模块采用 ADI 算法,波浪模块采用 SWAN 模型。泥沙输运模块采用 van Rijn 的 SEDTRAN 模式。泥沙输运的计算在流场计算的每个时间步中进行。地形冲淤的更新则有自己的地貌时间步长,一般地形变化的时间步长要远大于流场的时间步长。模型计算中采用地形加速因子,每一泥沙输运步长计算出的地形冲淤变化乘以该加速因子可减少模型的计算时间。DELFT 3D 已在砂质海岸和淤泥质海岸的动力、泥沙输运与地貌演变模拟研究中获得广泛应用^[5-7]。

2.2 模型计算设置

根据研究内容,我们选定了如图 3 所示的网格范围。模型区域东到广海湾与黄茅海的分界处(大致在台山电厂附近),西到镇海湾与海陵湾交界的岬角,向外海至水深 35 m 左右的等深线,向陆到达恩平港附近。网格尺寸为 370×114 ,采用曲线正交网格,使陆边界尽量拟合岸线,另外网格的疏密可根据研究需要确定。在航道附近或地形变化较大的区域及那扶河内,网格空间分辨率最小可达 20 m,外海约为 1 km。由于模型区域足够大,可以最大限度地减少由边界条件(特别是悬沙)不精确导致的误差。

计算所需的水深来源于那扶河内的实测地形数据以及镇海湾 2009 年的海图水深数据。

模型计算中,主要考虑潮汐与波浪的作用。在上游的恩平港附近采用固壁边界,外海采用水位边界,由 8 个主要分潮($Q_1, P_1, K_1, O_1, M_2, S_2, K_2, N_2$)的调和常数计算而来,这些分潮的调和常数来自于美国 Oregon State University 的全球潮汐数据库 TPX07^[8]。同时在外海边界上设定波浪条件,由于在镇海湾内没有波浪观测数据,这些波浪条件是通

通过对珠江口黄茅海内荷包岛附近与上川岛附近的波浪观测资料综合分析获得的。

对泥沙输运模块、表层沉积物样品分析的结果表明,研究区域以细颗粒泥沙为主(粉砂,中值粒径约为 0.05 mm),那扶河内的沉积物粒径相对镇海湾略粗(粉砂至细砂,中值粒径为 0.05~0.10 mm)。为此,我们只模拟了单个粒级的泥沙输运,即黏性泥沙,采用 DELFT 3D 中的黏性泥沙计算公式,模拟悬沙含量。

