

珠江口黄茅海枯季表层沉积物特性及输移研究

贾良文, 文艺

(中山大学 近岸海洋科学与技术研究中心 广东 广州 510275)

摘要: 应用 2010 年 1 月和 2011 年 4 月黄茅海枯水大潮表层沉积物样品粒度分析资料, 研究了黄茅海枯季表层沉积物特征, 应用 Gao-Collins 粒径趋势分析模型, 研究了其表层沉积物输移趋势。研究表明, 黄茅海枯季表层沉积物类型以粘土质粉砂(YT)为主, 沉积物分选较差, 偏态以近对称为主, 峰态多为中等。湾顶至拦门沙内坡以北, 表层沉积物向下输移; 拦门沙内坡至大杧岛以北, 表层沉积物向上输移; 大杧岛至湾口, 其中, 大杧岛至荷包岛以西, 中口为自南向北搬运为主, 向上转为东南向西北输移为主, 大杧岛至荷包岛以东为自北向南搬运为主; 表层沉积物输移具有明显的偏西倾向。黄茅海水动力的空间变化是表层沉积物输移的基本成因。

关键词: 黄茅海; 表层沉积物; 特性; 输移

中图分类号: P512.2

文献标识码: A

文章编号: 0468-455X(2013)01-0060-07

1 前言

黄茅海位于珠江三角洲西部, 为一喇叭状河口湾(地理位置见图 1)。其下接南海, 上经崖门向上连通潭江, 经虎跳门连接西江。潭江年均径流总量 21.29 亿 m^3 , 多年平均流量为 $65\text{m}^3/\text{s}$ 。虎跳门和崖门占珠江八大口门的分流比分别为 3.9% 和 4.7%, 分沙比分别为 4.6% 和 4.9%。其潮汐属不正规半日潮类型, 荷包岛、崖南站的多年平均潮差分别为 1.34m、1.25m。黄茅海为以潮流作用为主的河口, 20 世纪 90 年代后崖门多年平均径潮比为 0.54。

掌握黄茅海的表层沉积物特征及输移规律对于其地形演变、出海航道的开挖及维护的研究有重要的意义, 而目前关于黄茅海泥沙的研究成果不足。公开发表的相关研究成果有: 詹仲昌^[1]对黄茅海水文泥沙特性进行了初步分析, 杨雪舞等^[2-4]研究了黄茅海的泥沙来源、泥沙运动和动力地貌体系、冲淤过程, 吴加学等^[5]运用 McLaren 模型研究了泥沙输移趋势和形成机制, 李瑞杰等^[6]进行了崖门出海航道的回淤分析研究, 汤立群等^[7]应用平面二维潮流泥沙数学模型研究了黄茅海围垦工程可能引起的水动力和泥沙运动的变化。

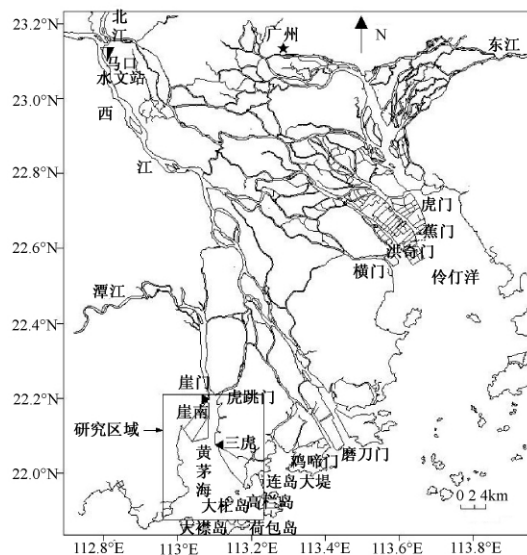


图 1 黄茅海的位置

Fig. 1 Location of Huangmao Estuary

收稿日期: 2012-04-13

基金项目: 广东省科技计划项目“珠江口黄茅海河口湾围填海的累积环境影响研究”(2011B031100008); 水利部公益性行业科研项目(200901034-01)

