

填海工程建设前后丹东港海域泥沙冲淤变化特征与成因分析

王晓明, 冯秀丽, 田动会, 姜 波, 姜建新, 滕 珊

(海底科学与探测技术教育部重点实验室, 中国海洋大学 海洋地球科学学院, 山东 青岛 266100)

摘要: 利用近年来水深地形数据和 2010 年全潮水文观测资料分析了丹东港海域在填海工程建设前后的冲淤变化特征, 并阐述了冲淤变化的成因, 以对该类型海域海洋工程的选址和海洋环境保护等提供科学依据。研究结果表明, 研究区海底在工程建设前除靠近大东作业区的岬角处冲刷较大外, 其他海域整体冲淤厚度小于 0.2 m/a。工程建设后海底冲淤格局发生重新分布, 主要表现在工程南侧普遍冲刷和东侧航道内及西南侧海域的淤积。利用刘家驹公式计算了工程建设前后的航道回淤强度, 计算结果表明: 工程后 A 点年均淤积厚度减小了 0.09 m, B、C 点年均淤积厚度分别增加了 0.02、0.19 m。Mike21 数值模拟结果显示, 工程建设改变了原来的流场, 造成研究区冲刷悬浮的泥沙在潮流的作用下重新搬运与沉积, 同时波浪场也因工程的影响下蚀海底的能力增强。

关键词: 丹东港; 泥沙冲淤; 数值模拟; 航道淤积

中图分类号: P75 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2017)09-0041-09

DOI: 10.11759/hyxx20161207002

填海造地会导致海域潮流、波浪、泥沙运移等特性的改变, 进而影响海域的冲淤变化^[1]。大东港区已是丹东地区的核心港区, 随着区域经济的不断发展, 其未来将成为综合性国际港区。近年来, 我国沿海各城市的区域建设用海项目逐渐增多, 填海工程可解决土地问题, 促进经济发展, 但同时会影响海域水动力和海底冲淤环境, 使海域水流流速、流向等发生变化, 改变海域的潮流运动和泥沙运移特性, 引起泥沙冲淤环境的变化, 形成新的冲淤变化趋势, 从而对围填海附近的海岸淤蚀、海底地形、港口航道淤积、河口冲淤等带来影响^[2-3]。前人关于填海工程对海洋环境的影响研究较多, 冯秀丽等^[4]研究了威海靖海湾港区张家埠新港建设对海域泥沙冲淤的影响, 结果表明在引堤透空段附近和防波堤端头冲刷较严重。周广镇、宋渥等^[5-6]研究了莱州湾东岸近岸海域、凤凰岛东侧海域规划围填海后的泥沙冲淤演变, 刘潇等^[7]研究了港口工程影响下莱州湾西南侧海域水动力演化特征。不少学者对鸭绿江河口浅滩的沉积动力特征与地貌体系、河口地貌的形成与演变及其对港口建设的影响^[8-9]等方面作过研究, 为本次了解研究区的地质环境提供了参考。但针对本次填海工程对周围海底地形产生的影响研究较少, 本文根据研究区工程建设前后的区域水深资料和近几年的断面水深, 分析了丹东港工程建设对海域冲淤环境的影响, 并在此基础上分析了其主要影响因

素及航道回淤强度, 对保护周边海洋环境、合理开发和利用海洋资源具有一定的理论和实际意义, 为今后该类型海域海洋工程的选址和海洋环境保护等提供科学依据。

1 研究区概况

研究区位于东港市南部, 鸭绿江入海口西岸, 南临黄海, 东与朝鲜半岛隔江相望^[10]。2010 年丹东港区在已批复和正在办理的填海项目基础上继续向海域延伸, 新建 3 个挖入式港池, 截至 2012 年外围围堰工程已完成。研究区波浪主要是小风区的风成浪, 涌浪较少。潮汐为正规半日潮, 主要为太阴半日分潮, 平均潮差 4.51 m, 最大潮差 7.60 m, 潮流往复流性质比较明显, 海域涨潮流向为 N—NNE, 约 8°~69°, 落潮流向为 SSW—S, 约 170°~239°^[11], 研究区海底地形除鸭绿江主要出航航道内水深较深外, 其余均为-5 m 以浅的近岸浅滩, 滩面较宽且凹凸不平, 坡度较小, 平均约为 1.2‰^[12]。填海工程位于浅海滩涂, 在两个深水航道(主航道和西南航道)之间, 水深

收稿日期: 2016-12-07; 修回日期: 2017-01-09

基金项目: 海洋公益专项(201005009)

[Foundation: National Sea Welfare Project, No.201005009]

作者简介: 王晓明(1992-), 女, 山东威海人, 硕士在读, 主要从事海洋环境地质与工程方面研究, E-mail: 1208843538@qq.com; 冯秀丽(1962-), 通信作者, 教授, E-mail: fengxiuli@ouc.edu.cn