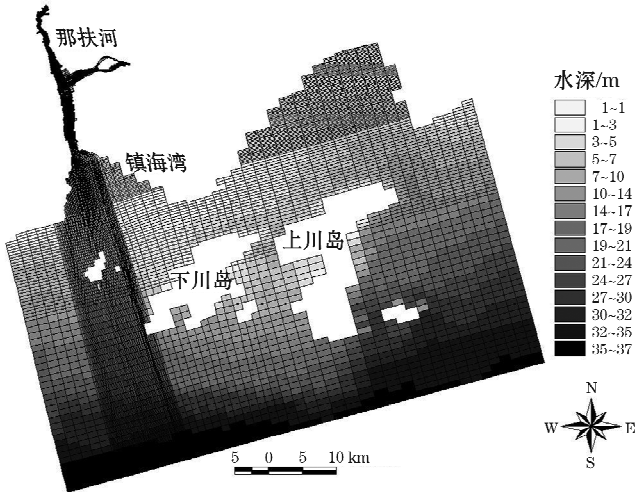


图 3 网格范围及水深
Fig. 3 Grid range and water depth

3 模型的验证

通过调整模型中的底摩擦系数,使计算的潮位、流速与实测值吻合。结果表明,当底摩擦系数为 0.002 8 时,计算结果与实测值的拟合度较好。

水位的验证结果如图 4,模型计算的潮位与实测值的均方根误差在 0.12 m 以内,较好地复演了研究区的潮汐特征。

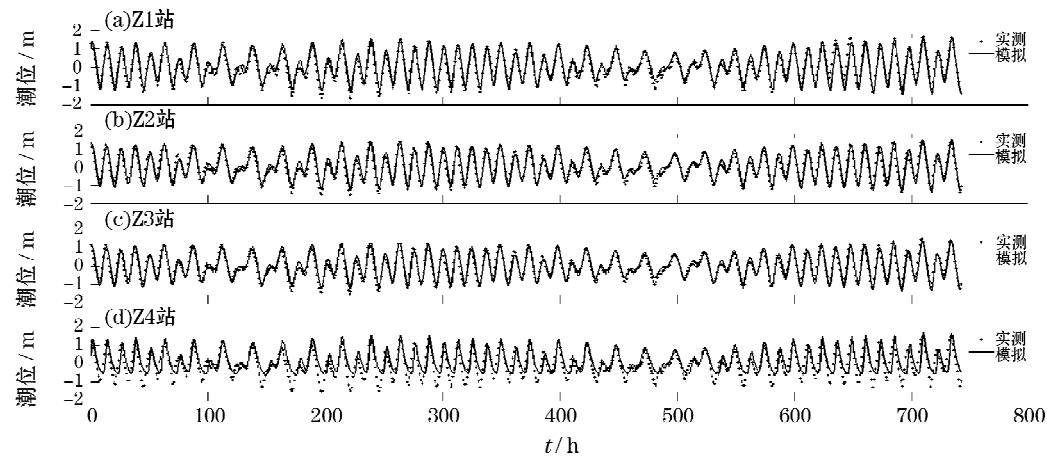


图 4 水位验证结果
Fig. 4 Water level verification

关于流速、流向的验证,给出了其中几个有代表性站位(L2、L4、L5 和 L6)的结果(图 5)。由图可见,实测和模拟的流速大小和流向拟合度较好,说明模型能较好地复演流速与流向的变化过程。其中,在潮汐汉道的 L2 站,模拟的流速略小于实测值,可能是由于网格水深小于局地水深所致。