作者简介: 贾良文(1966-) 男, 江苏涟水人, 博士, 副教授, 主要从事河口海岸研究。E-mail: jialwen@126.com

本文根据 2010 年 1 月 1-3 日期间于黄茅海河口湾采集的 105 个表层沉积物和 2011 年 4 月 21-22 日期间于黄茅海河口湾采集的 101 个表层沉积物(采样点见图 2)的粒度资料分析黄茅海枯季表层沉积物特征。2011 年 4 月 21-22 日采样使用 0.025 方抓斗取样,采样深度砂样一般在 5cm 以内,泥样在 5~15cm。2010 年 1 月 1-3 日期间使用锥式采样器抓取。两次采样期间均为枯水大潮。使用筛分法和马尔文 MS2000 激光粒度分析仪法对样品进行联合分析。当粒径 $> 0.25\text{mm}$,使用筛分法;当粒径 $\leq 0.25\text{mm}$,使用马尔文 MS2000 激光粒度分析仪法。分析采用 Φ 粒径指标, $\Phi = -\log_2 d$, d 为 mm 粒径值。沉积物命名和粒度参数计算根据中国《海洋调查规范》^[8] 粒度参数计算公式

$$\text{中值粒径 } M_d = \Phi_{50}; \text{平均粒径 } M_z = \frac{\Phi_{16} + \Phi_{50} + \Phi_{84}}{3}$$

$$\text{峰态值 } K_g = \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{2.44(\Phi_{75} - \Phi_{25})}; \text{偏态值 } S_{ki} = \frac{\Phi_{84} + \Phi_{16} - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{84} - \Phi_{16})} + \frac{\Phi_{95} + \Phi_5 - 2\Phi_{50}}{2(\Phi_{95} - \Phi_5)}$$

$$\text{分选系数 } \sigma_i = \frac{\Phi_{84} - \Phi_{16}}{4} + \frac{\Phi_{95} - \Phi_5}{6.6}$$

2 表层沉积物特性

2.1 表层沉积物组成

根据 2010 年 1 月 1-3 日采样资料,黄茅海区域平均中值粒径 $6.32\Phi(0.013\text{mm})$,属细粉砂。表层沉积物类型以粘土质粉砂(YT)为主(见图 2)。在所采的 105 个底质样品中,粘土质粉砂占总样品的 84.7%,其次为砂、粉砂质砂、砂质粉砂,沉积物种类较少。沉积物粒级组成以粉砂为主,粉砂含量平均占到 62%,其次为粘土,平均含量为 24%;再次为砂,平均含量为 14%。

根据 2011 年 4 月 21-22 日采样资料,黄茅海区域平均中值粒径 $6.22\Phi(0.013\text{mm})$,属细粉砂。表层沉积物类型以粘土质粉砂(YT)为主(见图 2)。在所采的 101 个底质样品中,84 个样品为粘土质粉砂,占总样品的 83%,其次为粘土-粉砂-砂(5 个)、粘土-砂-粉砂(4 个),其它为粉砂、砂质砾、砾质砂、粉砂质、砂等,沉积物种类较少。沉积物粒级组成以粉砂为主,101 个样品中粉砂含量平均占到 60%,粉砂含量达 60% 以上的样品占总样品的 75%;其次为粘土,平均含量为 24%;再次为砂,平均含量为 14%;砾石平均含量仅为 2%。

两次采样所得出的表层沉积物组成特点非常相似,只是 2010 年 1 月采样的样品中未见 2011 年 4 月样品中所见到的砾质砂、砂质砾等粗粒沉积物。

2.2 分选、偏态、峰态特征

根据福克和沃德^[9]的分选性、偏态、峰态等级,黄茅海表层沉积物的分选性、偏态、峰态特点如下:

