



南通港吕四港区进港航道试挖工程 回淤监测研究

黄志扬, 丁健, 刘红, 张建锋, 郑德海
(中交上海航道勘察设计研究院有限公司, 上海 200120)

摘要: 南通港吕四港区进港航道地处苏北辐射沙洲南缘, 为自然水深航道, 缺少航道开挖的工程实践。吕四进港航道扩建阶段在小庙洪水道开展了航道试挖工程, 并进行了为期1 a的回淤监测。研究表明, 正常天气情况下试挖槽年回淤强度为0.74 m/a, 回淤强度不大; 一次常年大风过程平均淤积厚度基本不超过0.1 m, 正常年份的大风过程对回淤的影响有限; 在遭遇了当地5~10 a一遇的“梅花”强台风作用下的淤积厚度约0.28 m, 未出现明显“骤淤”现象。上述研究成果为吕四进港航道的扩建提供了技术支撑, 也为辐射沙洲海域航道回淤研究提供重要的科学参考。

关键词: 苏北辐射沙洲; 吕四航道; 试挖槽; 回淤监测; 回淤强度; 骤淤

中图分类号: TV 142

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2012)12-0218-07

Observation on siltation in Lvsi trial dredged channel in Nantong port

HUANG Zhi-yang, DING Jian, LIU Hong, ZHANG Jian-feng, ZHENG De-hai

(Shanghai Waterway Engineering Design and Consulting Co., Ltd., Shanghai 200120, China)

Abstract: Lvsi approach channel is located in south margin of Subei radiation shoals. The approaching channels are all natural depth at radial sand ridges in North Jiangsu. In order to provide a scientific basis for the expansion of the Lvsi approach waterway, we carried out the trial dredged channel in Xiaomiaohong waterway. The siltation observation includes the topographic survey, hydrologic survey, bottom sampling, etc. The result indicates that the siltation of trial dredged channel is week in the normal condition, the influence of a normal year wind process on the siltation is limited, the significant sudden siltation does not happen after Typhoon Muifa with 5 to 10 year frequencies.

Key words: radial sand ridges in North Jiangsu; radiation shoals; Lvsi waterway; trial dredged channel; siltation observation; siltation intensity; sudden siltation

苏北辐射沙洲为粉砂质海岸, 在波浪、潮流作用下, 泥沙较为活跃, 航道开挖后的回淤问题一直是制约苏北辐射沙洲区港口、航道开发建设的关键技术问题^[1-3], 苏北辐射沙洲区也一度被认为是建港禁区。自20世纪80年代, 国内围绕辐射沙洲的建港条件已开展了水沙运动、沉积环境、海床演变、模型试验等方面的研究^[4-8]。但由于整个苏北辐射沙洲海域的航道目前均为自然水深航

道, 航道建设一直以来以室内研究为主, 缺少现场开挖的工程实践。

随着江苏沿海经济社会的发展, 地处辐射沙洲区的吕四港、洋口和大丰港等港口的现有航道水深已无法满足港口发展的需要, 航道开挖不可避免。实践表明, 在特定区域进行试挖观测是回淤研究的重要手段之一, 国内不少重大航道工程建设前均进行了试挖观测研究, 如长江口、杭州

收稿日期: 2012-09-27

作者简介: 黄志扬(1980—), 男, 硕士, 工程师, 主要从事港口、航道工程设计工作。

湾、连云港、乐清湾等^[9-12]。对于尚无浚挖实践的吕四港区而言, 在前期研究阶段开展试挖工程是十分必要的, 此次试挖工程的实施也意味着苏北辐射沙洲航道建设的回淤问题从理论研究和室内试验迈向了现场实践的阶段, 将为吕四航道扩建的决策和实施, 以及苏北辐射沙洲航道的开发建设提供重要科学参考。

1 试挖工程概况

吕四港区进港航道位于苏北辐射沙洲最南缘的一条大型潮汐水道—小庙洪水道, 本次试挖槽位于小庙洪水道与横沙—乌龙沙汊道两股水流交汇的区段, 见图1。该区域水深较浅、水流条件复杂、泥沙相对容易落淤, 对其回淤研究具有较好的代表性。

