



大丰港 15 万吨级深水航道试挖工程回淤监测

宋 双^{1,2}, 黄志扬³, 张建锋³, 陈 中³

(1. 大丰市港口管理局, 江苏 盐城 224145; 2. 河海大学, 江苏 南京 210098;
3. 中交上海航道勘察设计研究院有限公司, 上海 200120)

摘要: 大丰港进港航道地处苏北辐射沙洲北缘的西洋水道, 目前为自然水深航道。由于苏北辐射沙洲地区缺少航道开挖的工程实践, 为了科学审慎地推进大丰港区 15 万吨级深水航道的建设, 于 2012—2013 年在工程海域开展了航道试挖工程。试挖槽挖泥厚度约 3.1 m, 监测期 12 个半月内累计淤积厚度 1.72 m, 稳定期月平均回淤强度为 0.12 m, 在正常年份大风作用下未出现明显淤积。试挖工程监测研究成果为大丰深水航道的建设提供了技术支撑, 也为辐射沙洲海域航道建设提供了科学参考。

关键词: 辐射沙洲; 西洋水道; 大丰进港航道; 试挖槽; 回淤

中图分类号: U 61 文献标志码: A 文章编号: 1002-4972(2015)11-0110-05

Monitoring of siltation on trial excavation in 150 000 DWT channel of Dafeng port

SONG Shuang^{1,2}, HUANG Zhi-yang³, ZHANG Jian-feng³, CHEN Zhong³

(1. Dafeng Port Authority, Yancheng 224145, China; 2. Hohai University, Nanjing 210098, China;
3. Shanghai Waterway Engineering Design and Consulting Co., Ltd., Shanghai 200120, China)

Abstract: Dafeng approach channel is a natural depth waterway which locates in Xiyang channel of the radial sand ridges area along north Jiangsu province. In order to provide a scientific basis for the construction of Dafeng 150 000 DWT approach channel, we carried out the trial excavation from 2012 to 2013. The dredging thickness is 3.1 m and the total siltation thickness is 1.72 m in 12.5 months. The back silting intensity during the stable period is 0.12 m per month and the influence of a normal year wind is limited. The research provides reference to Dafeng approach dredging and related waterway construction.

Keywords: radial sand ridges; Xiyang channel; Dafeng approach channel; trial excavation; siltation

大丰港为江苏沿海三大深水海港之一, 处于苏北海岸线港口空白带的中心位置, 区位优势明显。大丰港进港航道的建设主要依托苏北辐射沙洲北缘的潮汐通道西洋深槽(图 1)。自 20 世纪 80 年代, 围绕西洋深槽的稳定性及建港条件, 国内采用遥感分析、外业勘察、室内水动力试验、数值模拟等手段, 开展了水沙运动、冲淤演变、沉积环境等方面的研究^[1-5], 认为西洋深槽长期以来主槽宽直、潮差大、潮流强, 处于稳定

微冲状态。

大丰港深水航道地处粉砂淤泥质海岸, 航道附近浅滩、沙体发育, 泥沙易起、易沉; 特别是在大风浪作用下, 水体含沙量较大, 因此航道开挖后的回淤问题是制约港口、航道建设的关键技术问题之一^[6-8]。目前苏北辐射沙洲海域航道均为自然水深航道, 尚无成熟的工程经验为大丰深水航道的建设提供科学借鉴。为了科学、审慎地推进大丰深水航道的建设, 2012 年起在工程海域开

展了历时 1 年多的试验性疏浚工程。通过试挖工程监测分析, 探讨工程海域泥沙运动特征及挖槽回淤规律, 研究成果将为大丰深水航道建设的决策和实施提供重要科学依据。

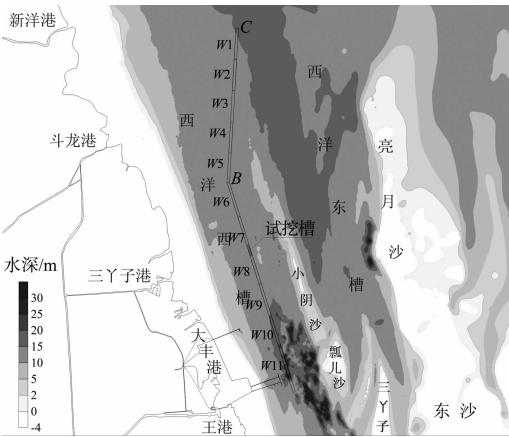


图 1 西洋深槽位置及周边沙洲现状

1 试挖工程概况

大丰港深水航道位于苏北辐射沙洲北缘的西洋西槽, 目前为自然水深航道, 最浅水深 11.0 m (起算基面为当地理论最低潮面)。为了适应大丰港区的发展, 航道近期将扩建至满足 10 万吨级船