(1) 总体上,沉积物分选较差。2010 年 1 月 1-3 日采样的样品中,22 个样品在 2.0~3.5 之间,属分选差,占总样品的 21%,有 80 个样品介于 1.0~2.0 之间,属分选较差,占总样品的 76%。2011 年 4 月 21-22 日采集的 101 个底样中,35 个样品分选系数在 2.0~3.5 之间,属分选差,占总样品的 35%,有 65 个样品介于 1.0~2.0 之间,属分选较差,占总样品的 64%。

(2) 偏态以近对称为主。2010 年 1 月 1-3 日采样的样品中,偏态系数在 $-0.10 \sim 0.10$ 之间的 79 个,属近对称,约占 75%; $-0.30 \sim -0.10$ 之间的 16 个,属负偏,占 15%; $0.10 \sim 0.30$ 之间的 3 个,属正偏,约占 3%。2011 年 4 月 21-22 日采集的 101 个样品中,偏态系数在 $-0.10 \sim 0.10$ 之间的 81 个,属近对称,约占 81%; $-0.30 \sim -0.10$ 之间的 13 个,属负偏,占 13%; $0.10 \sim 0.30$ 之间的 7 个,属正偏,约占 7%。

(3) 以中等峰态为主。2010 年 1 月 1-3 日采样的样品中,峰态在 0.90~1.11 之间的有 79 个,属中等峰态,约占 75%;其次为宽峰态,峰态值在 0.67~0.90 之间,在总样本中有 19 个,约占 18%。2011 年 4 月 21-22 日采集的 101 个样品中,峰态值在 0.90~1.11 之间的有 67 个,属中等峰态,约占 67%;其次为宽峰态,峰态值在 0.67~0.90 之间,在总样本中有 34 个,约占 34%。