多在-2 m 以浅, 港池处有深水槽, 水深稍大, 中心处水深大于 2 m(研究区位置如图 1 所示)。

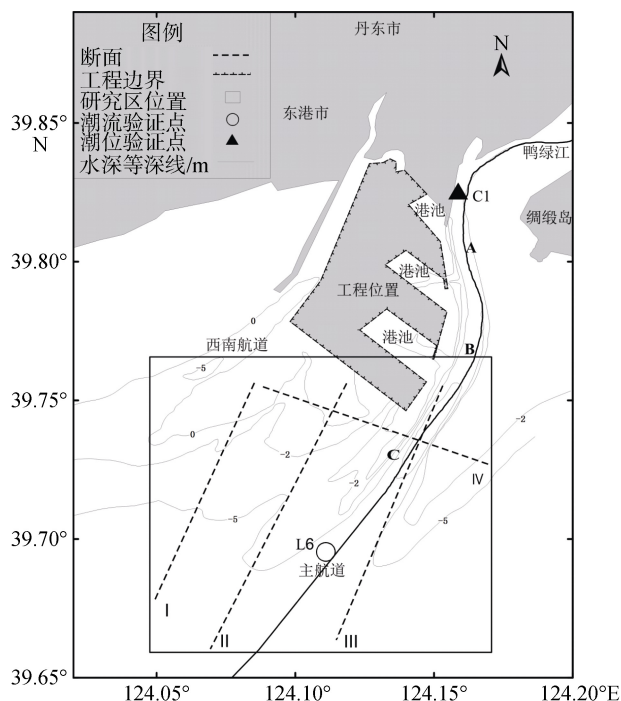


图 1 研究区地理位置

Fig.1 Location of the study area

2 资料来源与方法

本文收集了中国人民解放军海军司令部航海保证部于 2010 年 10 月出版的丹东大东港区附近 1:

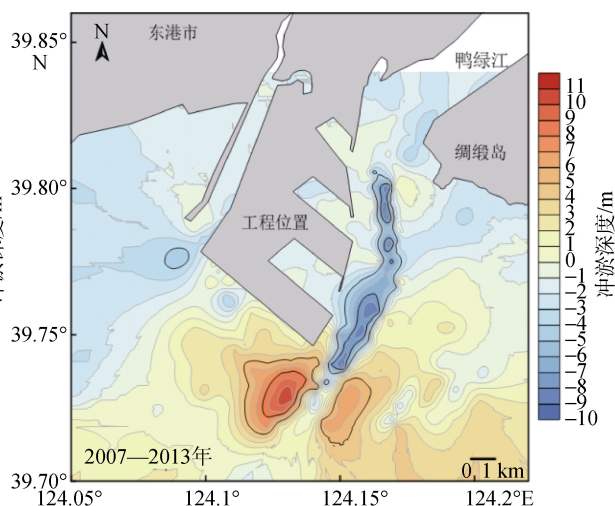
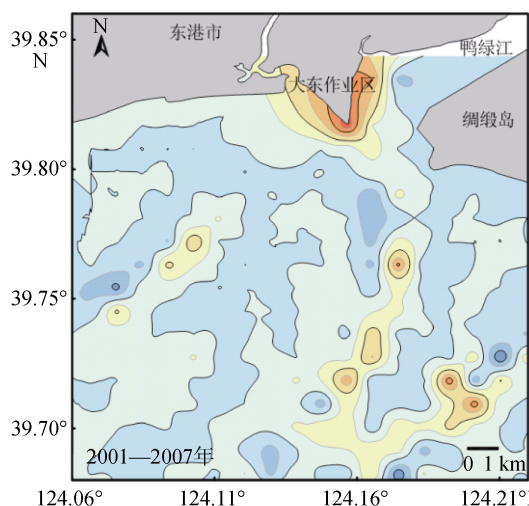


图 2 2001—2007 年和 2007—2013 年冲淤变化图

Fig.2 The erosion and deposition between 2001—2007 and 2007—2013 of the study area

从图 2 可以看出工程建设前 2001—2007 年研究区大东作业区岬角处冲刷最为严重, 冲刷深度 1~5 m

25000 海图(图号 11131, 工程附近水深数据的测量时间为 2001 年)、工程建设前研究区 2007 年(1:6 万)的水深数据(为当地理论基准面)和中国海洋大学于工程建设后 2013 年 5 月利用中海达双频测深仪对研究区南侧 8 km 范围内进行 1:6 万的水深测量数据(改正到当地理论基准面), 将同点位置的水深值相减绘制了研究区海底冲淤图和典型断面水深变化图, 利用刘家驹公式计算了工程建设前后的航道淤积。为查明工程建设对周围流场的影响, 利用 MIKE21 数值模拟软件对工程建设前后涨、落潮流流场的变化情况进行了模拟, 并利用工程附近海域 2010 年 9 月 22 日至 10 月 3 日进行的全潮水文测验数据对模拟结果进行验证。

3 研究结果

3.1 研究区海底冲淤变化特征

3.1.1 整体冲淤变化

泥沙受到波浪、潮流的作用, 在水体中会呈现悬浮、沉积以及再悬浮的状态, 而水体中的悬浮泥沙变为底床沉积物的过程为泥沙淤积, 已沉积泥沙被搬运向水体转移的过程为泥沙侵蚀^[13]。海域泥沙冲淤可通过该海域的水深变化来反映, 因此, 利用 Surfer 软件插值形成水深网格, 插值后利用两期水深“作差”得到研究区冲淤变化图(所用的水深值为正值, 两者相减, 正值为冲刷, 反之为淤积), 插值方法为 kringing 方法, 绘制了工程建设前(2001—2007 年)和工程建设后(2007—2013 年)研究区海底冲淤图(图 2)。