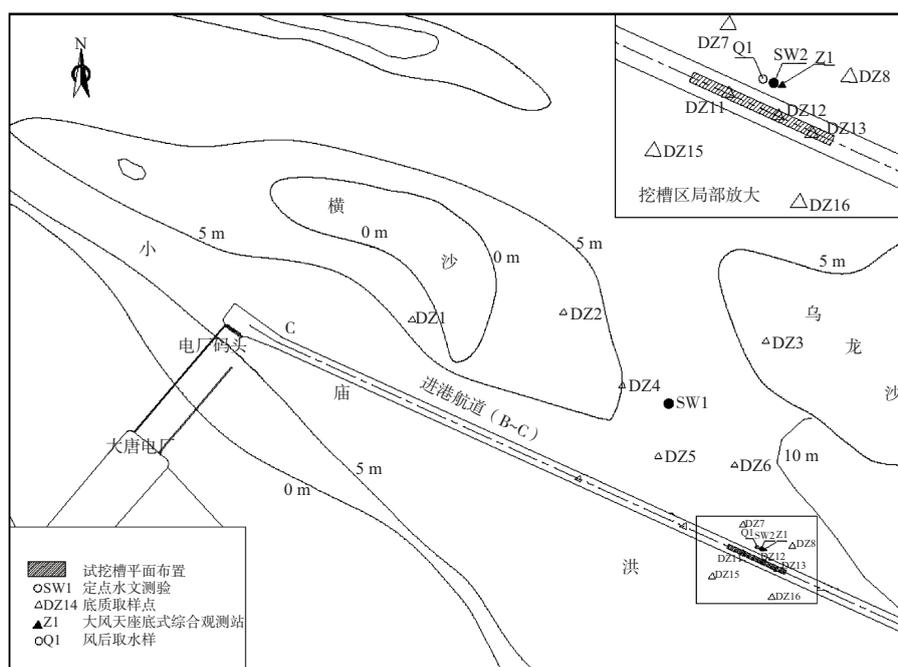


图1 试挖槽位置及勘察布置

本挖槽沿航道轴线方向长1 500 m, 底宽100 m, 浚前、浚后平均水深分别8.18 m和10.41 m, 平均挖泥厚度2.23 m, 挖槽横向、纵向设计边坡分别为1:8和1:25。

试挖工程于2010年12月5日完成施工, 紧接着开展了为期1个完整水文年的现场监测, 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 工程区水沙特征及监测期间海况

2.1 工程区水沙特征

小庙洪水道呈NNW~SEE向, 总长38 km, 水道口门宽15 km, 中段宽约4.5 km^[4]。近20 a来小庙洪水道整体稳定, 口门段北水道深槽不断萎缩,

进港航道所在的南水道充分发育, 10 m深槽基本贯通, 总体有利于航道建设。

吕四近海潮流主要受东海前进波的控制, 为正规半日潮。潮流在潮汐汊道内为大致与深槽走向一致的往复流, 离岸较远的东部为顺时针旋转流。根据2003年4月、2011年3月和2011年9月水文测验资料, 大潮涨、落潮平均流速分别为0.93 m/s和0.82 m/s, 涨、落急流速分别为1.57 m/s和1.41 m/s, 总体为涨潮流速大于落潮流速。

吕四近海的常风向和强风向较一致, 方向在N~ESE之间。海域波浪不大, 全年波高小于0.5 m时间约占84% (其中无浪天约占43%), 1 m以上波高占3.7%, 各方向的年平均波高为0.48 m。