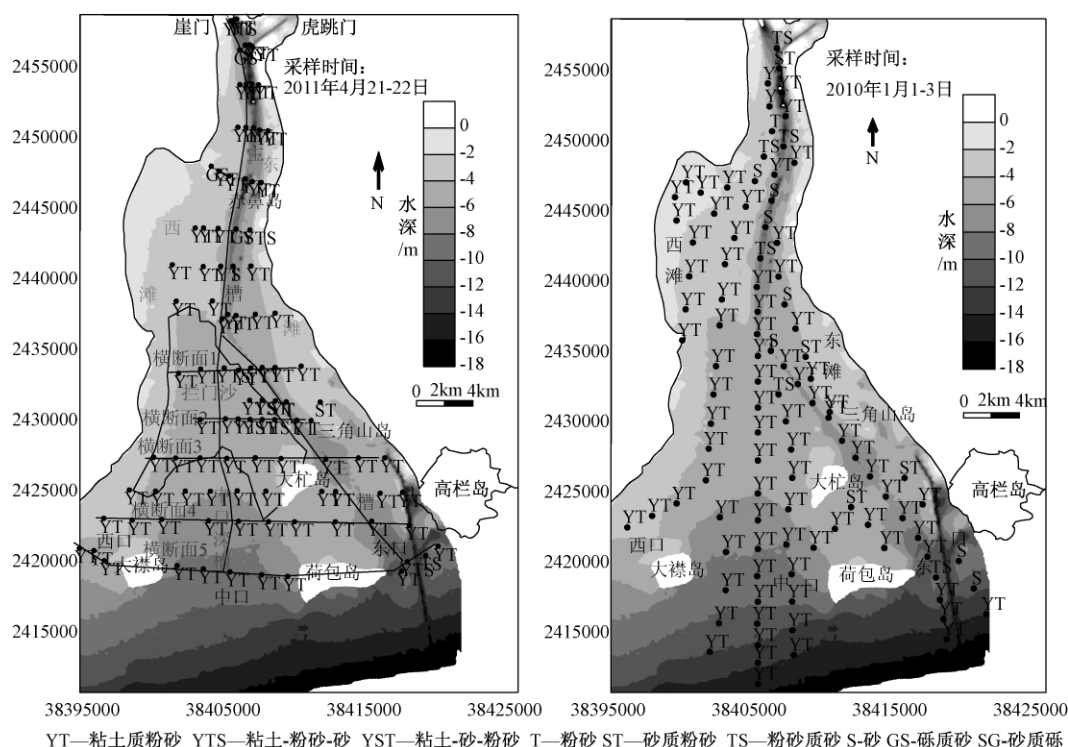


图2 黄茅海表层沉积物类型分布

Fig. 2 Distribution of surface sediments in Huangmao Estuary

3 沉积物特性的空间变化

3.1 表层沉积物分布

黄茅海广大区域,包括东滩、西滩、拦门沙浅滩、深槽等主要地形单元均以粘土质粉砂为主,粗颗粒泥沙包括砂质砾、砾质砂、砂,主要分布在崖门至赤鼻岛附近的主槽内,此处为整个黄茅海区域动力最强的区域。据主槽钻探资料^①,主槽内砂砾层沉积仅呈薄层状铺盖下伏砂质淤泥层上,厚度约0~2m。由于主槽动力较强,遭受侵蚀后砂砾层出露。拦门沙内坡近主槽处有少量砂、粉砂等稍粗沉积物分布,这种类型砂指示物质来源于主槽砂砾沉积中细粒部分,是下泄流在主槽出口扩散沉积所形成。代表主槽粗颗粒物沿主槽向拦门沙的搬运和沿程分选作用。在高栏岛与荷包岛之间的东口内亦有少量砂级沉积物分布,这主要是因为东口为主要的进潮口,潮流动力较强。

3.2 纵向变化

采用2011年4月21-22日采集的样品,沿主槽至东口取16个样品作纵向剖面,沿主槽至中口取14个样品作两个纵向剖面研究黄茅海底质的纵向变化(剖面位置见图2)。由图3可见,沿主槽有两个泥沙粒径较粗的区域,一为虎跳门口附近,二为赤鼻岛附近。另外,东口内、拦门沙内坡泥沙粒径相对较粗,有少量砂级沉积物。由北至南,泥沙粒径变化不大,但总体呈变粗的趋势,分选系数呈变差的趋势。

3.3 横向变化

采用2011年4月21-22日采集的样品,沿拦门沙内坡(断面1)、拦门沙顶(断面2、3)、拦门沙外坡(断面4)、湾口(断面5)(剖面位置见图2)共取五个横断面进行表层沉积物横向变化分析。

从横断面上来看,各断面均以主槽、中口深槽处粒径较粗,湾口位置以东口粒径最粗。东滩和西滩

① 广东省航道局,珠江水利委员会. 黄茅海拦门沙演变及回淤分析. 1994.