左右。大东作业区西南侧 6~8 km 和东南侧 5~10 km 区域内出现 1~3 m 的淤积, 该区域分别靠近丹东港

西南航道和主航道,淤积量较大,其他海域冲淤厚度在0~1 m基本处于较稳定状态。工程建设后2007—2013年研究区整体处于冲刷状态,受工程建设的影响,工程南侧出现0~4 m的冲刷,最大冲刷厚度位于离工程1~3.5 km区域,达5 m以上,泥沙淤积区主要集中在工程东侧和西南侧,工程西南侧1.3 km区域内出现1~3 m的淤积,东侧主航道局部内出现4 m以

上的淤积,其他海域淤积厚度小于2 m。

3.1.2 断面水深变化

研究区四条典型断面水深变化如图3所示(断面位置见图1)。断面Ⅰ位于工程西南侧,长约9 km;断面Ⅱ位于工程南侧,长约11 km;断面Ⅲ位于工程东侧,研究区出海航道内,长约10 km;断面Ⅳ位于工程南侧,近东西走向,长约9 km。

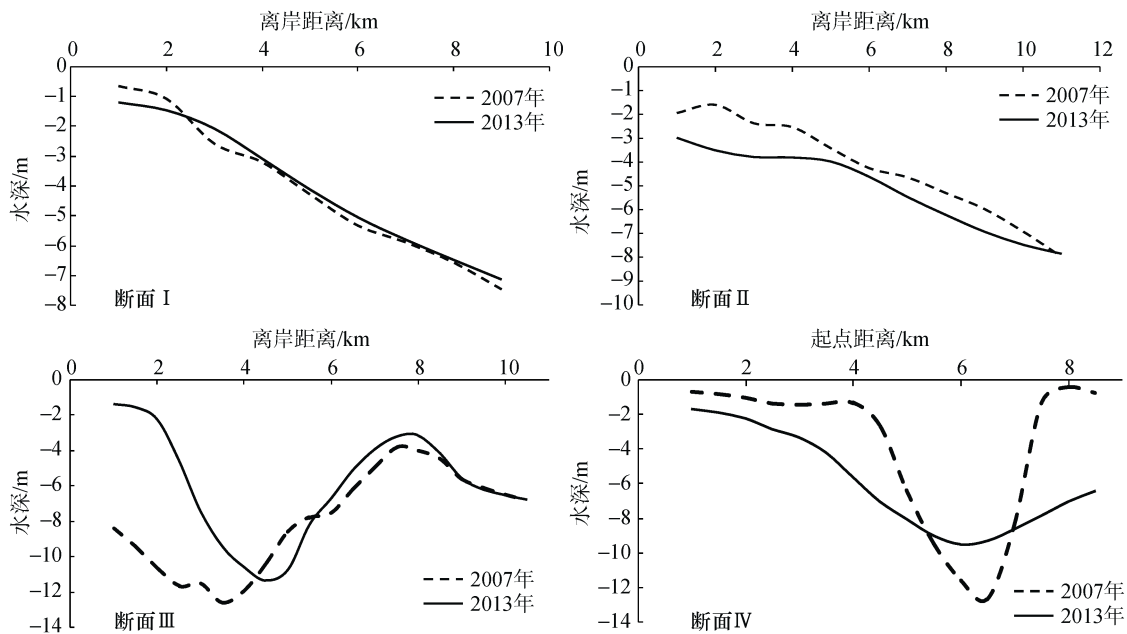


图3 典型断面水深变化对比图

Fig.3 Water depth variation of typical section

由图3可看出,工程建设后研究区海域均有不同程度的冲淤,断面Ⅰ的海底地形剖面从2007年至今可分为两段,即离岸2.2 km以近水深-2 m以浅的近岸浅滩和2.2 km以远水深在-2~-8 m的水下斜坡,2007—2013年间近岸浅滩发生冲刷,平均冲刷深度0.7 m,泥沙淤积在2.2~4 km区域内,淤积厚度在0.9 m左右,4 km以外区域水深变化较小,海底冲淤不明显。断面Ⅱ的海底地形剖面也分为两段,即离岸4.3 km以近的近岸浅滩和以远的水下斜坡,2007年时在水深-3 m以内的浅滩到2013年已不同程度被侵蚀,侵蚀深度在0.5~2 m,2007年时离岸6 km以远水深在-4.3~-8 m区域略微上凸的斜坡到2013年已演变为较平缓的斜坡,平均下蚀深度1 m。断面Ⅲ离工程和主航道较近,受航道及工程施工影响,工程建设前后靠近工程海域水深变化较复杂,离岸0~4 km区域内呈淤积状态,最大淤积厚度可达7 m,离岸4~5.5 km区域内有0~1.2 m的冲刷,5.5 km以外区域最大淤积厚

度小于1 m,向海方向呈减小趋势。由断面Ⅳ可看出工程建设后航道向西偏移了约200 m,两侧浅滩呈冲刷状态,最大冲刷深度可达5 m,一方面由于浅滩侵蚀泥沙随潮流淤积在航道内,另一方面受工程施工影响,工程建设后航道内局部最大淤积厚度可达3.5 m。

综上所述,无论是空间还是剖面变化的结果都可认为工程建设对研究区海底地形带来了较大变化,主要表现在工程南侧普遍冲刷和东侧航道内的淤积。研究区近10多年来的海底地形冲淤变化,一方面可能是受海岸带海岸工程建设活动的影响,另一方面受现代海洋动力作用与海岸地貌形态之间的不断自适应调整,使得海底地形处于一种动态变化过程中。

