

DOI: 10.16198/j.cnki.1009-640X.2017.03.005

刘红, 顾勇, 马兴华, 等. 连云港海域悬沙和表层沉积物交换研究[J]. 水利水运工程学报, 2017(3): 33-40. (LIU Hong, GU Yong, MA Xinghua, et al. Analysis of exchange of suspended and surface sediments in Lianyungang harbor and adjacent sea waters [J]. Hydro-Science and Engineering, 2017(3): 33-40. (in Chinese))

连云港海域悬沙和表层沉积物交换研究

刘红¹, 顾勇², 马兴华¹, 金鏐³

(1. 中交上海航道勘察设计研究院有限公司, 上海 200120; 2. 中交上海航道局有限公司, 上海 200002; 3. 交通运输部长江口航道管理局, 上海 200003)

摘要: 采用粒度谱计算方法分析连云港及邻近海域悬沙和表层沉积物交换特征, 为徐圩防波堤口门布置和连云港港航道回淤研究提供理论支撑。连云港港主航道和徐圩航道 5 m 等深线以外的区域悬沙和表层沉积物交换率为 0.1~0.2, 表明航道回淤强度将处于较低水平, 对今后航道维护有利; 5 m 等深线以内区域的交换率为 0.3~0.4, 悬沙落淤对航道回淤有一定贡献, 表明该航段回淤量相对较大, 计算结果与实测航道回淤强度分布特征基本一致。灌河口沙嘴正常天气条件下交换率小于 0.2, 说明悬沙落淤对沙嘴的影响较小; 5 m 等深线以内破波带水域交换率大于 0.5, 表明悬沙和表层沉积物交换频繁。连云港港及邻近海域悬沙和表层沉积物交换主要为粒径小于 62 μm 的细颗粒组分。分析结果表明, 为减少泥沙回淤对徐圩港区港池正常运行的影响, 兴建防浪挡沙堤并将堤头布置在破波带之外十分必要。

关键词: 连云港港; 悬浮泥沙; 表层沉积物; 粒度谱计算; 泥沙交换

中图分类号: TV148

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2017)03-0033-08

悬沙和表层沉积物的交换过程是泥沙运动学的关键研究问题之一。泥沙交换不仅关系到悬移质泥沙的输沙特性和表层沉积物分布特征, 而且对海床演变起着重要作用。在泥沙交换过程中, 悬浮泥沙和表层沉积物的粒度组成相互发生改变^[1]。2010 年研究团队创造性地提出了粒度谱计算方法, 计算了长江口悬沙和表层沉积物的交换率, 发现长江口外泥质区充当了长江口系统泥沙输运和入海泥沙向南输送的“泥库”^[2-3]。随后对粒度谱计算方法进行了改进, 分析了吕四进港航道悬沙沉降对航道回淤的贡献率, 为研究辐射沙洲海域航道回淤提供了重要的技术支撑^[4]。因此, 研究悬沙和表层沉积物的交换不仅是海岸泥沙输移研究的重要内容, 也是研究航道回淤的重要手段之一。

连云港港地处江苏省北部, 是我国东部沿海对外贸易的重要港口。连云港港 30 万 t 级航道建设规模大, 技术难度高, 尤其是徐圩航道为新辟航道, 需在浅滩上开展大规模的基建性开挖。徐圩防波堤口门位置、连云港主航道和徐圩航道的回淤问题一直是港口航道建设的关键技术问题。本文采用粒度谱计算方法研究连云港港及其邻近海域悬沙和表层沉积物交换特征, 为徐圩防波堤建设和航道回淤研究提供科学依据, 指导港口航道工程的规划和建设, 也为粒度谱计算方法在工程上的应用提供了研究实例。

1 区域概况及研究方法

1.1 区域概况

连云港海域的淤泥质潮滩是历史上黄河夺淮入海期间巨量泥沙堆积而成, 1855 年黄河北归渤海后, 岸

收稿日期: 2016-03-23

基金项目: 国家高新技术研究发展计划(863 计划)课题(2012AA112509)

作者简介: 刘红(1978—), 男, 湖北宜昌人, 高级工程师, 博士, 主要从事河口海岸水动力和工程泥沙研究。

E-mail: liuhongshiw@163.com

滩处于侵蚀后退状态,岸滩侵蚀物质是近岸带泥沙的主要物质来源。一百多年来,废黄河三角洲侵蚀逐渐趋于平衡,连云港海域总体呈现“冲淤基本平衡、局部略有冲刷”的态势。

连云港港及其邻近海域属非正规半日潮,由岸向海方向潮流由往复流向旋转流过渡,涨潮流速大于落潮流速(图1)。连云港海域5 m等深线以内(经常性破波带内)大潮涨潮平均流速为0.29~0.84 m/s,落潮平均流速为0.30~0.67 m/s;5 m等深线以外(经常性破波带外)大潮涨潮平均流速为0.36~0.87 m/s,落潮平均流速为0.33~0.60 m/s^[5]。根据连云港大西山海洋站波高统计,年平均波高0.6 m,大于2 m波高出现频率仅为1.5%,波高小于0.5 m的出现频率占56.5%。常浪向为偏NE向,强浪向为偏N向。