工程海域含沙量总体呈现大潮大于小潮, 涨潮大于落潮, 冬季大于夏季、浅滩大于深槽的特

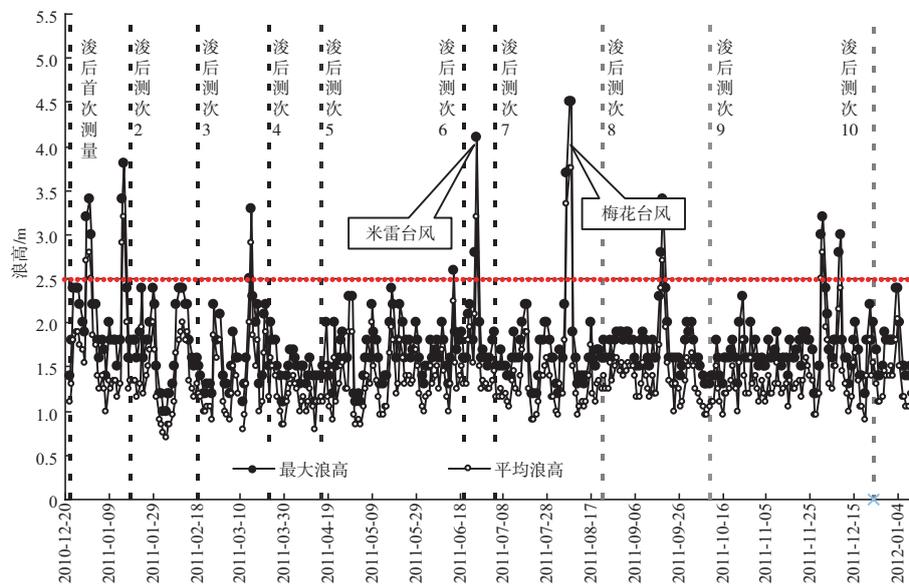
征。现场测验表明,正常天气情况下海区全年平均含沙量约 0.25 kg/m^3 ,其中冬、夏季分别为 0.30 kg/m^3 和 0.19 kg/m^3 。受大风天波浪掀沙影响,大风过程中含沙量比风前后明显大,如2011年1月寒潮大风(平均风力7级,极大风速为 21 m/s)期间座底式综合监测表明,大风前后近底层(距底 0.5 m)含沙量分别为 0.45 kg/m^3 和 0.60 kg/m^3 ,而大风过程平均含沙量为 1.10 kg/m^3 ,约为大风前后的2倍。

工程区底质分布总体呈现“深槽细、浅滩粗”的特征,7 m以深水域泥沙中值粒径在 $0.0125 \sim 0.0873 \text{ mm}$,主要为粉质黏土或粉土;7 m以浅泥

沙中值粒径在 $0.1612 \sim 0.2096 \text{ mm}$,为细砂。

2.2 监测期间海况

从试挖槽竣工的2010年12月—2011年12月历时1个完整水文年,期间共进行了10次水下地形测量和多次水文测验。从监测期间波高变化(图2)来看,试挖槽监测期间有3个时期风浪相对较大:1)2010年12月22日—2011年1月19日期间经历了2次寒潮大风过程,2)2011年6月25日—6月26日经历了“米雷”台风,3)2011年8月7日遭遇强台风“梅花”。以上几次大风天的具体风浪情况见(表1)。



注:图中波浪资料为江苏省海洋与渔业局南通近海的天气预报值。

图2 监测期间南通近海波高变化

表1 监测期间典型大风过程的风况和波况

大风过程	最大风速		极大风速		最大波高		南通近海风力	出现时间	大风代表强度
	风速/($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	风向	风速/($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	风向	波高/m	波向			
寒潮1	13.6	NW	19.5	NW	1.3	WNW	平均8~9级,阵风10级	2010-12-30	与常年寒潮大风基本相当
寒潮2	11.6	N	16.7	N	1.2	WNW	平均7~8级,阵风9级	2011-01-16	与常年寒潮大风基本相当
米雷台风							平均8~9级,阵风10级	2011-06-26	常年台风相当
梅花台风	21.7	N	30.7	N	2.02	N	平均10~11级,阵风12级	2011-08-08	5~10 a一遇大风

由回淤监测期间的天气过程来看,2010年12月22日—2011年7月4日遭遇的寒潮大风和“米雷”台风,其风力与正常年份大风天的风力基本相当,该时期和2011年8月22日—10月10日的回淤则反映了试挖槽在正常工况下的回淤情况;2011年7月4日—8月22日遭遇了“梅花”台风,其风力较大,相当于工程海域5~10 a一遇风力,期间回淤反映了试挖槽在强台风作用下的淤积情况。

3 正常工况下回淤分析

在不考虑“梅花”强台风影响的情况下,从2010年12月22日—2011年7月4日,以及2011年8月22日—10月10日历时约10.5个月的回淤来看,试挖槽南北两侧边滩略有冲淤,冲淤幅度在 $\pm 0.1 \text{ m}$ 之间;而槽内有所淤积,其中2010年12月22日—2011年7月4日历时6.4个月,平均淤厚为 0.44 m ,最大淤积约 0.53 m 回淤总体比较均匀(图3);

2011年8月22日—2011年12月24日历时4.1个月, 平均回淤厚度为0.21 m, 最大淤积约0.3 m (图4)。上述两个时期试挖槽总淤积厚度为0.65 m,