3.2 航道回淤计算

研究区的泥沙运动受海底地形、泥沙来源、潮流、波浪、人类活动等多种因素的共同影响,是一个复杂的动力地貌过程。正常天气下,水流跨越航道,流速减小、挟沙能力下降导致的悬沙落淤是航道淤

积的主要原因,其中海底侵蚀来沙和河流来沙是航道淤积的主要泥沙来源^[14]。由于丹东填海工程对海域泥沙冲淤的影响主要表现在工程附近海域,对较远海域影响较小,所以本文选择离工程较近航道进行泥沙回淤计算。

泥沙淤积方式可分为悬沙淤积和底沙淤积两部分,当底质中值粒径小于 0.05 mm 时,认为航道会主要以悬沙落淤为主。根据研究区沉积物特征在丹东港主航道内选取有代表性的 A、B、C 三点(如图 1 所示)采用《海港水文规范》^[15]推荐的刘家驹公式计算了工程建设前后航道淤积,公式如下:

$$P = \frac{\omega ST}{\gamma} \left\{ K_1 \left[1 - \left(\frac{H_1}{H_2} \right)^3 \right] \sin \theta + K_2 \left[1 - \frac{H_1}{2H_2} \left(1 + \frac{H_1}{H_2} \right) \right] \cos \theta \right\}$$

式中, P 为航道底面的年回淤强度,单位为 m/a; ω 为泥沙沉速,单位为 m/s, 根据《海港水文规范》细颗粒泥沙絮凝团的当量粒径在 0.015~0.03 mm 时, ω 取 0.04~0.05 cm/s; S 为相对于平均水深 H_1 的浅滩水域的平均含沙量,计算取 2010 年全潮水文测验的涨落潮平均含沙量(表 1), 单位为 kg/m³; T 为淤积时间,单位为 s; H_1 、 H_2 分别为滩面水深和航道开挖后的水深,分别取工程前 2007 年和工程后 2013 年的滩面和航道水深,单位为 m; K_1 、 K_2 分别为横流和顺流淤积系数,根据《海港水文规范》 K_1 取 0.35, K_2 取 0.13; θ 为水流流向与航道走向的夹角,单位为(°); γ 为淤积物的干密度利用公式 $\gamma = 1750 D_{50}^{0.183}$ 计算(D_{50} 为中值粒径),单位为 kg/m³, 计算结果如表 2 所示。

表 1 实测涨落潮平均含沙量^[10]

Tab.1 Average sediment concentration at ebb and flow

航道 代表点	平均含沙量(kg/m ³)			
	大潮		小潮	
	涨潮	落潮	涨潮	落潮
A	0.141	0.174	0.030	0.040
B	0.054	0.090	0.017	0.024
C	0.044	0.056	0.073	0.039

表 2 工程建设前后航道年淤积厚度对比

Tab.2 Comparison of the rate of channel silt before and after the construction of reclamation project

航道代表点	年淤积厚度(m/a)	
	工程建设前	工程建设后
A	0.47	0.38
B	0.09	0.11
C	0.12	0.31

计算结果表明:工程建设后 A 点年均淤积厚度较工程建设前变小了 0.09 m, B、C 年均淤积厚度较工程建设前均有变大, 每年分别增加 0.02 m 和 0.19 m。

4 冲淤变化成因分析

4.1 泥沙来源

鸭绿江河口为呈“二级分叉, 三口入海”形势的分叉型河口, 研究区位于其西侧, 从 20 世纪 70 年代来, 鸭绿江的年平均径流量和输沙量明显减少, 多年平均输沙量在 159.1×10⁴ t, 而鸭绿江水沙的年内分配极不均匀, 6—9 月汛期时的输沙量约占全年总量的 80%以上^[16]。20 世纪因人为因素, 研究区鸭绿江河口现在已变成海湾型潮汐水道, 为典型的潮汐海湾地形, 仅高潮时可与鸭绿江干流相通, 仅有少部分悬沙可随潮扩散至研究区海域。历史上形成的滩地在高潮时会不同程度的被淹没, 形成“涨潮时潮流分散消能, 落潮时潮流归槽集注”的状态。海域泥沙主要以波浪掀沙, 潮流挟沙为主, 南部入海口处浅滩侵蚀来沙和上游滩地落潮归槽所带来的泥沙是研究区海域的主要泥沙来源^[10]。

4.2 潮流对冲淤的影响

在自然状态下, 近岸海域的水动力和泥沙输运会处于一个动态平衡的状态, 而大规模的海洋工程建设会对周边海域的水动力产生重要影响, 从而打破这个平衡, 使工程附近海域的动力环境趋于另一种动态平衡^[17]。利用丹麦水力学研究所研制的平面二维数值模型 MIKE21 Flow Model 对工程建设前后研究区潮流场进行预测分析, 该模型采用可随意控制疏密的非结构三角网格剖分计算域和标准 Galerkin 有限元法进行水平空间离散^[7]。工程建设前后数值模型的水深岸线数据分别采用丹东港海图(图号 11131, 比例尺 1:25000)和实测水深测量资料, 并利用工程附近海域 2010 年 9 月 22 日至 10 月 3 日进行的全潮水文测验数据对模拟结果进行验证, 以大东港(C1)潮位验证点及 L6 号潮流验证点为例(位置见图 1), 给出数值模拟与实测潮流的验证结果, 潮位验证曲线如图 4 所示, 潮流验证曲线如图 5 所示, 验证结果表明, 模拟结果与实测数据基本吻合, 能够模拟研究区海域的潮流运动特性。流场模拟结果如图 6、图 7 所示, 根据工程建设前后研究区潮流数值模拟结果, 将工程建设前后的周边海域潮流流速进行对比, 得到潮流流速变化(变化值与现状流速的比值, 正值代表流速增大, 负值代