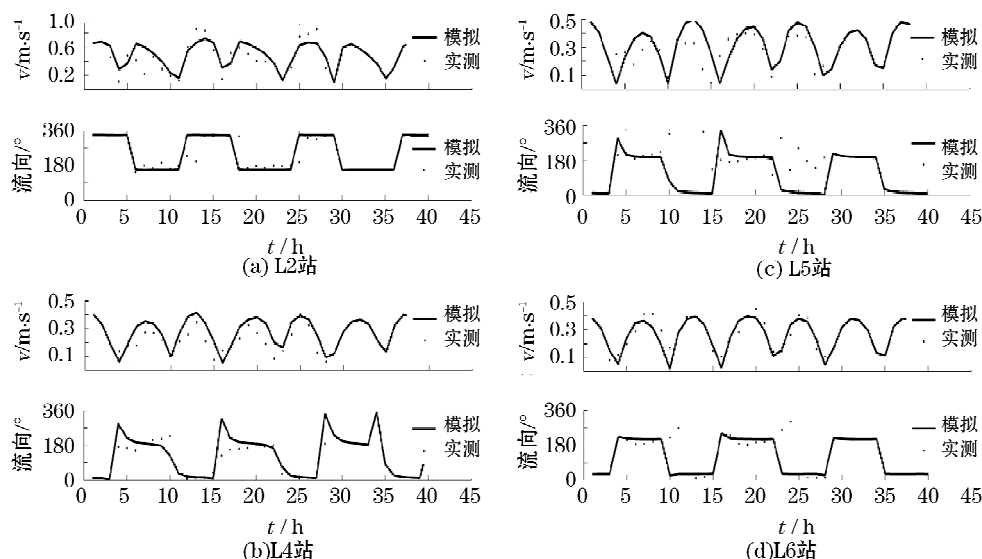


图 5 流速、流向验证结果

Fig. 5 Verifications of current velocity and direction

关于悬沙的验证部分,由于那扶河内的泥沙颗粒较镇海湾粗,所以,在那扶河内采用相对较大的临界侵蚀切应力($0.15 \sim 0.20 \text{ Pa}$),而在镇海湾内采用相对较小的临界侵蚀切应力(0.12 Pa)。当侵蚀系数取 $2 \times 10^{-6} \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时,计算结果与实测值吻合较好。由于观测期间没有外海波浪条件,我们根据风速大致估算了外海的波高与周期,估算得到有效波高为 0.45 m ,有效周期为 3.7 s 。从悬沙含量的验证结果图(图 6)可以看出,在镇海湾内,只有加上波浪的影响才能将悬沙含量的变化模拟好,而在那扶河内,波浪的影响很小。所以在镇海湾内泥沙的输移受波浪作用的影响。

根据 2 个不同年份的实测海图水深数据(2004 与 2009 年),对那扶河与镇海湾的海底冲淤变化进行了对比分析。2009 年与 2004 年水深相比可知(图 7),寨门口附近的落潮三角洲继续发育,淤积幅度为 $0.5 \sim 0.9 \text{ m}$,平均每年淤积为 $0.10 \sim 0.18 \text{ m}$ 。潯洲岛周围的西北侧与东北侧为波影区,同样发生淤积,而潯洲岛与落潮三角洲之间则发生明显的侵蚀,侵蚀幅度约为 0.5 m 。此外,在潯洲岛与下川岛之间,以及潯洲岛西侧,海底也出现淤积。在岸线岬角及岛的岬角附近,侵蚀强烈,最大侵蚀幅度为 1.0 m ,平均每年淤积均为 0.2 m 。

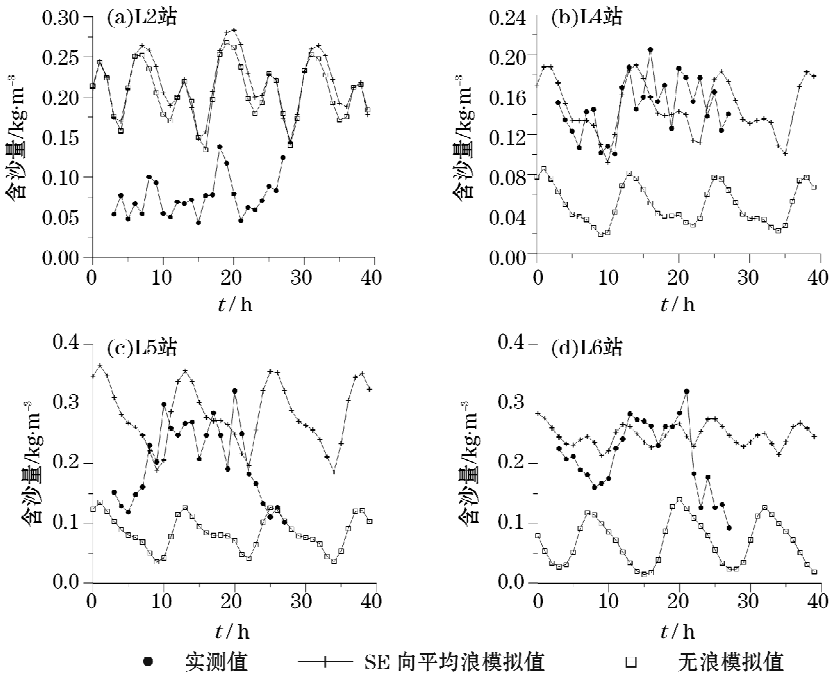
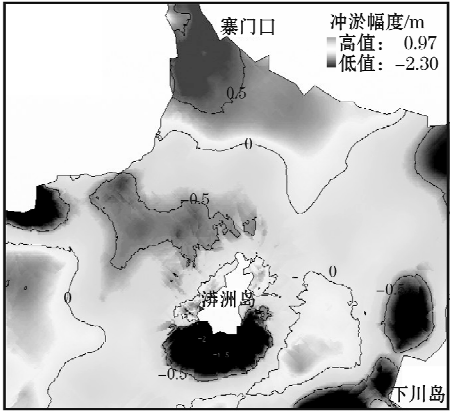