舶乘潮通航要求。扩建后航道分为内、外两段, 内段位于西洋西槽, 与现有航道轴线一致, 最浅水深 11.0 m; 外段从西洋西槽连接外海, 沿程水深 11.8 ~ 15.0 m; 航道通航宽度 210 ~ 213 m, 设计底高程 -14.5 ~ -15.0 m^[9]。

试挖槽选址和尺度设计是否合理, 将直接影响后期回淤监测成果的代表性, 为此本次试挖槽平面设计遵循了以下主要原则: 1) 试挖槽位置选择在进港航道水动力条件相对复杂、航道扩建后回淤强度可能相对较大的位置; 2) 试挖槽轴线和拟扩建航道轴线一致, 且保证试挖槽有一定的长宽比, 使挖槽水动力条件与航道扩建后水动力条件相似; 3) 结合工程投资控制要求, 合理选择试挖槽主尺度。

经综合考虑和多方案的比选, 试挖槽选址于现有航道水深最浅段, 拟建航道回淤强度相对较大的内段中部(现有大丰港 16[#]灯浮附近), 见图 2。试挖槽设计长度 1 500 m, 挖槽宽度 100 m, 设计底高程 -13.8 m, 平均挖泥厚度 3.1 m, 挖槽横向、纵向设计边坡分别为 1:10 和 1:50^[10]。

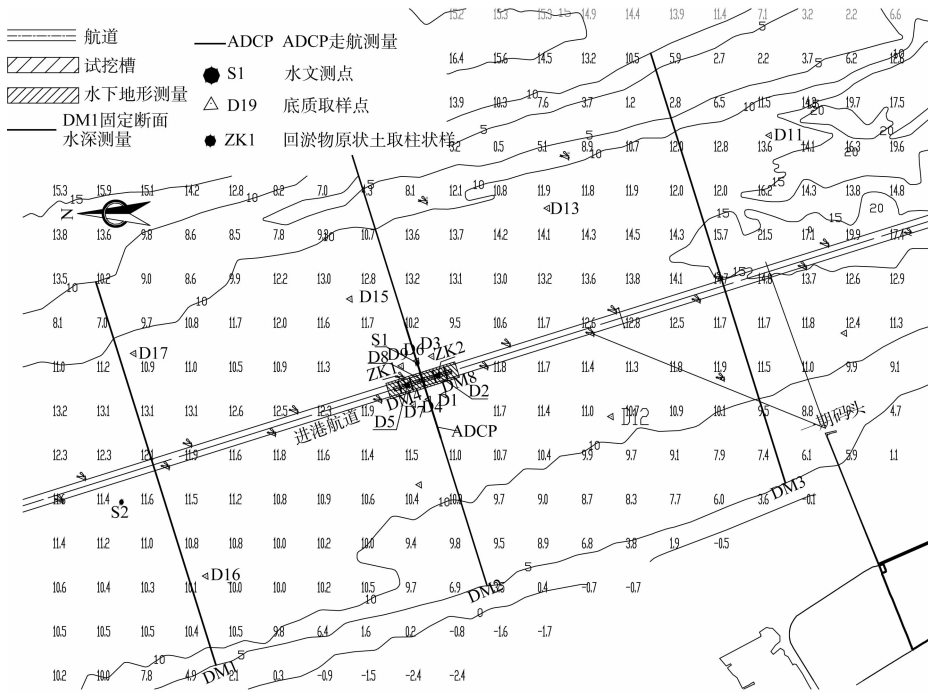


图 2 试挖槽位置及回淤监测布置

本次试挖工程基建疏浚量约 51.2 万 m^3 , 为了尽量减小试挖槽疏浚土流失对试挖槽回淤的影响, 将疏浚土临时倾倒入布置在小阴沙东侧的西洋东槽, 距离试挖槽约 9 km 。

试挖工程于 2012 年 12 月 29 日竣工, 竣工后进行了 1 个完整水文年的回淤监测。监测内容主要包括水下地形测量、固定断面水深监测、水文泥沙测验、底质取样、回淤物原状土取样、以及大风天座底式综合观测等。