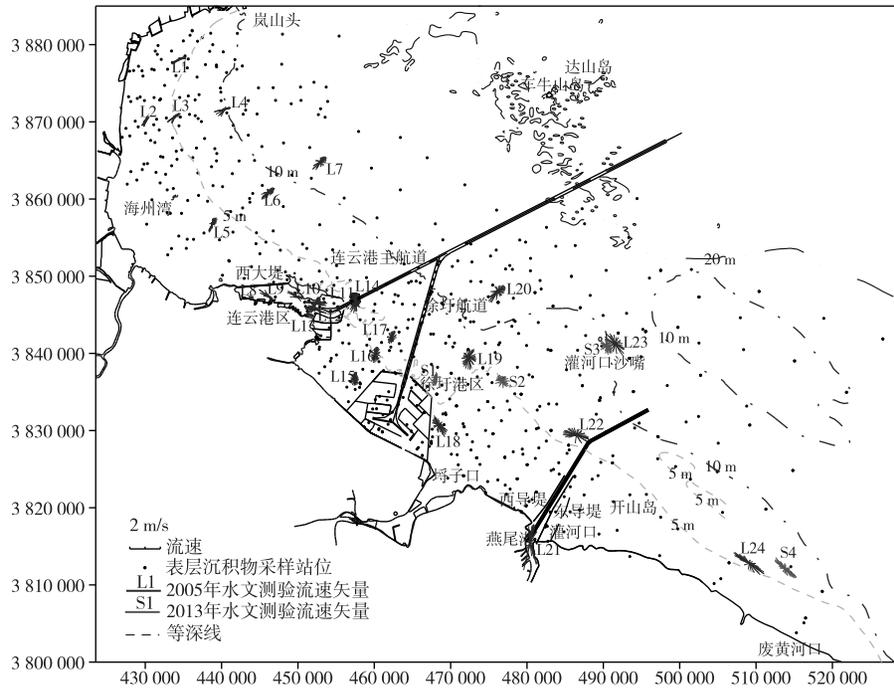


图1 连云港及邻近海域流速矢量图和表层沉积物采样站位

Fig. 1 Current vector and sampling locations of surface sediment in Lianyungang and adjacent sea waters

1.2 资料来源

水沙资料来源于长江委水文局长江下游水文水资源勘测局2005年9月同步24站水文测验、中交上海航道勘察设计研究院有限公司2013年4月徐圩海域同步4站水文测验资料。悬沙粒度资料来源于上述水文测验涨落急、涨落憩时段采集的悬沙样品,表层沉积物粒度资料来源于2005—2009年连云港及其邻近海域693个表层沉积物样品。悬沙和表层沉积物样品经过洗盐、去除有机质和分散处理后,采用英国Master Size 2000型激光粒度仪进行泥沙粒度分析。

1.3 研究方法

根据物质守恒定律,输入的悬沙粒度分布应该等于参与床面交换的部分与输出的部分之和,采用粒度谱计算方法计算悬沙和表层沉积物的交换率^[2-3]。具体计算式为:

$$G'_{in} [d_1, d_2, \dots, d_{i-1}, d_i]^T = p G_{ex} [d_1, d_2, \dots, d_{i-1}, d_i]^T + (1 - p) G_{ou} [d_1, d_2, \dots, d_{i-1}, d_i]^T, p \in [0, 1] \quad (1)$$

$$\delta = \sqrt{\sum (G_{in} - G'_{in})^2 / (n - 1)} \quad (2)$$

式中: p 为悬沙和表层沉积物的交换率; d_i 为各粒级组分的含量; n 为通道数; G'_{in} 为拟合的输入区悬浮泥沙粒度分布; G_{in} 为实测的输入区悬沙粒度分布; G_{ex} 为表层沉积物粒度分布; G_{ou} 为实测输出区悬浮泥沙粒度

分布; δ 为计算值和实测值的标准偏差。

粒度谱计算方法适用于大范围、大尺度泥沙输运规律的分析,得到的交换率是研究区域内特定的动力条件泥沙造床作用的结果,不涉及某条垂线、某一具体时刻的泥沙沉降和起动过程的分析。