图 6 悬沙含量验证结果

Fig. 6 Verification of suspended sand concentration



注:正值表示淤积,负值表示冲刷

图 7 2009 年与 2014 年水深的对比图

Fig. 7 Comparison of the water depth between 2009 and 2014

基于对潮汐与波浪条件历年变化相对较小的假设,我们采用 2013-03 的边界条件与外动力,其中波浪边界条件为 SE 向平均浪(有效波高 0.7 m,周期为 5 s),连续计算 31 d,在模型计算中,采用地貌加速因子 12,即 1 d 的计算结果可作为 12 d 的冲淤值,这样 31 d 的计算结果基本可看作一年的冲淤变化值(图 8)。可以看出,模型在一定程度上复演了研究区域的海底冲淤变化特征。如寨门口为潮汐汊道的口门、淇洲岛与西侧岸线之间以及淇洲岛与下川岛之间,由于流速较大,均处于冲刷状态。而在淇洲岛的北侧,由于位处

波影区,海底处于淤积状态。这一淤积区从漳州岛北一直延伸到寨门口处的落潮三角洲,与地形对比结果有一定差异,这可能是因为我们持续地采用 SE 向波浪作为动力驱动所致,而实际情况则是各种不同波向的波浪交替作用,因而产生不同的效果,所以实际地形的变化更为复杂。

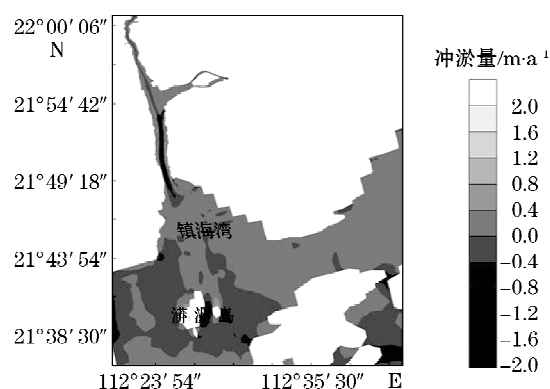


图8 模型计算的海底冲淤变化平面分布

Fig. 8 Horizontal changes of scouring and siltation on the bottom calculated by using the model

4 结果分析

4.1 原场时的动力与泥沙输运特征

4.1.1 原场的潮波特征

选取 L2 站和 L3 站潮位和流速的相位关系来分析镇海湾的潮波类型, L2 站和 L3 站分别位于那扶河出口的口门附近和漳州岛北部的镇海湾内(图 2)。从图 9 可以看出, L2 站和 L3 站的潮位和流速的相位大致相差 90° , 所以工程区的潮波表现为典型的驻波, 这显然是由于恩平港附近坝(或水闸)的存在, 潮波反射与入射波叠加所致。另外, 大潮期为涨潮优势, 小潮期为落潮优势(图略)。

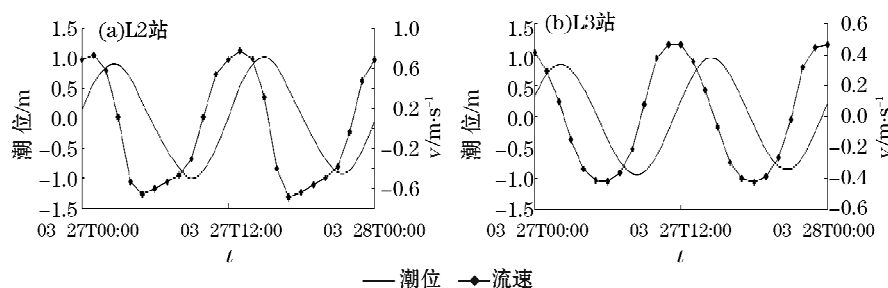


图9 2013 年 L2 和 L3 站的潮位与流速过程

Fig. 9 The time series of water level and current velocity at stations L2 and L3 in 2013