折合到年回淤强度为0.74 m/a, 相对于平均挖泥厚度2.23 m的年回淤率约为33% (图5)。

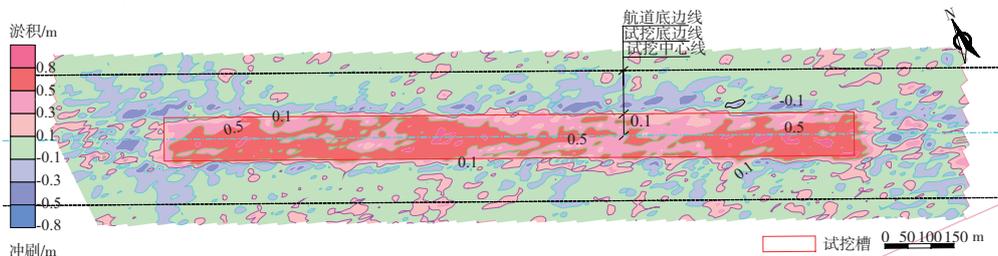


图3 2010年12月22日—2011年7月4日冲淤变化

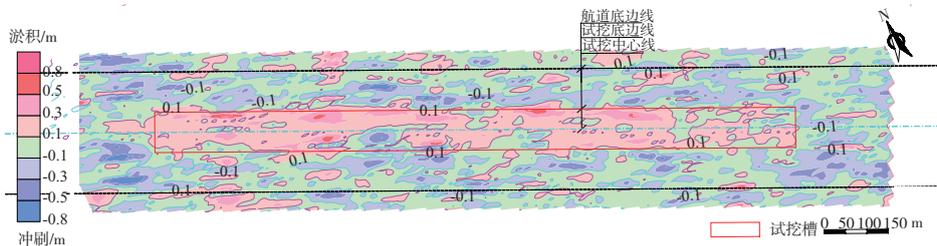


图4 2011年8月22日—2011年12月24日冲淤变化

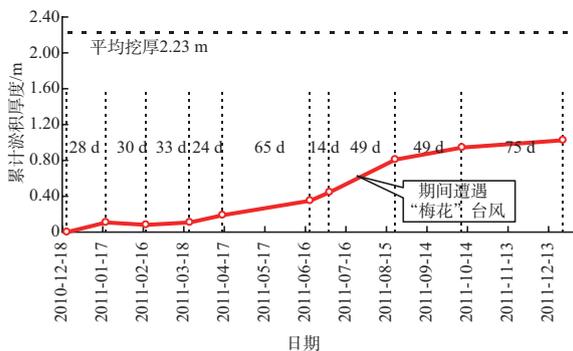


图5 试挖槽内累积平均回淤厚度

从回淤的季节特征来看, 以2010年12月22日—2011年4月16日代表冬季回淤, 测量期间回淤厚度为0.26 m; 2011年4月16日—7月4日和2011年8月22日—12月24日代表夏季回淤, 测量期间回淤厚度为0.39 m。分别折合到冬半年和夏半年的回淤厚度分别为0.24 m和0.52 m, 即夏季回淤强度大于冬季 (表2)。

表2 试挖槽回淤厚度的季节特征

监测时间	历时/月	回淤厚度/m	半年回淤厚度/m	说明
2010-12-22—2011-04-16	6.33	0.26	0.24	冬半年
2011-04-16—2011-07-04	4.27	0.38	0.52	夏半年
2011-08-22—2011-10-10				

4 台风对试挖槽回淤的影响

台风对航道回淤的影响主要关注台风后是否出现“骤淤”现象。已有研究表明, 引起港池、航道发生骤淤需同时具备两个条件^[13-15]: 其一是易于沉积的水动力环境, 其二是丰富的泥沙来源。从沉积环境来看, 小庙洪水道水流较强, 水流为往复流, 落潮流大于涨潮流, 总体有利于湾内泥沙的向外输移。但粉砂质海岸滩槽交错, 泥沙来源分布广, 且泥沙在风浪作用下比较容易启动。因此, 大风天的骤淤问题是吕四港区进港航道开发的关键技术之一。此次监测期间吕四海区冬季经历了多次寒潮大风, 夏季经历了“米雷”台风和“梅花”台风。根据资料分析, 期间经历的冬季寒潮大风, 以及“米雷”台风与常年出现的大风风力基本相当, 而“梅花”台风风力较强, 其风力为吕四海区5~10 a一遇大风。