结合连云港及其邻近海域悬沙输运特征分析,将废黄河口—开山岛海域作为输入区,灌河口—连云港区作为交换区,海州湾作为输出区,分别将上述各区的泥沙粒度分布代入式(1)进行计算,得到连云港及其邻近海域悬沙和表层沉积物交换率。

2 研究结果与分析

2.1 悬沙输移特征

2013年4月实测徐圩海域(S2站)和废黄河口北侧(S4站)的流速与含沙量过程见图2。

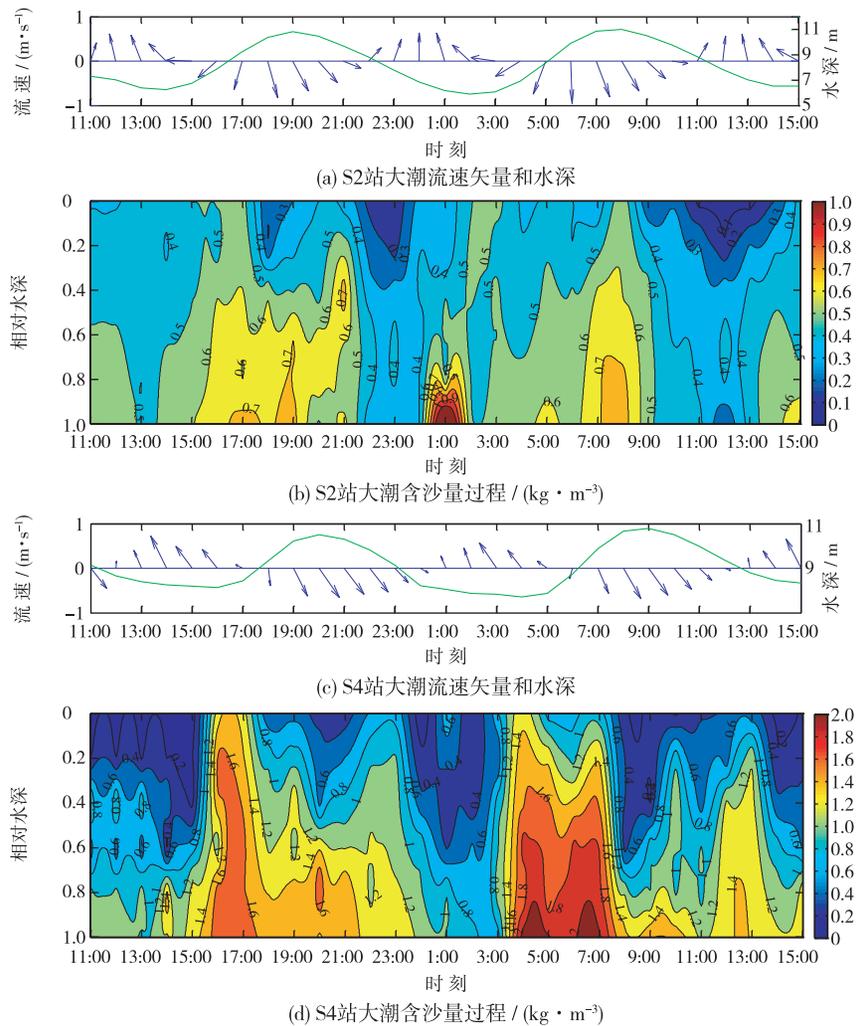


图2 2013年4月连云港海域垂线平均流速矢量和含沙量过程

Fig. 2 Processes of vertical averaged current vector and SSC in Lianyungang sea waters in April 2013

由于波浪能量和近岸潮流速度由废黄河口向连云港方向逐渐递减,岸滩侵蚀强度和含沙量也由废黄河口向连云港海域逐渐减小。废黄河口—海州湾沿岸年平均含沙量以废黄河口区最高,达 1.00 kg/m^3 ,灌河口沙嘴区年平均含沙量减小为 $0.50 \sim 0.60 \text{ kg/m}^3$;连云港海域波浪掀沙作用减弱,含沙量明显降低,徐圩港近岸区年平均含沙量为 $0.30 \sim 0.40 \text{ kg/m}^3$,至连云港港近岸区年平均含沙量则减少为 $0.20 \sim 0.25 \text{ kg/m}^3$ 。

连云港海域泥沙运动形式以悬沙输移为主,呈“波浪掀沙、潮流输沙”的规律,波浪是造成本区岸滩侵蚀的主要动力,潮流是泥沙输移和扩散的主要动力^[6]。含沙量的横向分布与水动力的强度一致,表现为“破波带内含沙量大、破波带外含沙量小”的特征,破波点附近为含沙量的峰值区,由破波点向岸和向海方向逐渐递减,向岸的递减较为缓慢,破波带外泥沙主要来源于波浪掀沙在潮流作用下的平流和扩散输移。连云港海域5 m等深线以内的区域(经常性破波带内)大潮最大含沙量为 $0.12\sim 0.24\text{ kg/m}^3$,5 m等深线以外的区域(经常性破波带外)大潮最大含沙量为 $0.11\sim 0.30\text{ kg/m}^3$ ^[7]。从大、小潮对比来看,大潮平均含沙量普遍大于小潮。