4.1.2 流场特征

选取了那扶河和镇海湾内的若干站点, 绘出原场时的涨、落潮平均流速、流向图(图 10)。从图中可以得知涨、落潮流速、流向的整体变化趋势, 在那扶河内, 涨、落潮流速基本

沿深槽走向,平均涨潮流速均大于落潮流速,表明那扶河为涨潮优势的河道。在镇海湾内,沿着拟选航道的点位(见图 1),西线上涨潮为 NE 向,落潮为 SW 向或 WSW 向,涨潮流速与落潮流速大抵相当,部分站位的落潮流速略大。沿着东线与东东线的流速、流向与西线相似,但落潮流更多偏于 W 向。

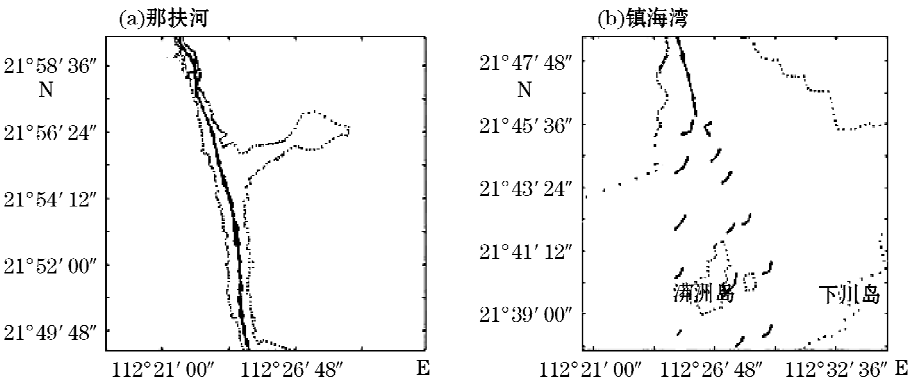


图 10 原场涨落潮流速、流向图

Fig. 10 The flood and ebb current directions under the original conditions

4.1.3 原场的余流特征

将原场连续计算 35 d 的逐时流场进行平均,得出平均流场,可近似看作余流场(图 11 和图 12)。从镇海湾的余流情况来看,沿着近岸基本存在一股自东向西的沿岸流。这一余流与广东沿岸盛行的沿岸流是一致的。

在那扶河出口的口门附近,形成类似于潮汐汉道的余流结构。落潮时出口附近为射流,涨潮时为汇流,一个潮周期平均后,在落潮主流附近形成向海余流,而在射流主轴的东侧形成逆时针的环流(图 12)。这一逆时针环流的形成有利于泥沙的淤积。

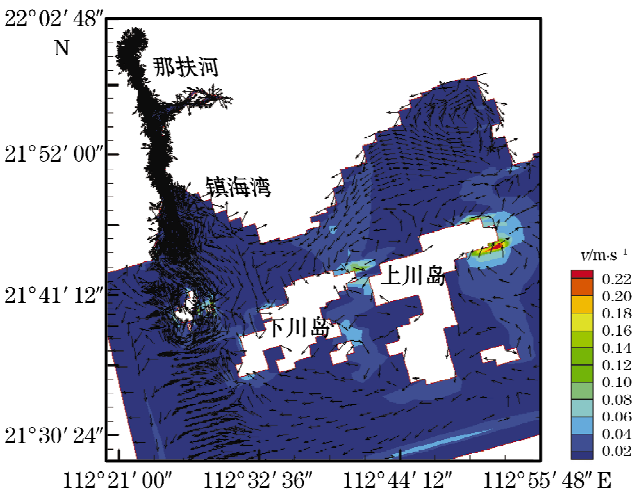
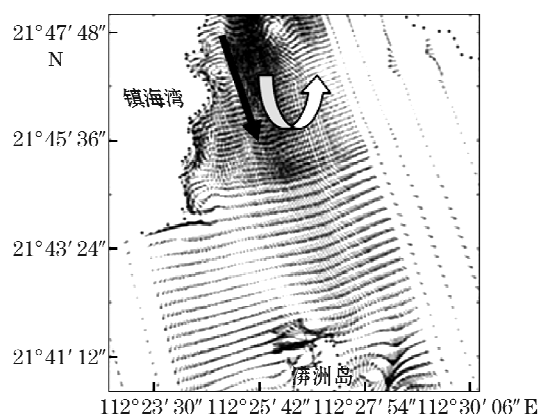