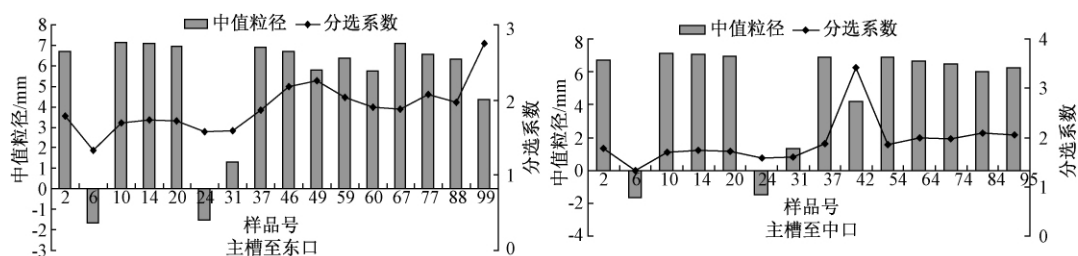


图3 黄茅海表层沉积物纵向变化

Fig.3 Longitudinal variation of surface sediments in Huangmao Estuary

中值粒径和分选系数相差不大(图4)。

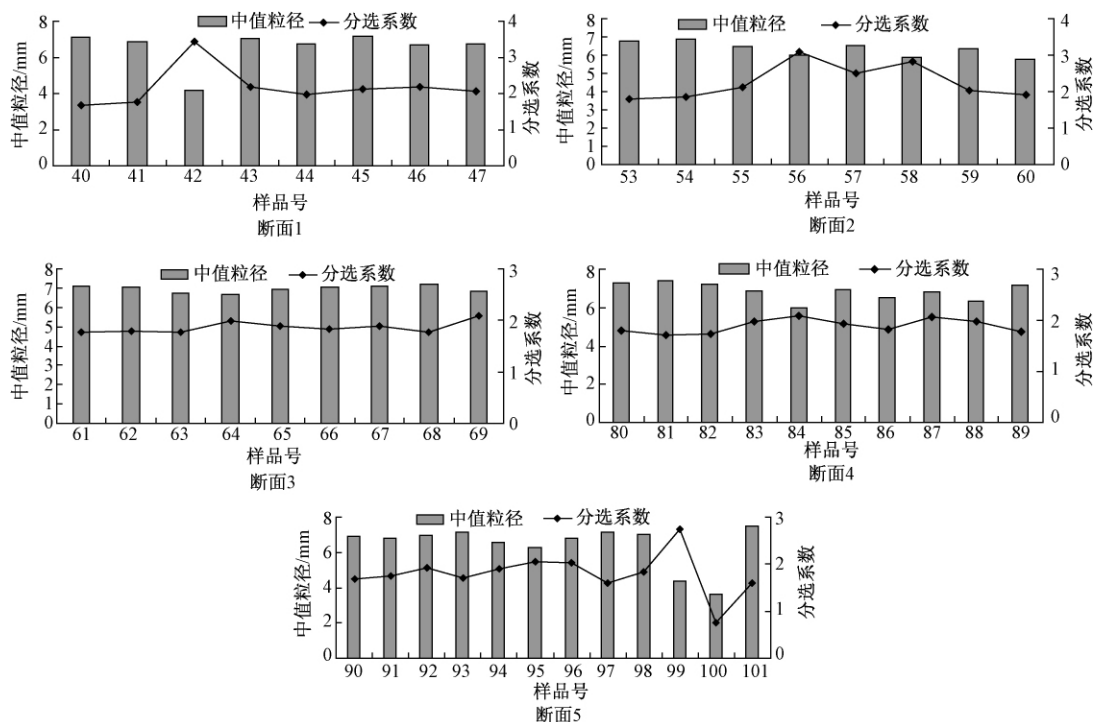


图4 黄茅海表层沉积物横向变化

Fig.4 Transversal variation of surface sediments in Huangmao Estuary

4 底质输移分析

2011年4月21-22日采集的样品基本呈网格状分布,而2010年1月1-3日的样品按纵向剖面采集,不呈网格状分布。样品间距空间变化较大,故仅采用2011年4月21-22日采集的样品,应用Gao-Collins粒径趋势分析模型,按网格选取了84个样品对黄茅海河口湾表层沉积物输移方向进行分析。

根据沉积物的3种粒度参数(平均粒径、分选系数及偏态)的平面分布特征,对相邻两个采样点的粒度参数进行比较,可以定义8种粒径趋势。其中两种类型的粒径趋势在沉积物的净搬运方向上有较高的出现概率,即(1)沉积物在运移方向上分选变好、粒径变细且更加负偏;(2)沉积物在运移方向上分选变好、粒径变粗且更加正偏。对两个相邻的采样点的粒度参数进行一一比较,则可以确定各采样点的粒径趋势矢量^[10,11]。判断2个采样点是否相邻,可用特征距离 D_{cr} 来衡量。若两采样点之间的间距大于 D_{cr} ,则认为相邻,否则不相邻^[11]。对每个采样点得到的矢量进行合成,可得到一个合矢量。求出各个采样点的合矢量,并对其进行平滑处理,以消除“噪声”,可得到研究区沉积物二维搬运趋势^[12]。