4.1 正常年份大风对试挖槽回淤的影响

2010年12月22日—2011年1月19日历时约1个月遭遇了两次寒潮大风, 其中第一次寒潮大风为西北风, 南通近海平均风力8~9级, 阵风10级; 第二次寒潮大风为偏北风, 南通近海平均风力为7~8级, 阵风9级, 具体风速、风向见表2。从期

间的冲淤来看，边滩冲淤基本平衡，冲淤幅度在 ± 0.1m之间；试挖槽平均淤积厚度为0.11m（图

6）。由此可见，以上两次寒潮大风对试挖槽回淤的影响不大。

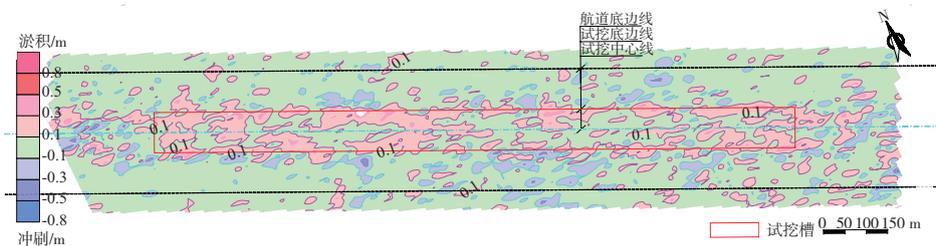


图6 2010年12月22日—2011年1月19日冲淤分布

2011年6月25日—27日工程海域遭遇“米雷”台风影响，期间南通海域偏北风8~9级，阵风10级。从台风前后淤积统计来看，试挖槽南、北两侧边

滩冲淤基本平衡，槽内略有淤积，平均淤积厚度约0.09 m（图7）。由此可见，“米雷”台风也未对试挖槽回淤造成明显不利影响。

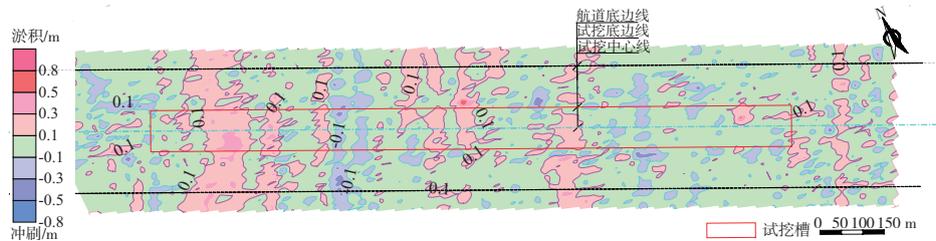


图7 2011年6月20日—2011年7月4日米雷台风前后挖槽区冲淤分布

4.2 强台风（梅花台风）对试挖槽回淤的影响

2011年8月8日工程海域遭遇了强台风——“梅花”台风。此次台风经过南通海域时中心风力13级，近海海域东北风10~11级，阵风12级，

其风力相当于工程区域5~10 a一遇的风力，具体风速、风向见表2。从台风前后冲淤统计来看，挖槽边滩略有冲刷，冲刷幅度在0.1 m左右；而槽内普遍有所淤积，平均淤积厚度约0.37 m（图8）。

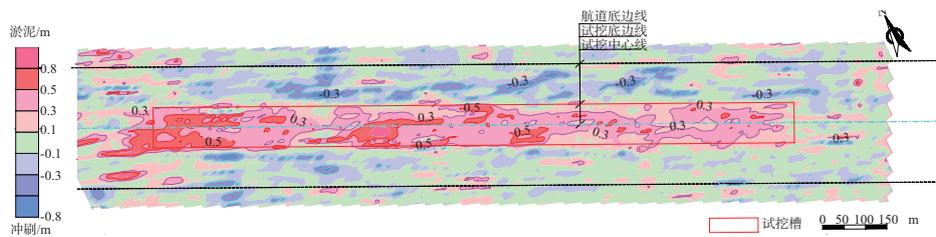


图8 梅花台风前后（2011年7月4日—8月22日）挖槽区冲淤分布

由于台风前后2次测图时间间隔为1.5月，若考虑扣除常风天的正常淤积0.09 m（常风天10.5个月淤积厚度0.65 m，即0.06 m/月，即1.5月 × 0.06 m/月 = 0.09 m），则此次强台风期间试挖槽增加回淤厚度为0.28m，未出现明显“骤淤”现象。