徐圩海域(S2站)含沙量由表层向底层逐渐增大,近底最大含沙量基本出现在流速最大的涨急和落急时刻,说明近底含沙量主要来自海床泥沙再悬浮;而废黄河口北侧(S4站)近底最大含沙量基本出现在涨急和落急后2~3 h,这表明近底含沙量除来自海床泥沙再悬浮外,还有潮流的平流输沙。王宝灿等^[8]通过对岸滩的地貌动态、沉积规律、水文特征的分析,海州湾存在着两股强度不同、物质成分明显差异的泥沙流,它们分别从岚山头方向和废黄河口一带向海州湾湾顶汇合。连云港及其邻近海域悬沙主要由废黄河口向海州湾输运,含沙量空间分布特征呈现以废黄河口为起点,沿NW方向沿程逐渐递减的趋势。

悬沙中值粒径呈现与含沙量空间分布大致相同的变化特征,灌河口沙嘴海域悬沙中值粒径相对较大,大潮悬沙中值粒径为 $12\sim 15\text{ }\mu\text{m}$;开山岛其次,悬沙中值粒径为 $10\sim 12\text{ }\mu\text{m}$;连云港和徐圩海域悬沙中值粒径相对较小,且二者较为接近,悬沙中值粒径为 $6\sim 9\text{ }\mu\text{m}$;海州湾顶最小,悬沙中值粒径为 $6\sim 7\text{ }\mu\text{m}$,泥沙类型主要为黏土质粉砂(图3)。

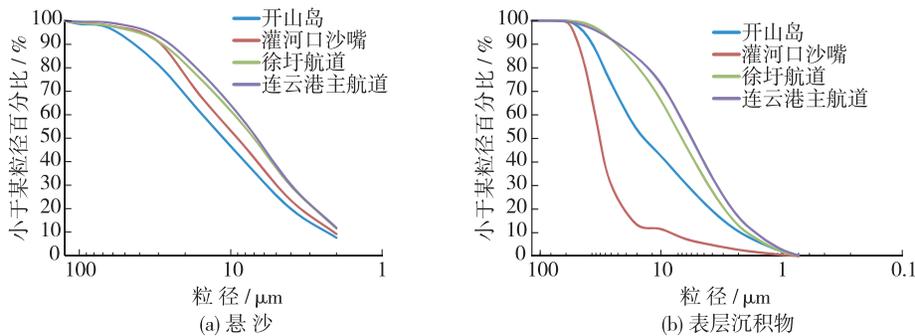


图3 悬沙和表层沉积物粒度分布

Fig. 3 Grain size distribution of suspended and surface sediments

2.2 表层沉积物分布

连云港海域表层沉积物分布与历史海岸变迁有密切关系。连云港海域属废黄河水下三角洲北翼及其延伸部分,历史上黄河夺淮期间大量泥沙入海,并随潮流向海州湾方向扩散运移并沉积在此^[9-10]。从沉积过程上分析,表层沉积物以黄河三角洲粉砂沉积层为主,向周边逐渐扩展变薄,并向黏土质粉砂和粉砂质黏土过渡。

连云港海域20 m等深线内、外的沉积环境存在差异。灌河口沙嘴区至外海20 m等深线以浅区域的表层沉积物主要受废黄河河口三角洲扩散沉积的影响,中值粒径为 $62\sim 125\text{ }\mu\text{m}$,沉积物类型以砂质粉砂、粉砂质砂和砂为主。灌河口沙嘴—埭子口—徐圩—连云港—海州湾湾顶沿岸10 m等深线以浅区域的表层沉积物中值粒径为 $4\sim 31\text{ }\mu\text{m}$,沉积物类型主要以粉砂质黏土和黏土质粉砂为主;10~20 m等深线之间沉积物中值粒径为 $62\sim 125\text{ }\mu\text{m}$,沉积物类型以粉砂质砂、砂质粉砂和粉砂为主;20 m等深线以外表层沉积物为末次冰期陆相残留砂沉积^[8],沉积物类型以粉砂和细砂为主(图4和图5)。海床沉积物的矿物组成以伊利石为主,约占60%,绿泥石约占20%,高岭土约占10%,以及少量蒙脱石,与黄河口沉积物一致,说明沉积物主要来源于黄河夺淮期间入海泥沙的连续沉积。因受波浪冲蚀,近岸浅滩表面区为粉砂和粉砂质砂的粗化沉积^[11]。