特征距离 D_{cr} 一般可采用最大采样间距,排除一些岛屿相隔的样品间距,本文采用4500m。消除

“边缘效应”^[13]的影响,所得到的泥沙输运趋势见图5。根据计算结果,黄茅海表层沉积物输运方向主要特点为:

(1) 湾顶至拦门沙内坡以北,表层沉积物输运方向为自北向南,即向下输移。

(2) 拦门沙内坡至大杙岛以北,表层沉积物输运方向为自南向北,即向上输移。

(3) 大杙岛至湾口之间,其中,大杙岛至荷包岛以西,中口为自南向北搬运为主,向上转为东南向西北输移为主,大杙岛至荷包岛以东为自北向南搬运为主。

(4) 表层沉积物输移具有明显的偏西倾向,无论向下输移还是向上输移均有偏西的倾向,这可能是目前西滩淤涨较快的原因之一。

5 底质输移成因分析

5.1 黄茅海水动力的空间变化

我们应用2003年地形图采用ELCIRC模式建立了二维水动力模型,应用2003年4月水文同步观测资料对模型进行了验证,模型验证良好,模型具体情况见文献[14]。根据此模型分析黄茅海水动力的空间变化特点。根据数值模拟计算结果,黄茅海海区涨、落潮流呈南北往复运动,从湾顶至湾口水流分散,落潮流速由湾顶向湾口递减,涨潮流速由湾口向湾顶递增,落潮水位由湾顶向湾口递减,涨潮水位由湾口向湾顶递减,个别区域如三角山岛与大杙岛峡口之间涨、落潮流速一直较大,黄茅海河口湾中部拦门沙顶位置处涨落潮流速均很小,根据动力的空间差异可将河口湾分为三个动力区(图6)。

下泄流控制区 这一区域的范围为湾顶至三虎以下4km处,长约21km,宽3km左右,深6~17m,流速较大,各层的流向基本一致;落潮历时大于涨潮历时,单宽净输水指向海;是海区水流动力最强的区域之一,湾顶区最大流速可达到1.5m/s。

上溯流控制区 黄茅海湾口有荷包岛、大襟岛、三角山岛和大杙岛等岛屿,这些岛屿间构成了基岩峡口,峡口间水动力相对较强,泥沙不易在此落淤。该区水动力特征是涨潮历时较长,单宽净输水指向湾内,以上溯流作用为主。

过渡区 这一区域位于上溯流和下泄流控制区之间,动力较弱,在黄茅岛南至大杙岛西侧之间,水深3~4m。流速较小,涨、落潮流速均较其余两动力区小;下泄流与上溯流在此段交汇,为河口湾中动力最弱的区域。