表流速减小)范围图(如图 8 所示), 研究本次填海工程对研究区海洋水动力环境的影响。

由图 6、图 7 可看出: 工程建设前研究区涨潮流整体由 SW 向 NE 流, 流速普遍在 0.5~1.0 m/s 之间。落潮流整体由 NE 向 SW 流, 流速较涨潮流流速较大, 为 0.6~1.0 m/s。工程建设后, 由于工程的阻挡, 研究区涨潮流整体由 S 向 N 流, 潮流在工程南侧转为 SE-NW 向, 落潮流沿工程在其南侧汇聚, 由 NNE 向 SSW 流, 研究区西南侧海域流速较工程前小, 工程建设后流速普遍在 0.7 m/s 以下, 东侧主航道内流速较工程前大, 最大可达 1.5 m/s。由于工程对研究区涨潮流的阻挡作用, 使涨潮流沿工程南侧由 SE 向 NW 流, 流速逐渐变小, 有利于潮流携带的泥沙淤积, 在工程西南侧形成 1~3 m 的淤积。工程建设后, 研究区落潮流沿工程在其南侧汇聚, 流速增大, 携带泥沙能力增强, 被波浪掀起的工程南部浅滩泥沙容易

随涨、落潮流运移, 这与断面的水深变化较一致。由工程建设后潮流流速变化图可看出工程建设后研究区西南侧海域潮流流速明显减小, 工程导流作用使靠近工程东侧范围内流速增加, 启动泥沙, 当落潮流流过工程时, 过水断面展宽, 并沿工程南部转向, 流速减小, 有利于落潮流携带的鸭绿江口浅滩泥沙淤积在此, 能够很好地解释断面的海底水深变化特征。而从工程建设前后的航道悬沙回淤计算结果中也可看出, A 点由于受鸭绿江口浅滩泥沙影响, 航道年淤积厚度较大, 模拟结果显示工程建设后研究区东侧主航道内流速增大, 向海方向流速逐渐减小, 泥沙在潮流作用下, 随落潮流运移至航道下段, 使 A 点年淤积厚度较工程前变小, B、C 点年淤积厚度变大。另一方面, 由于工程建设后工程附近南部海域滩面泥沙容易随涨落潮流运移, 使 C 点航道淤积强度较 B 点大。可见, 潮流是该海区输沙的主要动力。

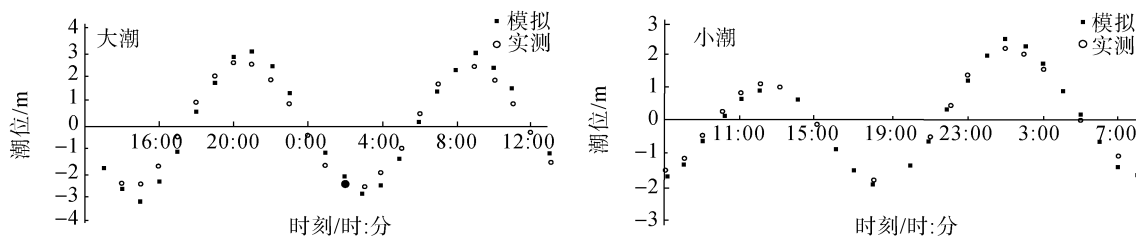


图 4 C1 站潮位验证曲线

Fig.4 Verification of tide level at the C1 station

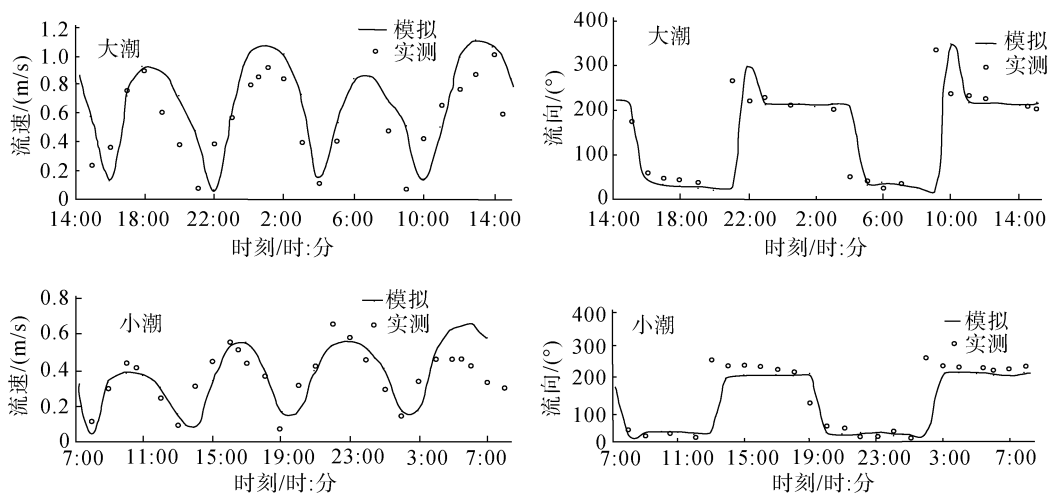


图 5 L6 站流速、流向验证曲线

Fig.5 Verification of current speed and direction at the L6 station

4.3 波浪对冲淤的影响

研究区潮流场模拟结果显示, 由于工程建设的影响, 无论涨潮流还是落潮流都会发生流速、流向的变

化。此外, 海底还受到波浪的淘洗。已有调查资料表明, 研究区海域常浪向和强浪向为 SSE 向, 出现频率为 34.7%, S 向为次常浪向, 出现频率为 29.1%, 波高小于 0.4 m 年出现频率为 13%, 0.5~1.4 m 的频率为