表层沉积物分布特征的分析表明,埭子口以西基本为 $D_{50} < 31 \mu\text{m}$ 的黏土质沉积物分布区,灌河口沙嘴基本为 $D_{50} > 31 \mu\text{m}$ 、黏粒含量 $< 15\%$ 的粉砂质沉积区。灌河口沙嘴表层沉积物最粗,中值粒径为 $81 \mu\text{m}$,开山岛表层沉积物中值粒径为 $25 \mu\text{m}$,连云港主航道和徐圩航道近岸区域表层沉积物相对较细,中值粒径分别为 9 和 $7 \mu\text{m}$,海州湾顶表层沉积物粒径最小,中值粒径为 $6 \sim 7 \mu\text{m}$ (图3)。

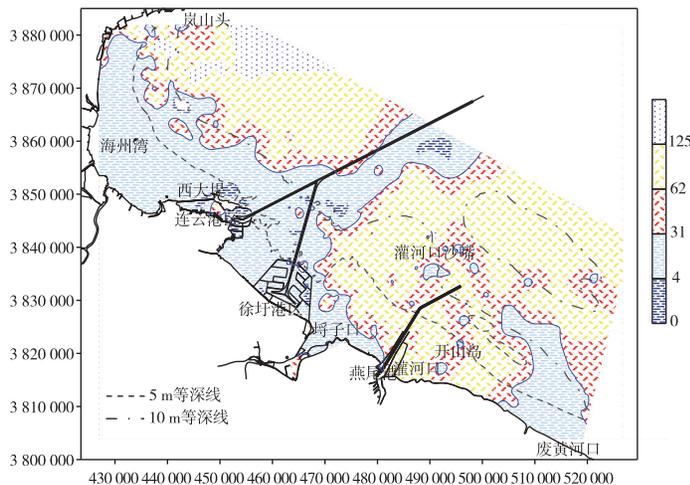
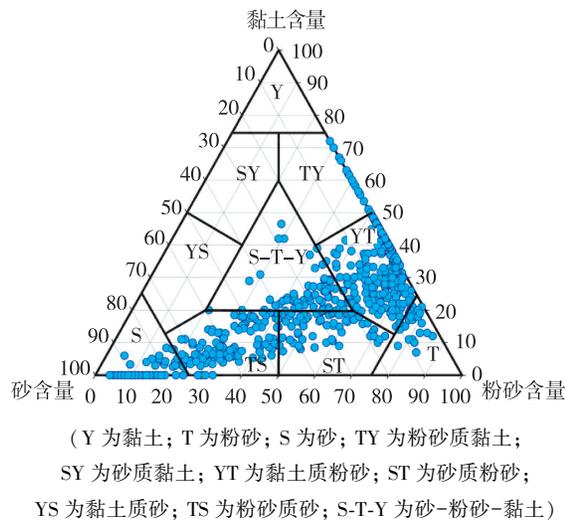


图4 沉积物中值粒径分布(单位: μm)

Fig. 4 Distribution of surface sediment D_{50} (unit: μm)



(Y 为黏土; T 为粉砂; S 为砂; TY 为粉砂质黏土; SY 为砂质黏土; YT 为黏土质粉砂; ST 为砂质粉砂; YS 为黏土质砂; TS 为粉砂质砂; S-T-Y 为砂-粉砂-黏土)

图5 表层沉积物组分

Fig. 5 Ternary diagram of sand/silt/clay proportions

2.3 悬沙与表层沉积物交换

悬沙和表层沉积物的交换率指示了二者粒度分布曲线上共有部分所占的比例,交换率越低,说明悬沙和表层沉积物粒度组中共有部分的百分比越少。根据已有研究,当交换率小于 0.2 时,悬沙主要以细颗粒泥沙组为主,表层沉积物主要以粗颗粒泥沙组为主,二者发生交换的几率较小;当交换率大于 0.5 时,悬沙和表层沉积物粒度分布上共有的粒度组分达 50% 以上,交换的几率较大,悬沙参与造床的比例也较大。另外,结合连云港海域地形冲淤变化分析,悬沙和表层沉积物交换率小于 0.2 时,地形冲淤变化幅度很小,悬沙和表层沉积物交换频率较低。

根据连云港海域悬沙和表层沉积物交换率的分析(图6),连云港港主航道 5 m 等深线以内区段悬沙和表层沉积物交换率为 $0.3 \sim 0.4$, 5 m 等深线以外区段悬沙和表层沉积物交换率约 $0.1 \sim 0.2$;徐圩航道交换率为 $0.1 \sim 0.4$,由防波堤口门向外海交换率逐渐减小。