2 水沙特征及监测期间海况

2.1 水沙特征

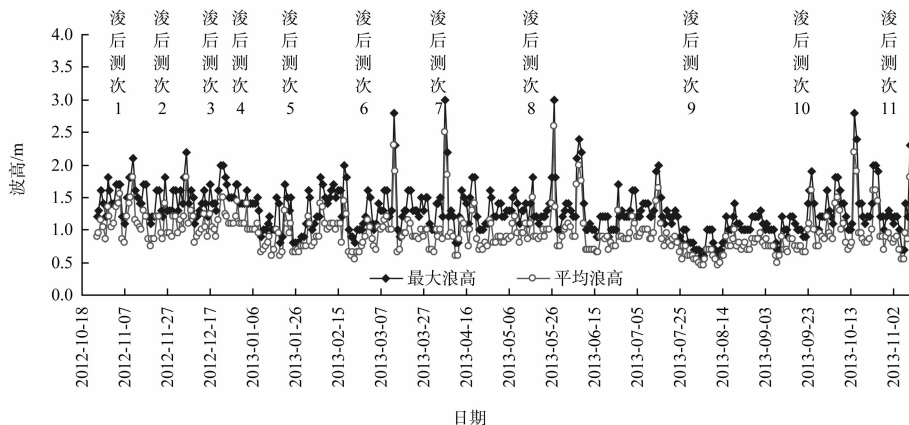
工程海域潮差较大, 潮动力较强。大潮涨、落潮平均流速分别为 1.0 m/s 和 0.7 m/s ; 大潮涨、落急流速分别为 1.5 m/s 和 1.1 m/s 。海区常浪向为 NNW 向, 频率为 15.1%, 大浪出现频率不高, $0 \sim 1.5 \text{ m}$ 波高出现频率达 97.8%。海区夏季多受台风影响, 平均每年 0.6 次; 冬季多受寒潮影响。

海区平均含沙量 $0.14 \sim 0.55 \text{ kg/m}^3$, 含沙量分布呈现沙体略高、深槽区略低; 大风天受波浪掀沙影响, 含沙量较正常天气情况略高。

工程海域底质分布特征为: 1) 斗龙港以北海域底质中值粒径为 0.012 mm , 小于 0.005 mm 的黏粒含量约为 28%; 2) 西洋西槽深槽内底质中值粒径为 0.021 mm , 小于 0.005 mm 的黏粒含量平均为 25%; 3) 小阴沙和瓢儿沙 8 m 以浅范围底质中值粒径约为 0.150 mm 。可见, 工程海域底质呈现深槽细、沙体粗的特征, 其中深槽底质主要为粉质黏土、沙体底质主要为细砂。

2.2 监测期间海况

试挖槽回淤监测从 2012 年 10 月开始至 2013 年 11 月结束, 历时 1 年多。从图 3 所示的盐城近海波高来看, 整个监测期间出现了 4 次最大浪高 $2.5 \sim 3.5 \text{ m}$ 的大风过程。对比本海域波况特征可知, 出现的 4 次大浪仅为工程海域正常年份的大浪, 期间未出现极端天气的大浪过程。



注: 图中波浪资料为江苏省海洋与渔业局盐城近海的天气预报值。

图 3 监测期盐城近海波高逐日变化过程

3 挖槽回淤统计

3.1 常年回淤情况

从 2012 年 10 月 29 日—2013 年 11 月 6 日历时 12 个半月, 挖槽内累计淤积厚度 1.72 m , 平均淤积厚度为 0.14 m/月 。从淤积趋势来看, 竣工初期的前 2 个月, 挖槽打破了原有局部地形的平衡, 海床处于调整阶段, 淤积相对较快; 而 2 个月 after 回淤逐渐趋缓, 回淤速度逐渐稳定, 各阶段具体淤积强度统计见图 4。

1) 调整初期: 竣工初期的 2012 年 10 月 29 日—12 月 25 日近 2 个月时间内, 试挖槽累计淤积厚度为 0.49 m , 即月平均回淤厚度为 0.26 m 。

2) 稳定期: 试挖槽在经历 2 个月的初期调整后, 挖槽内回淤逐步稳定, 自 2012 年 12 月 25 日—2013 年 11 月 6 日约 10 个半月的时间内, 平均淤积厚度为 1.23 m , 即月平均淤积厚度为 0.12 m , 约为初期回淤强度的一半。