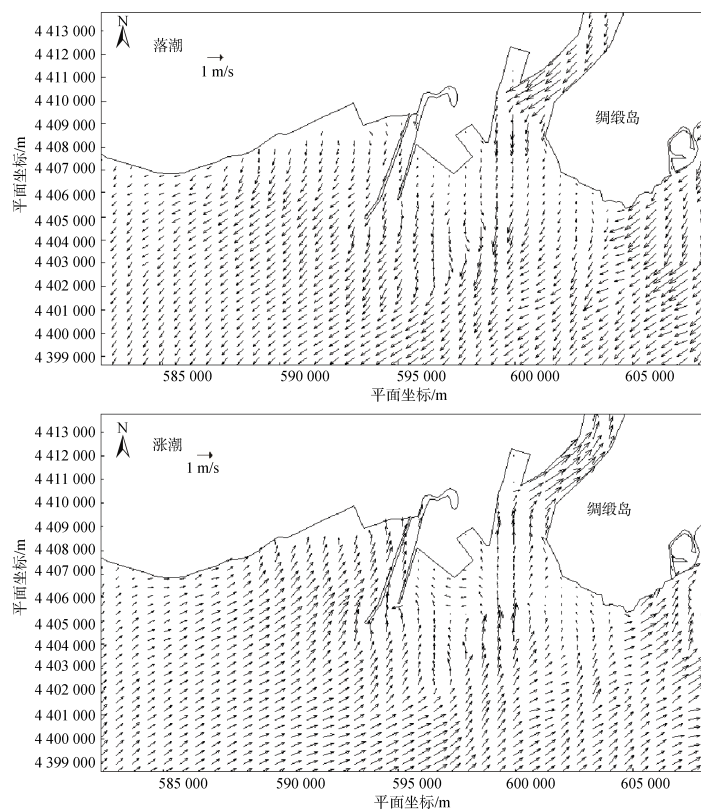


图 6 工程建设前潮流场图

Fig.6 The tidal current field before the construction of reclamation project

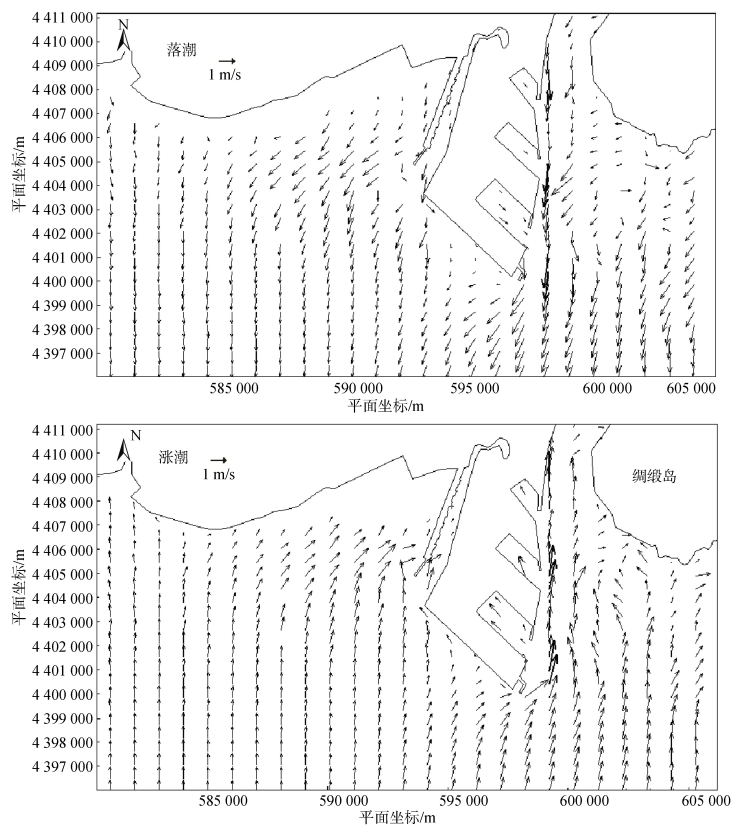


图 7 工程建设后潮流场图

Fig.7 The tidal current field after the construction of reclamation project

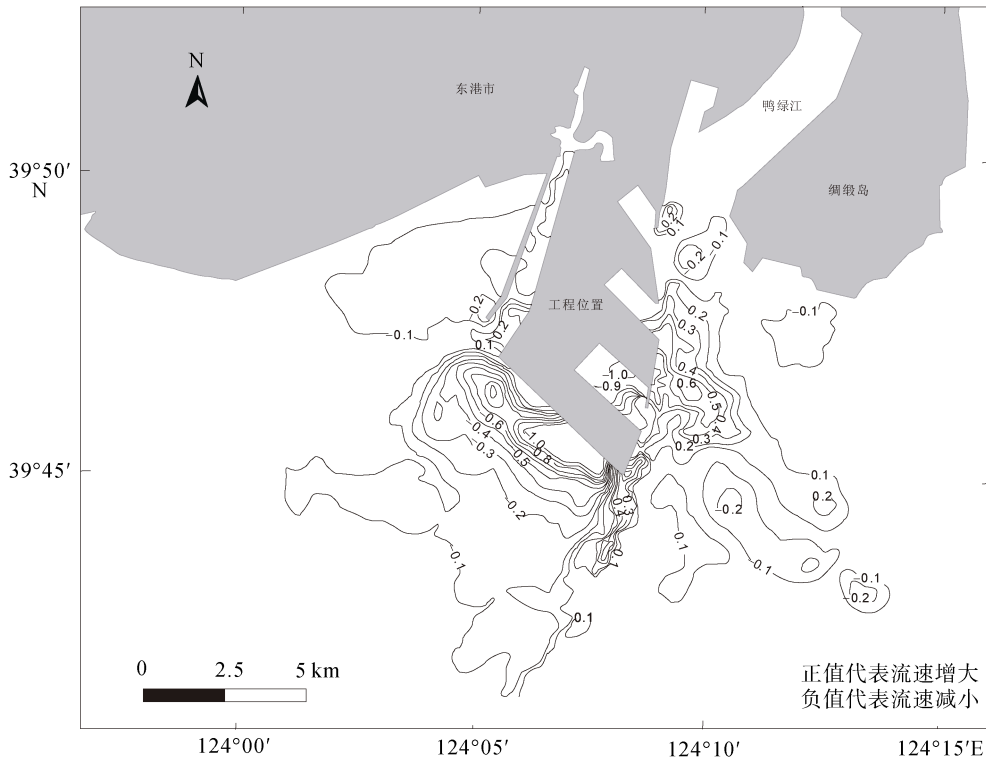


图 8 潮流流速变化图

Fig.8 Flow velocity changes

20.5%, 1.4~2.9m 的出现频率为 1.3%, 浪向集中在 SSE 和 S 方向^[18]。工程建设后, 当 SSE、S 向波浪来袭时, 由于工程建设向海延伸, 在工程南侧波浪辐聚, 波能增大, 能量增强, 滩面下蚀加剧, 导致工程南侧海域形成严重的侵蚀, 波浪是造成该海区泥沙悬浮的主要原因。

综上所述, 工程的建设改变了研究区海域原有的潮流场和波浪场, 导致工程东侧的流速增大、南侧流速减小和流向的改变, 当 SSE、S 向波浪来袭时, 由于工程的建设导致南侧波浪加强, 增加了其扰动滩面的能力。在波流共同作用下, 研究区海底的冲淤格局发生了重新分布。

5 结论

1) 研究区海底在工程建设前除靠近大东作业区的岬角处冲刷量较大, 海域整体冲淤厚度小于 0.2 m/a。工程建设后, 2007—2013 年工程南侧出现 0~4 m 的冲刷, 最大冲刷深度可达 5 m 以上, 泥沙淤积区主要集中在工程西南侧和出海航道内, 主航道内局部最大淤积厚度为 4 m 多, 其他海域淤积厚度小于 2 m。