图 11 那扶河和镇海湾的余流场

Fig. 11 The residual current field of Nafu River and Zhenhai Bay



注:黑色箭头表示射流,白色弯箭头表示逆时针环流

图 12 那扶河口门处余流场

Fig. 12 The residual current field of Nafu River Entrance

4.2 工程后水动力与海底侵蚀淤积的模拟结果

4.2.1 流速与流向的变化

工程后与原场相比(图略),那扶河上段的流速显著增大,增大幅度较大的站位在恩平港附近,增大的最大幅度达 60%,主要为由航道浚深后潮通量增大所致。流速减小的站位出现于西线、东线与东东线站位上,减小的最大幅度分别为 7%,22%及 20%,即东线与东东线的减小幅度较大。流速减小的原因为当流向与航道走向有一定交角时,水流侧向从浅滩进入深槽时,断面面积增大,根据连续性方程,流速会相应减小。此外,工程后的流向基本与航道走向一致。由于西线走向与原场时的潮流流向较为一致,而东线与东东线所经过处,原场时的潮流流向与航道走向近乎垂直,因而在东线与东东线的流速减小幅度更为显著。

4.2.2 工程后海底冲淤的变化

在 SE 向平均浪与潮汐的共同作用下工程前后的海底冲淤变化非常明显(图 13)。其中,西、东、东东线航道内在工程后都出现明显的淤积,冲淤量在 1.2 m/a 以内。西线航道内在局部的回淤较大,主要为泥沙被波浪扰动后在航槽内落淤所致。东线与东东线航道内的回淤幅度大抵相当,但回淤强度大的航段相对西线要长。

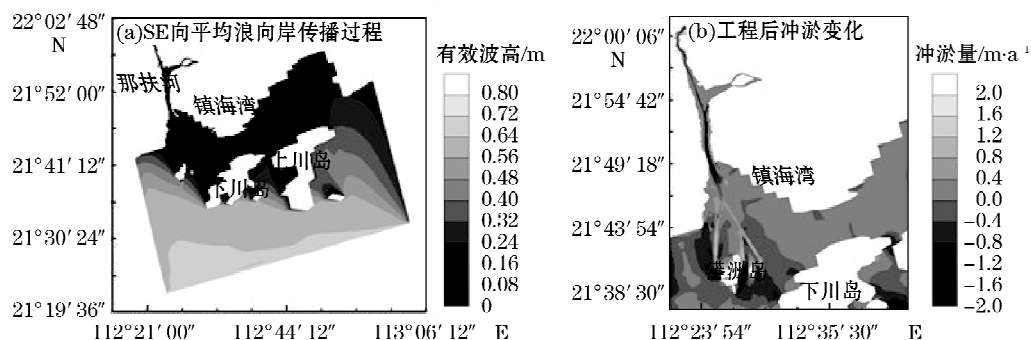


图 13 SE 向平均浪的向岸传播过程和工程后海底冲淤变化

Fig. 13 SE mean wave propagation toward the coast and the scouring and siltation changes on the seafloor after the engineering implementation