上述分析表明,连云港港主航道和徐圩航道 5 m 等深线以外区域悬沙和表层沉积物交换率为 $0.1 \sim 0.2$,该区域正处于经常性破波带外,且缺少丰富的泥沙供应,整体含沙量水平较低,泥沙落淤的几率较小,因此航道回淤强度将处于较小水平,有利于今后航道的维护。

连云港港主航道和徐圩航道 5 m 等深线以内的区域悬沙和表层沉积物交换率为 $0.3 \sim 0.4$,该区域处于经常性破波带内,破波作用产生的紊动水流对底部泥沙产生冲刷,造成近底泥沙再悬浮,在近底层形成高含沙量区,所以该区域悬沙落淤对航道回淤有一定贡献,

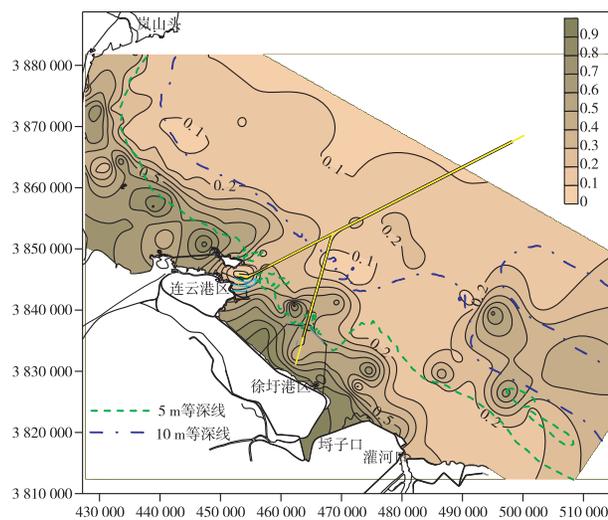


图6 连云港海域悬沙和表层沉积物交换率

Fig. 6 Spatial distribution of vertical sediment exchange ratio in Lianyungang and adjacent sea waters

其航道回淤量相对增大,这与实际的航道回淤情况基本一致^[12]。

正常天气条件下,灌河口沙嘴悬沙和表层沉积物交换率在0.2以下,表明正常天气条件下灌河口沙嘴区域悬沙和表层沉积物交换较少。连云港港及其临近海域悬沙和表层沉积物交换率大于0.5的区域主要集中在5 m等深线以内的经常性破波带水域,说明悬沙和表层沉积物交换频繁,悬沙大量参与造床。由于连云港港海域港池和航道回淤主要以悬沙落淤为主,因此,为减少泥沙回淤对徐圩港区港池正常运行的影响,建设防浪挡沙堤并将堤头布置在经常性大浪的破波带之外十分必要。

根据连云港海域典型区域悬沙和表层沉积物的粒度组分分析(图7)可知,开山岛、徐圩航道和连云港主航道区悬沙和表层沉积物交换较为频繁的是粒径小于62 μm 的细颗粒组分。灌河口沙嘴悬沙主要以细颗粒泥沙组分为主,表层沉积物主要以粗颗粒泥沙组分为主,悬沙和表层沉积物交换较少。

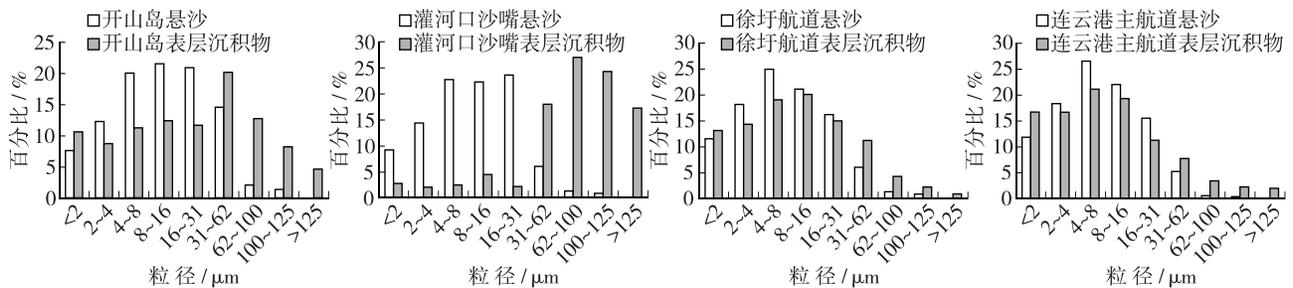


图7 连云港海域悬沙和表层沉积物粒度对比

Fig. 7 Comparison between suspended and surface sediment grain sizes in Lianyungang and adjacent sea waters