2) 在丹东港主航道内选取有代表性的 A、B、C

三点采用刘家驹公式计算工程建设前后的航道悬沙回淤量, 计算结果表明: 工程建设后 A 点年均淤积厚度减小了 0.09 m, B、C 点年均淤积厚度分别增加了 0.02、0.19m。

3) 工程建设后研究区潮流场和波浪场发生重大的变化, 是引起海底冲淤格局重新分布的重要原因。

参考文献:

- [1] 张泽华. 海阳港建设对砂质海岸影响的研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2012.
Zhang Zehua. Study on impacts of the Haiyang Harbor's construction on the sandy coast[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2012.
- [2] 胡小颖, 周兴华, 刘峰. 关于围填海造地引发环境问题的研究及管理对策的探讨[J]. 海洋开发与管理, 2009, 26(10): 80-86.
Hu Xiaoying, Zhou Xinghua, Liu Feng. Discussion on environment problems caused by reclamation and management countermeasures[J]. Ocean Development and Management, 2009, 26(10): 80-86.
- [3] 张明慧, 陈昌平, 索安宁, 等. 围填海的海洋环境影响国内外研究进展[J]. 生态环境学报, 2012, 21(8): 1509-1513.
Zhang Minghui, Chen Changping, Suo Anning. Ecol-