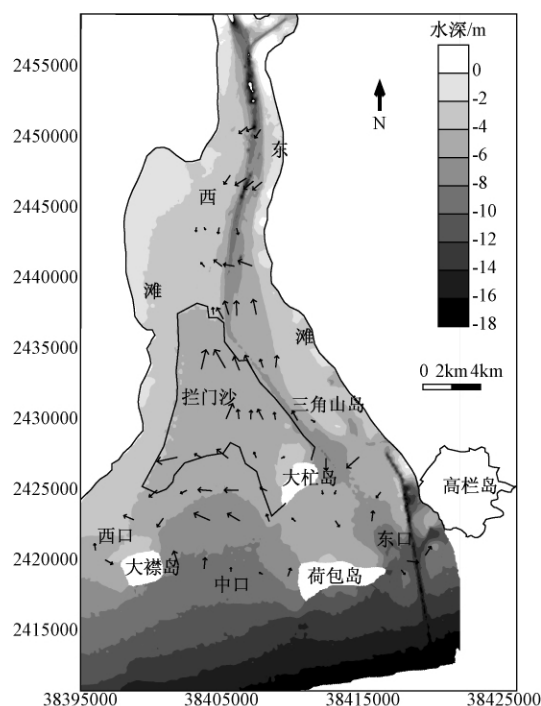


图5 黄茅海表层沉积物输移矢量图

Fig. 5 Vector of surface sediment transport in Huangmao Estuary

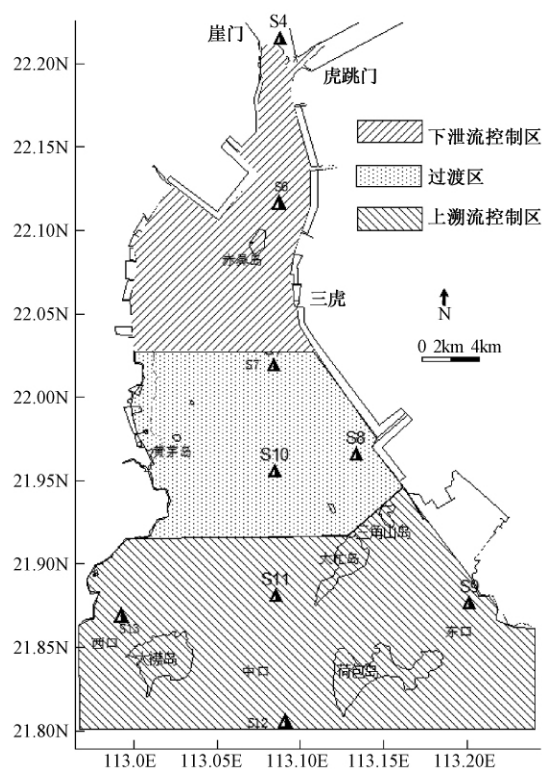


图6 黄茅海水动力分区示意图(据文献[13]修改)

Fig. 6 Sketch of hydrodynamic zonation in Huangmao Estuary

5.2 优势流分析

我们应用黄茅海 2010 年 1 月 1-2 日枯水大潮实测流速资料进行优势流分析。空间上,沿纵向选取 S6、S7、S10、S11、S12 站(见图 6)进行分析。量取各站表、中、底层涨潮流速的面积 F ,落潮流速的面积 E ,则下泄流所占的面积分数为 $E/(E+F) \times 100\%$,当 $E/(E+F) > 50\%$,则下泄流为优势, $E/(E+F) < 50\%$,则上溯流为优势。计算结果如图 7,由图 7 可见 2010 年 1 月 1-2 日枯水大潮期间,各站表层均为下泄流占优势,但在 S11、S12 号站中

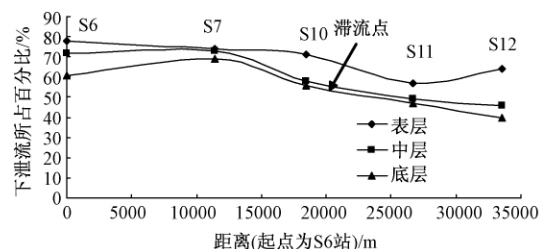


图 7 黄茅海优势流变化

Fig. 7 Change of advantage current in Huangmao Estuary

层、底层均为上溯流占优势。滞流点位置位于 S10 站下游,距湾口约 15km,即拦门沙顶的位置,该段正是目前黄茅海淤积较旺盛的区域。滞流点以下以上溯流作用为主,以上进入到过渡区。与模型计算结果基本一致。

从以上的黄茅海水动力空间变化特征可知,黄茅海的表层沉积物输移趋势与其动力的空间变化基本一致。下泄流控制区以向下输移为主,上溯流控制区以向上输移为主。过渡区下泄流与上溯流在此段交汇,表层沉积物输移仍以向上为主,这主要与过渡区底部的动力结构有关,需结合三维水动力模型进行进一步分析。黄茅海粗颗粒泥沙分布的部位如崖门至赤鼻岛附近的主槽、高栏岛与荷包岛之间的东口是海区水动力最强的部位,而广大的西滩和东滩水动力较弱,是细颗粒泥沙淤积的主要场所。