在其他波向(S、SW,其波高与周期与 SE 向的类似)波浪与潮汐的共同作用下,工程后的海底冲淤变化的格局基本类似。

4.3 工程后的航道回淤计算

我们分别计算了单纯潮汐作用下,SE、SW、S 向平均浪与潮汐共同作用下的航道回淤量,并按照各个波向出现的频率(SE 向为 60%,SW 与 S 向分别为 20%)进行加权平均,得出全年的泥沙回淤量,结果如表 1 所示。在单纯潮流作用下,东线和东东线的年回淤量约是西线的 3 倍,其中东线的平均回淤强度最大,达到 0.245 m/a;在浪流联合作用下,3 个方案的回淤量和回淤强度都大大增加,西线的年回淤量略大于东线、东东线,而东线的平均回淤强度最大,达到 0.634 m/a。此外,我们还计算了风暴浪作用下航道的骤淤,如表 2 所示,SW、S 向风暴浪下航道的回淤强度大于 SE 向风暴浪。并且,风暴浪下东线的回淤强度大于西线和东东线。

表 1 不同水动力条件下航道回淤量与回淤强度

Table 1 Back silting amount and intensity in the navigation channel under different hydrodynamic conditions

回淤参量	单纯潮流作用			浪流联合作用		
	西 线	东 线	东东线	西 线	东 线	东东线
回淤量/ $\text{m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$	68 218.9	175 550.4	167 510.3	737 953.1	710 900.9	600 574.0
平均回淤强度/ $\text{m} \cdot \text{a}^{-1}$	0.112	0.245	0.153	0.602	0.634	0.405
最大回淤强度/ $\text{m} \cdot \text{a}^{-1}$	0.194	0.549	0.549	1.367	1.406	1.122

表 2 不同风暴浪作用下的航道回淤强度(m/d)

Table 2 Back silting intensity in the channel under different storm waves(m/d)

波 向	西 线		东 线		东东线	
	平均值	最大值	平均值	最大值	平均值	最大值
SW	0.089	0.214	0.113	0.847	0.063	0.852
S	0.089	0.214	0.109	0.847	0.062	0.852
SE	0.073	0.170	0.091	0.678	0.050	0.681

5 结 论

通过前面的研究和分析,我们得到如下的一系列研究结果。

1)各航道选线内的流速分布情况分析表明,西线方案的流速最大,东线与东东线近似,但东线比东东线略大。各航道走向与流向的关系分析表明,西线的走向最为顺畅,其航道走向与流向基本一致,而东线与东东线的航道走向与流向均呈较大交角。

2)泥沙输运的角度分析表明,镇海湾的泥沙输运主要为自东向西方向。沿岸流将珠江口携带的泥沙向西输运是本区的一个泥沙源,但较难用模型加以反映。那扶河内的泥沙输运为浅滩向海,深槽向陆的输运模式。在寨门口附近,河流泥沙向海输运,出口门扩散后形成落潮三角洲,这是主要的碍航因素。在漩洲岛的波影区,泥沙以向陆输运为主。在拟选西线航道经过处,泥沙在单纯潮流作用下以向海输运为主;在波流联合作用下漩洲

岛西侧向海输运(即航线下段),岛后波影区至寨门口(即航线下段)以向陆输运为主。而在东线与东东线经过的区域,无论是在单纯潮流还是在波流联合作用下,泥沙输运都以向岸为主。

3)泥沙回淤量分析表明,在单纯潮流作用下,西线方案的回淤量最小,东线与东东线大抵相当,东线略大。在SE向平均浪作用下,东线方案的回淤量最小,西线略大。在S向平均浪作用下,西线方案的回淤量最大,东东线最小。在SW向平均浪作用下,西线方案的回淤量最小,而东线方案的回淤量最大。将各向波浪与潮流作用下的泥沙回淤量按其出现频率进行加权平均后的结果表明,在平均浪作用下,东东线方案的回淤量相对最小,西线与东线近似。在各向风暴浪作用下,西线方案的骤淤量最小,东线方案的骤淤量最大。

4)总体分析表明,西线方案的现有水深较大,流速大,流向与航线走向一致,水流顺畅,落潮流速大于涨潮流速,余流以向海为主,泥沙输运也以向海方向为主。从实测资料的地形对比分析来看,寨门口附近拦门沙以向东淤积为主,向西方向次之。潮流作用下的泥沙回淤量相对最小,风暴作用下的骤淤量也是最小的。但在S向平均浪作用下,其回淤量相对较大,而在SE、SW向平均浪作用下,其回淤量要么与其他航线相差不大或者相对较小。因此,我们认为西线方案是最佳的。