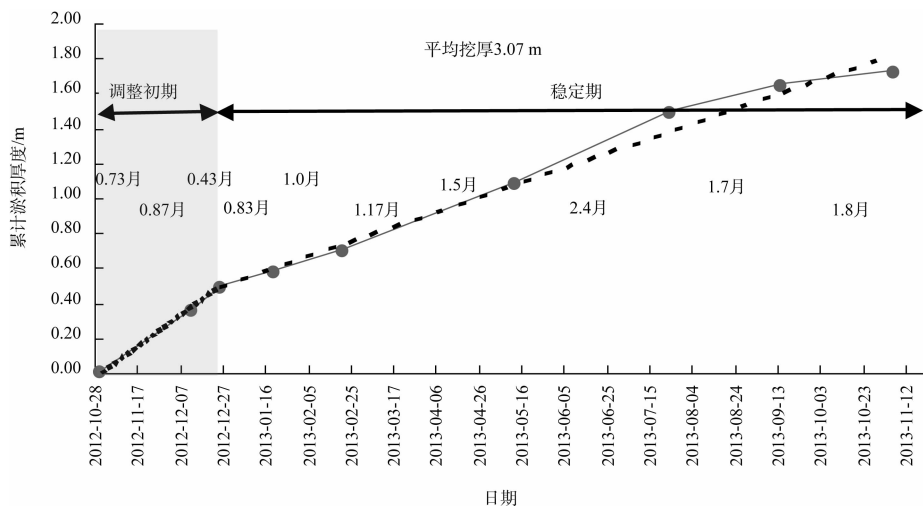


图 4 试挖槽累计淤积厚度

另外,就稳定期试挖槽回淤的季节变化来看,夏季(2013年4月—9月)、冬季(2012年12月—2013年3月、2013年10月—11月)月回淤强度分别为0.13 m/月和0.08 m/月,即夏季回淤强度略大于冬季,但总体相当。

3.2 大风天回淤情况

观测期间工程海域出现了4次最大浪高2.5~3.5 m正常年份的大风过程,出现时间分别为2013年3月13日、4月6日、5月27日和10月15日,4次大风期间最大风速分别为17.7、20.9、16.1和21.3 m/s。

从回淤强度统计来看,2013年2月21日—5月12日期间经历了2次大风过程,历时2.6个月的回淤厚度约0.39 m,较历时2.6个月的常年回淤0.31 m多淤约0.08 m。

2013年5月12日—7月25日期间经历了一次大风过程,历时2.4个月的淤积厚度为0.38 m,较历时2.4个月的常年回淤0.29 m多淤约0.09 m。

可见,在正常年份大风过程影响下,试挖槽回淤厚度在0.1 m左右,即正常年份的大风过程不会引起挖槽的明显淤积。不过由于监测期间未遭遇极端天气情况,对极端天气情况下的淤积还需予以关注。

4 泥沙运动趋势及回淤机理

4.1 宏观泥沙运动趋势

从苏北辐射沙洲海域宏观泥沙来源来看,

1855年黄河北归后,辐射沙洲北部泥沙供给断绝^[11],北部外来泥沙不再是控制辐射沙洲发育的主导因素^[12];另外,万新宁等^[13]根据1982年海岸带调查实测资料计算表明,长江流域来沙有小部分(约9%)向北进入江苏海域,是辐射沙洲南缘大湾洪与小庙洪水道涨潮输沙的泥沙来源之一,而对苏北辐射沙洲北缘西洋西槽的影响可忽略不计。总的来看,辐射沙洲海区进入物源贫乏区,南北两侧泥沙来源锐减^[14],目前辐射沙洲总体处于辐射沙洲区“外缘冲、中心淤”的态势。就工程所在的西洋海域而言,刘永学等^[15]在遥感、GIS技术的支持下,根据1973—2000年江苏盐城幅卫片,研究表明西洋东侧的亮月沙、瓢儿沙等均表现为南移的趋势,各沙洲北部侵蚀,蚀余泥沙绕过沙洲主体在南部淤积。

4.2 试挖槽回淤机理

正常天气情况下回淤物表层取样表明,表层回淤物中值粒径约为0.007 mm,明显小于工程海域深槽和沙体底沙中值粒径(深槽约0.021 mm、沙体约0.150 mm),而与悬沙的中值粒径0.006 4~0.009 7 mm比较接近,由此可见在正常天气条件下,挖槽回淤总体以悬沙落淤为主。

此次监测期间经历了正常年份的大风过程,但风力总体不大,大风期间水沙监测成果的代表性不是很强。为了分析大风过程对回淤的影响,在此采用2010年1月工程海域寒潮大风期间座底