需要说明的是,研究成果仅代表了正常天气情况下的悬沙和表层沉积物交换特征,由于连云港海域大风天波浪作用对悬沙和表层沉积物粒度的影响十分明显,其悬沙和表层沉积物的交换特征可能有所不同。

3 结 语

连云港港及其邻近海域悬沙中值粒径呈现以废黄河口为起点,沿NW方向沿程递减趋势。灌河口沙嘴海域悬沙粒径相对较大,大潮悬沙中值粒径约12~15 μm ;开山岛其次,悬沙中值粒径10~12 μm ;连云港和徐圩海域悬沙中值粒径相对较小,二者较为接近,悬沙中值粒径约6~9 μm ;海州湾顶最小,悬沙中值粒径约6~7 μm ,泥沙类型主要为黏土质粉砂。

连云港海域表层沉积物分布特征与历史海岸变迁有密切关系。灌河口沙嘴区至外海20 m等深线以内的表层沉积物主要受废黄河河口三角洲扩散沉积的影响,20 m等深线以外表层沉积物为末次冰期前陆相残留沙沉积。埭子口以西基本为 $D_{50} < 31 \mu\text{m}$ 的黏土质沉积物分布区,灌河口沙嘴基本为 $D_{50} > 31 \mu\text{m}$ 、黏粒含量小于15%的粉砂质沉积区。灌河口沙嘴表层沉积物最粗,中值粒径为81 μm ,开山岛表层沉积物中值粒径为25 μm ,连云港港主航道和徐圩航道近岸区域表层沉积物相对较细,中值粒径分别为9和7 μm ,海州湾顶表层沉积物粒径最小,中值粒径为6~7 μm 。

连云港港主航道5 m等深线以内的区段悬沙和表层沉积物交换率为0.3~0.4,5 m等深线以外的区段交换率约0.1~0.2,徐圩航道为0.1~0.4,灌河口沙嘴交换率在0.2以下。悬沙和表层沉积物交换较为频繁的主要为粒径小于62 μm 的细颗粒组分。连云港港主航道和徐圩航道悬沙和表层沉积物交换率由内向外逐渐减小,说明航道回淤量由近岸向外海逐渐减小,与实测航道回淤强度分布特征基本一致,为研究航道回淤和航道维护提供了科学依据。交换率大于0.5的区域主要集中在5 m等深线以内的破波带水域,为减少泥沙回淤对徐圩港区港池正常运行的影响,建设防浪挡沙堤并将堤头布置在破波带之外十分必要。

参 考 文 献:

- [1] REN J, PACKMAN A I. Changes in fine sediment size distributions due to interactions with streambed sediments [J]. *Sedimentary Geology*, 2007, 202: 529-537.
- [2] LIU H, HE Q, WANG Z B, et al. Dynamics and spatial variability of near-bottom sediment exchange in the Yangtze estuary, China[J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2010, 86(3): 322-330.
- [3] 刘红, 何青, WELTJE G J, 等. 长江入海泥沙的交换和输移过程——兼论泥质区的“泥库”效应[J]. *地理学报*, 2011, 66(3): 291-304. (LIU Hong, HE Qing, WELTJE G J, et al. Sediment exchange and transport processes in the Yangtze River estuary: concurrent discussion on the effects of sediment sink in the muddy area[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2011, 66(3): 291-304. (in Chinese))
- [4] 刘红, 黄志扬, 丁健, 等. 挖槽回淤物粒度变化对航道回淤的影响[J]. *水利水运工程学报*, 2015(2): 1-8. (LIU Hong, HUANG Zhiyang, DING Jian, et al. Effect of waterway siltation by bed-material grain-size variation processes[J]. *Hydro-Science and Engineering*, 2015(2): 1-8. (in Chinese))
- [5] 中交上海航道勘察设计研究院有限公司. 连云港港 30 万吨级航道工程徐圩海域表层沉积物、海床和岸滩稳定性监测研究[R]. 上海: 中交上海航道勘察设计研究院有限公司, 2014. (Shanghai Waterway Engineering Design and Consulting Co Ltd. Report on observation of surface sediment, seabed and coastal stability study on the project of 300,000 ton waterway in Lianyungang harbor[R]. Shanghai: Shanghai Waterway Engineering Design and Consulting Co Ltd, 2014. (in Chinese))
- [6] 金鏐, 张勇, 陈德昌, 等. 淤泥质海岸水体含沙量横向分布研究[C]// 龚崇准. 连云港回淤研究论文集. 南京: 河海大学出版社, 1990: 46-55. (JIN Liu, ZHANG Yong, CHEN Dechang, et al. Cross-shore distribution of suspended sediment concentration on muddy coasts [C] // GONG Chongzhun. Symposium of Siltation Study in Lianyungang. Nanjing: Hohai University Press, 1990: 46-55. (in Chinese))
- [7] 中交上海航道勘察设计研究院有限公司, 华东师范大学河口海岸学国家重点实验室. 连云港港 30 万吨级航道二期工程海床和岸滩稳定性研究报告[R]. 上海, 2012. (Shanghai Waterway Engineering Design and Consulting Co Ltd, State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University. Report on the seabed and coastal stability study on the 2nd phase project of 300,000 ton waterway in Lianyungang harbor[R]. Shanghai, 2012. (in Chinese))
- [8] 王宝灿, 虞志英, 刘苍字, 等. 海州湾岸滩演变过程和泥沙流动向[J]. *海洋学报*, 1980, 2(1): 79-96. (WANG Baocan, YU Zhiying, LIU Cangzi, et al. The change of coasts and beaches and the movement of longshore sediments of Haizhou bay[J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 1980, 2(1): 79-96. (in Chinese))
- [9] 张忍顺. 苏北黄河三角洲及滨海平原的成陆过程[J]. *地理学报*, 1984, 39(2): 173-184. (ZHANG Renshun. Land-forming history of the Huanghe River delta and coastal plain of north Jiangsu[J]. *Acta Geographica Sinica*, 1984, 39(2): 173-184. (in Chinese))
- [10] 虞志英, 陈德昌, 金鏐. 江苏北部旧黄河水下三角洲的形成及其侵蚀改造[J]. *海洋学报*, 1986, 8(2): 197-206. (YU Zhiying, CHEN Dechang, JIN Liu. Forming and erosion of the abandoned Yellow River subaqueous delta in northern Jiangsu Province[J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 1986, 8(2): 197-206. (in Chinese))
- [11] 刘苍字, 虞志英, 陈德昌. 江苏北部淤泥质潮滩沉积特征和沉积模式的探讨[J]. *上海师范大学学报(自然科学版)*, 1980(4): 78-91. (LIU Cangzi, YU Zhiying, CHEN Dechang. A study of the sedimentary characteristic and model of the mud tidal flats in northern Jiangsu Province[J]. *Journal of Shanghai Normal University(Natural Sciences)*, 1980(4): 78-91. (in Chinese))
- [12] 应铭, 张华, 马兴华, 等. 连云港港 15 万吨级航道回淤观测研究[J]. *水运工程*, 2012(1): 143-147, 152. (YING Ming, ZHANG Hua, MA Xinghua, et al. Observation and analysis of siltation in 150 000 DWT channels at Lianyungang port[J]. *Port & Waterway Engineering*, 2012(1): 143-147, 152. (in Chinese))

Analysis of exchange of suspended and surface sediments in Lianyungang harbor and adjacent sea waters

LIU Hong¹, GU Yong², MA Xinghua¹, JIN Liu³

(1. *Shanghai Waterway Engineering Design and Consulting Co., Ltd., Shanghai 200120, China*; 2. *Shanghai Dredging Co., Ltd., Shanghai 200002, China*; 3. *Administration Bureau of Navigation Channel in Yangtze Estuary, Ministry of Transport, Shanghai 200003, China*)

Abstract: The analysis of the exchange of the suspended and surface sediments in the Lianyungang harbor and adjacent sea area was carried out based on the grain-size spectral calculation method, which provides a theoretical basis for the general layout of the breakwater entrance in the Xuwei port and the siltation research on the navigation channels in the Lianyungang harbor. From the calculated results it is found that the sediment exchange ratio in the main Lianyungang navigation channels and Xuwei navigation channels 5 m outside the isobaths is between 0.1 and 0.2, and the siltation intensity is relatively low, which is beneficial to the channel maintenance. The exchange ratio in the navigation channel 5 m inside the isobaths is between 0.3 and 0.4, and the suspended sediment deposition adds a contribution to the channel siltation. It indicates that there is a greater sedimentation in the section of this navigation channel. And the calculated results are consistent with the distribution characteristics of the measured siltation intensity, being a scientific basis for further researches on the channel siltation and maintenance. The sediment exchange ratio of the sand spit in the Guanhe River estuary is below 0.2 under the normal climate conditions. The sediment exchange ratio in the surf zone 5 m inside the isobaths is more than 0.5, which indicates that the suspended and surface sediments exchange occurs frequently. The particle size components of the sediment frequently exchanged are the fine particle size sediment ($<62\ \mu\text{m}$). The analysis results show that it is necessary to construct a sediment barrier and its head should be placed outside the surf zone for reducing influences of siltation on the normal port operation. The above results provide a case study for applying the grain-size spectral calculation method to the harbor and waterway engineering.

Key words: Lianyungang harbor; suspended sediment; surface sediment; grain-size spectral calculation method; sediment exchange