本项研究中未考虑广东沿岸流对研究区动力与泥沙输运的影响,且在模型中只考虑了单个粒级的泥沙输运,也未将淡水径流所造成的斜压效应加以考虑。这是本次研究的局限所在,但我们认为,这些因素对航道回淤可能不是重要的因素,在初步的研究中将这些因素剔除,应是合理的。

致谢:广东省航道局给予了支持和帮助。

参考文献:

- [1] 罗章仁,应秩甫,杨干然,等. 华南港湾[M]. 广州:中山大学出版社,1992,143-155.
- [2] 赵焕庭. 崖门至漠阳江间港湾式海岸地貌[J]. 海洋与湖沼,1980,11(2):121-133.
- [3] 应秩甫. 粤西沿岸流及其沿岸沉积[J]. 中山大学学报,1999,8(3):85-89.
- [4] 李春初. 华南港湾海岸的地貌特征[J]. 地理学报,1986,41(4):311-320.
- [5] LESSEER G R, ROELVINK J A, VAN KESTER J A T M. Development and validation of a three-dimensional morphological model[J]. Coastal Engineering, 2004, 51: 883-915.
- [6] 龚文平,李昌宇,林国尧,等. DELFT 3D 在离岸人工岛建设中的应用——以海南岛万宁日月湾人工岛为例[J]. 海洋工程, 2009, (3): 35-44.
- [7] ELIAS E P L, CLEVERINGA J, BUISMAN M C, et al. Field and model data analysis of sand transport patterns in Texel Tidal inlet(the Netherlands)[J]. Coastal Engineering, 2006, 53(5-6): 505-529.
- [8] ELIAS E P L, GELFENBAUM G, VAN DER WESTHUYSEN A J. Validation of a coupled wave-flow model in a high-energy setting: the mouth of the Columbia River[J]. Journal of Geophysical Research, 2012, 117, C09011, doi:10.1029/2012JC008105.
- [9] EGBERT G D, EROFEEVA S Y. Efficient inverse modeling of barotropic ocean tides[J]. Journal of Atmospheric & Oceanic Technology, 2002, 19(2): 183-204.

Numerical Modeling Study of the Navigation Route Selection in the Zhenhai Bay, Guangdong Province

WU Zhi-hui, LIN Zhong-yuan, GONG Wen-ping, JIA Liang-wen

(School of Marine Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: The navigation channel in the Zhenhai Bay is an important import and export waterway in Taishan City, Guangdong Province, but at the present it has been insufficient to meet the demands of cargo transportation. Enlarging the navigation channel in the Zhenhai Bay is of great significance both for alleviating the water traffic pressure in the Pearl River Delta and for fostering the local economic development. Therefore, a reasonable selection of navigation route is the key for enlarging and maintaining the channel successfully. For this purpose, the comparison and selection of three optional channels in the Zhenhai Bay are carried out by using DELFT 3D model and a comparative study is done for the hydrodynamic changes and the seafloor scouring and siltation status in the Zhenhai Bay before and after the engineering implementation. The results show that under the present natural conditions, the sediments at the tidal inlet (Zhaimenkou) are transported towards the sea, whereas those in the Nafu River move dominantly landward. The sediments at the northern side of the Mangzhou Island are transported dominantly landward, whereas those at the western side of the island move dominantly seaward. After the dredging of the channel, the sediment siltation in the Nafu River becomes smaller and the bottom there is scoured dominantly. In the Zhenhai Bay, however, all the navigation channels will be deposited significantly with sediments after their dredging. It could possibly be the best choice to select the channel route at the western side of the Mangzhou Island, because the route to be selected there follows well the current direction and the sediment siltation is also relatively smaller.

Key words: DELFT 3D; navigation channel; the Zhenhai Bay