- ogy and enironmental sciences international advance of sea areas reclamation impact on marine environment[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2012, 21(8): 1509-1513.
- [4] 冯秀丽, 隋倩倩, 林霖, 等. 威海靖海湾港区张家埠新港建设对泥沙冲淤影响预测分析[J]. 海洋科学, 2011, 35 (3): 72-76.
Feng Xiuli, Sui Qianqian, Lin Lin. Prediction of sediment souring and depositing driven by Zhangjiabu new port construction at Jinghai Bay at Weihai[J]. Marine Sciences, 2011, 35 (3): 72-76.
- [5] 宋涅. 凤凰岛东侧海域冲淤演变及其应用[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2014.
Song Sheng. Evolution of erosion and deposition in the eastern sea of Fenghuang Island and the application[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2014.
- [6] 周广镇, 冯秀丽, 刘杰, 等. 莱州湾东岸近岸海域规划围填海后冲淤演变预测[J]. 海洋科学, 2014, 38(1): 15-19.
Zhou Guangzhen, Feng Xiuli, Liu Jie, et al. Prediction of erosion evolution and deposition in the east coast of the Laizhou Bay after the implementation of the coastal planning[J]. Marine Sciences, 2014, 38(1): 15-19.
- [7] 刘潇, 冯秀丽, 刘杰. 港口工程影响下莱州湾西南侧海域水动力演化特征[J]. 海洋科学, 2016, 40(3): 138-145.
Liu Xiao, Feng Xiuli, Liu Jie. Hydrodynamic evolution characteristics of southwest Laizhou Bay under the effect of port construction[J]. Marine Sciences, 2016, 40(3): 138-145.
- [8] 程岩, 毕连信. 鸭绿江河口浅滩的基本特征和动态变化[J]. 泥沙研究, 2002, 3: 59-63.
Cheng Yan, Bi Lianxin. Primary character and motive change of shallow beach in Yalu River mouth[J]. Journal of Sediment Research, 2002, 3: 59-63.
- [9] 程岩. 鸭绿江河口地貌的形成、演变与港口建设[J]. 海岸工程, 1988, 7(1): 28-36.
Cheng Yan. Formation and evolution on geomorphology of Yalu River mouth and harbor construction[J]. Coastal Engineering, 1988, 7(1): 28-36.
- [10] 刘红, 张华, 张寒元, 等. 泥沙粒度对航道回淤的指示——以丹东港出海航道为例[J]. 中国港湾建设, 2014, 1: 14-21.
Liu Hong, Zhang Hua, Zhang Hanyuan, et al. Waterway siltation indicated by grain size distribution—Case study of Dandong waterway[J]. China Harbour Engineering, 2014, 1: 14-21.
- [11] 白凤龙, 高建华, 汪亚平, 等. 鸭绿江口的潮汐特征[J]. 海洋通报, 2008, 27(3): 7-13.
Bai Fenglong, Gao Jianhua, Wang Yaping, et al. Tidal characteristics at Yalu River estuary[J]. Marine Science Bulletin, 2008, 27(3): 7-13.
- [12] 魏成凯, 李光天, 符文侠, 等. 北黄海淤泥质海岸发育的初步研究[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1984, 4(3): 35-42.
Wei Chengkai, Li Guangtian, Fu Wenxia, et al. A preliminary study on the development of the mud-flat coast of the north Yellow Sea[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 1984, 4(3): 35-42.
- [13] 薛刚. 岚山港西突堤工程对海底冲淤影响预测[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2007.
Xue Gang. Prediction on erosion and accumulation of the seabed by the project of western jetty of Lanshan Harbor[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2007.
- [14] 朱龙海, 徐永臣, 王楠, 等. 莱州湾东部外航道回淤预测及影响因素[J]. 海洋科学, 2015, 39(6): 72-80.
Zhu Longhai, Xu Yongchen, Wang Nan, et al. Siltation prediction and influencing factors of the outer channel in the eastern Laizhou Bay[J]. Marine Sciences, 2015, 39(6): 72-80.
- [15] JTJ213—1998, 海港水文规范[S].
JTJ213—1998, Hydrographic Code for Seaports[S].
- [16] 程知欣, 刘月, 李富祥, 等. 近百年来人类活动对鸭绿江口河床演变影响的粒度沉积记录[J]. 辽东学院学报(自然科学版), 2012, 19(2): 89-93.
Cheng Zhixin, Liu Yue, Li Fuxiang, et al. Grain size sedimentary records representing influence of human activities on riverbed evolution in Yalu River estuary during recent 100 years[J]. Journal of Eastern Liaoning University (Natural Science Edition), 2012, 19(2): 89-93.
- [17] Fanos A M, Khafagy A A, Dean R G. Protective works on the online delta coast[J]. Journal Coastal Research, 1995, 11(2): 516-528.
- [18] 尹长虹, 刘林, 彭玉生. 丹东港海洋红港区口门位置选择与航道泥沙淤积分析[J]. 水运工程, 2011, 9: 141-145.
Yin Changhong, Liu Lin, Peng Yusheng. Selection of harbor entrance's location and channel deposition analysis of Haiyanghong port area, Dandong port[J]. Port & Waterway Engineering, 2011, 9: 141-145.

Sediment scouring and deposition at the Dandong Port before and after the construction of reclamation project

WANG Xiao-ming, FENG Xiu-li, TIAN Dong-hui, JIANG Bo, JIANG Jian-xin, TENG Shan

(Key Laboratory of Submarine Geosciences and Prospecting Techniques, College of Marine Geosciences, Ocean University of China, Qingdao 266100, China)

Received: Dec. 7, 2016

Key words: the Dandong Port; the sediment scouring and silting; numerical model; channel silt

Abstract: We studied the sediment scouring and deposition at the Dandong Port before and after reclamation based on underwater topographic data and fixed-point marine hydrological observations in 2010. The data suggest strong erosion in the headland of the Dandong area. The rate of sediment scouring and silting was less than 0.2 m/a. After reclamation, the patterns of sediment scouring and deposition were redistributed. There was erosion south of reclamation and deposition east and southwest of the reclamation. The channel silting before and after reclamation was calculated at 0.09 m at point A, and at points B and C increased by 0.02 m to 0.19 m. Numerical simulations suggest that there was redistribution and erosion of sediments after the reclamation because of the increased the wave energy.

(本文编辑: 刘珊珊)