态难以破坏，滩槽总体平衡。

5 泥沙来源及回淤机理

5.1 泥沙来源分析

从以上大风天的回淤监测来看，大风期间试挖槽回淤不大，其主要是吕四海域的滩槽在长期的风浪淘刷作用下，其沙洲和边滩已经处于相对稳定的状态，如没有极端风浪作用，这种稳定状

潮动力是维持吕四进港航道所在的大弯洪和小庙洪水道的主要动力，在长期的潮动力作用下，目前滩槽总体平衡。但由于水道南侧为近岸浅滩，北侧为横沙和乌龙沙，且浅滩和沙体以粉砂和细砂为主，在波浪掀沙作用下将部分进入水

体,如2011年1月寒潮期间座底式综合监测表明,一方面大风期间近底(距底0.5 m)处平均含沙量为 1.1 kg/m^3 ,较正常天气时大;另一方面大风期间悬沙中值粒径在 $0.044 \sim 0.047 \text{ mm}$,明显比正常天气情况时大,由此可见在大风天波浪的掀沙作用下,岸滩、沙洲部分泥沙会起悬进入水体,即波浪掀沙是试挖槽泥沙淤积的重要沙源之一。

另外,万新宁等^[16]利用1982年海岸带调查的实测资料,并采用悬沙通量方法分析表明,长江流域来沙通过口门输出的泥沙大部分在口外水下三角洲沉积下来,一部分向杭州湾输移,还有小部分(约9%左右)的泥沙向北进入江苏海域。吕四进港航道所在的大弯洪与小庙洪水道为距离长江口最近的潮汐通道,且该潮汐通道内潮流以涨潮输沙占优,因此长江口沿苏北海岸的输沙是试挖槽及航道淤积的泥沙来源之一,但其影响比波浪掀沙的影响小。

5.2 回淤机理

工程区年平均含沙量约 0.25 kg/m^3 ,根据小庙洪水域悬沙粒度分析,正常天近底悬沙中 $<0.031 \text{ mm}$ 的黏性组分含量平均为98.9%,说明正常天气条件下悬沙主要以黏性细颗粒组分为主,具备类似淤泥质海岸悬沙落淤的特点。另外,大风天在波浪掀沙作用下,悬沙粒径比正常天气情况下变粗,近底悬沙中 $<0.031 \text{ mm}$ 的黏性组分含量平均仅为29.9%,悬沙以非黏性泥沙组分为主,即潮流沙脊上粗颗粒泥沙再悬浮进入水体,水体含沙量明显增加,而风后水动力减弱,水体含沙量减小,部分悬沙直接落淤。由此可见,正常天气、特别是大风天悬沙落淤是本海域挖槽回淤主要形式之一。

从回淤物与海床底质的对比来看,试挖槽回淤物柱样中粒度 $<0.031 \text{ mm}$ 的含量为39.3%, $<0.075 \text{ mm}$ 的含量为63.5%;而小庙洪水道深槽底质中 $<0.031 \text{ mm}$ 的黏性组分含量平均为53.0%, $<0.075 \text{ mm}$ 的含量平均为73.0%。对比试挖槽回淤物和深槽底质的粒径组分可知,两者比较接近,且回淤物中含有明显大于悬沙粒径的组分。由此可见,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。

综合以上分析可知,工程海域泥沙运动为悬移质输沙和推移质输沙两种形式共存,试挖槽及航道回淤为悬沙落淤和底沙输移共同作用的结果,在进行回淤预测时有必要考虑悬沙和底沙共同的影响。