式水沙监测的成果进行分析。当时寒潮大风监测期间最大波高 4.0 m, 最大有效波高 2.0 m。从大风期间含沙量来看, 水面下 1.0 m 最大含沙量为 1.2 kg/m^3 ; 距底 0.5 m 最大含沙量约 2.6 kg/m^3 , 水体含沙量较正常天气情况下含沙量 $0.14 \sim 0.55 \text{ kg/m}^3$ 明显高。由于大风期间悬沙水样难以采取, 为了测量大风期间悬沙中值粒径, 在座底观测站距底 0.5 m 高度设置集沙瓶收集悬沙落淤泥沙中值粒径。监测表明大风期间悬沙落淤泥沙中值粒径在 $0.0332 \sim 0.0481 \text{ mm}$, 较正常天气情况下的中值粒径 $0.0064 \sim 0.0097 \text{ mm}$ 明显大。由此可见, 受大风波浪掀沙作用, 底沙部分起扬进入水体, 一方面造成水体含沙量增加, 另一方面使得大风天悬沙中值粒径增加。

为了分析试挖槽回淤物来源, 在回淤监测中期和末期分别进行了试挖槽回淤物原状土取样和室内土工试验。取样表明, 回淤物粒径 $0.075 \sim 0.125 \text{ mm}$ 组分占到约 28%, 该组分回淤物中值粒径不仅大于正常天气情况下悬沙中值粒径, 也大于大风天悬沙中值粒径。因此, 试挖槽回淤物除了来源于悬沙落淤外, 还有部分来自海床的底沙输移, 即大风天试挖槽回淤为悬沙落淤和底沙输移共同作用的结果。

5 结论

1) 试挖槽竣工初期受地形调整影响回淤略大、后期逐渐趋缓; 统计表明竣工初期的 2 个月回淤强度约为 0.26 m/月 ; 2 个月后回淤强度约为 0.12 m/月 , 试挖槽总体回淤不严重。

2) 在监测期内共经历 4 次正常年份的寒潮、大风过程, 大风期间试挖槽不大, 表明正常大风过程作用下不会出现明显回淤积。

3) 回淤物粒径与悬沙、底沙粒径对比结果表明, 正常天气情况下挖槽回淤以悬沙落淤为主; 在大风天, 受波浪掀沙影响, 水体含沙量增加, 挖槽淤积受悬沙落淤和底沙输移共同影响。

4) 此次试挖槽监测期间未经历强台风过程考验, 因此大风回淤代表性不是很强, 建议后期进

一步加强强台风作用下的监测和相关研究。

参考文献:

- [1] 河海大学, 南京大学. 江苏王港建港条件可行性研究报告[R]. 南京: 河海大学, 1993.
- [2] 龙坤元, 朱大奎, 王雪瑜, 等. 苏北岸外辐射沙洲王港西洋潮流通道稳定性研究[J]. 地理研究, 1998(1): 10-16.
- [3] 钱明霞. 江苏大丰海域水深遥感与西洋深槽稳定性研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2009.
- [4] 钱燕. 西洋水域地形冲淤演变中 RS 与 GIS 的应用[D]. 南京: 南京师范大学, 2009.
- [5] 殷勇, 张宁. 南黄海辐射沙脊群西洋潮道晚更新世晚期以来沉积环境[J]. 古地理学报, 2010(10): 618-628.
- [6] 李孟国, 杨树森, 韩西军. 辐射沙洲海域深水港开发建设水动力泥沙问题研究[J]. 水运工程, 2013(1): 69-77.
- [7] 吴德安. 江苏辐射沙洲水道潮流及悬沙动力研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2004.
- [8] 严冰. 粉沙质海岸泥沙运动及航道淤积机理研究[D]. 天津: 天津大学, 2009.
- [9] 中交上海航道勘察设计研究院有限公司. 盐城港大丰港区深水航道一期工程可行性研究报告[R]. 上海: 中交上海航道勘察设计研究院有限公司, 2013.
- [10] 中交上海航道勘察设计研究院有限公司. 盐城港大丰港区深水航道试验性疏浚方案[R]. 上海: 中交上海航道勘察设计研究院有限公司, 2012.
- [11] 陈可锋, 陆培东, 王艳红, 等. 南黄海辐射沙洲趋势性演变的动力机制分析[J]. 水科学进展, 2010(3): 267-273.
- [12] Cong X L, Jia Q Zg, Dai D F, et al. Holocene regression and the tidal radial sand ridge system formation in the Jiangsu coastal zone, east China[J]. Marine Geology, 2001, 173: 97-120.
- [13] 万新宁, 李九发, 沈焕庭. 长江口外海滨典型断面悬沙通量计算[J]. 泥沙研究, 2004(6): 64-70.
- [14] 李孟国. 辐射沙洲研究开发的进展[J]. 水道港口, 2011(8): 220-243.
- [15] 刘永学, 张忍顺, 李满春. 质心分析法在小沙洲动态演化分析中的应用—以江苏辐射沙洲亮月沙为例[J]. 海洋通报, 2004(2): 70-75.

(本文编辑 郭雪珍)