6 结论

为了研究吕四进港航道扩建后的回淤问题,在拟扩建航道水流条件相对复杂的浅段开展了试挖工作,并进行了1个完整水文年的回淤监测研究。研究表明,工程海域潮差大、潮流强,受南侧岸线和北侧腰沙等沙体的掩护海域波浪不大,工程区年平均含沙量约 0.25 kg/m^3 。试挖槽泥沙淤积以悬沙落淤为主,底沙输移为辅,正常天气情况下试挖槽年淤积强度为 0.74 m/a ,一次常年大风过程平均淤积厚度基本不超过 0.1 m ,在5~10 a一遇大风—“梅花”台风作用下的回淤厚度约 0.28 m 。总的来看,正常天气过程和正常年份大风作用下试挖槽回淤不大;在“梅花”强台风作用下也未出现明显“骤淤”现象。回淤机理分析表明,试挖槽回淤为悬沙落淤和底沙输移共同作用的结果,在进行回淤预测时有必要综合考虑悬沙和底沙共同的影响。本次监测成果为后期数、物模研究提供重要基础资料,也为吕四进港深水航道,以及辐射沙洲航道建设提供重要的科学参考。

参考文献:

- [1] 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, 2011(4): 1-8.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 喻国华,陆培东. 江苏吕四小庙洪淹没性潮汐汉道的稳定性[J]. 地理学报, 1996, 51(2): 127-134.
- [5] 李孟国,时钟. 江苏如东海域西太阳沙人工岛工程潮流数学模型研究[J]. 中国港湾建设, 2006(3): 1-4.
- [6] 赵洪波,钱敏. 江苏如东附近海域泥沙运动遥感分析[J]. 水道港口, 2004, 25(1): 34-37.

[7] 万延森. 江苏近海辐射状沙脊地貌的发育[J]. 地理研究, 1988(2): 43-51.

[8] 尤坤元, 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.

[9] 魏日征. 杭州湾深水航道试挖回淤观测研究[J]. 水运工程, 2002(10): 94-110.

[10] 戴贤凯, 刘家驹. 关于杭州湾深水航道试挖的浅析[J]. 水运工程, 1993(10): 24-28.

[11] 张谷明. 连云港航道试挖和回淤观测分析[G]//连云港回淤研究论文集, 1990:223-232.

[12] 曾长新. 乐清湾港区试挖槽监测分析[J]. 中国水运, 2007(12): 52-53.

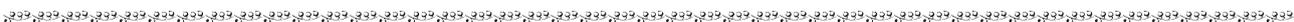
[13] 白玉川, 张彬, 张胤祺, 等. 波浪挟沙能力及航道淤积机理的研究[J]. 水利学报, 2007, 38(6): 646-653.

[14] 叶建国, 庄晓荣. 乐清湾港池开挖后淤积可能性分析[J]. 海洋工程, 2007, 25(1):114-119.

[15] 杨辉, 谢钦春, 李伯根, 等. 港湾深槽淤积的条件探讨[J]. 海洋学报, 2005, 27(4): 95-101.

[16] 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.

(本文编辑 武亚庆)



(上接第217页)

改良后的厚壁取样具有无需钻探平台、投入成本小、对海况要求不高、取样速度快、取样准确等优点, 该方法被广泛应用于连云港海域的底质取样项目中, 如徐圩港航道回淤观测、徐圩海域底质、海床和岸滩稳定性监测研究、抛泥沉积物扩散工程中。特别在连云港抛泥沉积物扩散观测中, 对采集后的柱状样品, 选取表层10 cm柱状样品至专用容器中充分搅拌均匀, 然后将样品分为2份, 用于平行试验, 为后期的对比研究提供了条件。

3 结语

通过多年连云港港工程实践证明, 厚壁取样法时取样人员加强高度的责任心和责任感, 以科学的手段和方法进行现场采样与处理; 严格遵守操作的规章制度, 建立健全技术规范和操作

指南, 保证了航道回淤观测底质取样成果的可比性。改良后的取样方法具有快速高效、取样质量高的特点, 应用前景广泛。但对于表层松软土层(淤泥土)较厚的情况不太适合, 可适当延长取样器长度来解决因为太过松软的土层无法在取土器底部敞口部分形成有效密封的情况。

参考文献:

[1] 中交上海航道勘察设计研究院有限公司. 连云港港30万吨级航道工程可行性研究15万吨级航道回淤观测技术报告[R]. 上海: 中交上海航道勘察设计研究院有限公司, 2009.

[2] 崔高嵩, 王伟平, 刘雁春, 等. 海道测量底质探测现状与展望[J]. 海军大连舰艇学院学报, 2003, 26(5): 37-40.

[3] 叶久长, 刘家伟. 海道测量学[M]. 北京: 海潮出版社, 1993: 203-205.

(本文编辑 郭雪珍)