6 主要结论

(1) 黄茅海枯季表层沉积物类型以粘土质粉砂(YT)为主,分选较差,偏态以近对称为主,多为中等峰态。

(2) 黄茅海粗颗粒泥沙包括砂质砾、砾质砂、砂,主要分布在崖门至赤鼻岛附近的主槽内,拦门沙内坡、东口内也有少量砂、粉砂等稍粗沉积物分布。横向上,以主槽、中口深槽处粒径较粗,湾口以东口粒径最粗。东滩和西滩中值粒径和分选系数相差不大。

(3) 采用 Gao-Collins 粒径趋势分析模型对黄茅海河口湾枯季表层沉积物输移方向进行了分析。根据计算结果,黄茅海表层沉积物输移方向主要特点为:湾顶至拦门沙内坡以北,表层沉积物向下输移;拦门沙内坡至大杙岛以北,表层沉积物向上输移;大杙岛至湾口,其中,大杙岛至荷包岛以西,中口为自南向北搬运为主,向上转为东南向西北输移为主,大杙岛至荷包岛以东为自北向南搬运为主;表层沉积物输移具有明显的偏西倾向。

(4) 黄茅海的表层沉积物输移趋势与其动力的空间变化基本一致,下泄流控制区以向下输移为主,上溯流控制区以向上输移为主,过渡区也以向上输移为主。

参考文献:

- [1] 詹仲昌. 珠江口海岸带与海涂资源综合调查文集(四) [C]. 广州: 广东科技出版社, 1986: 301-308.
- [2] 杨雪舞. 珠江黄茅海河口湾泥沙来源和运移过程分析 [J]. 海洋通报, 1993, 12(6): 53-61.
- [3] 杨雪舞, 王文介. 珠江黄茅海河口湾水动力沉积和泥沙运动的统计研究 [J]. 海洋工程, 1994(4): 42-51.
- [4] 杨雪舞, 于红兵. 黄茅海河口湾现代动力地貌体系和冲淤过程分析 [J]. 热带海洋, 1997, 16(1): 49-59.
- [5] 吴加学, 沈焕庭. 黄茅海河口湾泥沙输移研究-兼论 McLaren 模型在河口中的应用 [J]. 泥沙研究, 1999(3): 26-31.
- [6] 李瑞杰, 王昌杰. 珠江口崖门出海航道回淤分析 [J]. 中国港湾建设, 2005, 4(2): 5-7.
- [7] 汤立群, 梁建林. 黄茅海围垦工程潮流泥沙变化数值模拟 [J]. 泥沙研究, 2008(2): 9-15.
- [8] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T12763.8-2007,《海洋调查规范》第 8 部分: 海洋地质地球物理调查 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.

- [9] Folk , R. L. , Ward ,W. C. . Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters: Journal of Sedimentary Petrology ,1957 27: 3 –26.
- [10] Gao Shu ,Collins Michael. A critique of “McLaren Method” for defining sediment transport paths[J]. Journal of Sedimentary Petrology ,1991 61: 143 –146.
- [11] Gao Shu ,Collins Michael. Net sediment transport pattern inferred from grain size trends ,based upon definition of “transport vectors” [J]. Sedimentary Geology ,1992 81(3 /4) : 47 –60.
- [12] Gao Shu. A Fortran program for grain size trend analysis to define net sediment transport pathways [J]. Computer & Geosciences ,1996 22(4) : 449 –452.
- [13] 高抒. 沉积物粒径趋势分析: 原理与应用条件[J]. 沉积学报 2009 27(5) : 826 –836.
- [14] 罗军. 十年至百年尺度黄茅海地形演变及成因研究[D]. 广州: 中山大学 2010.

Study of characteristics and transport pattern of surface sediment during dry seasons in Huangmao Estuary

JIA Liang-wen , WEN Yi

(Center for Coastal Ocean Science & Technology Research , Sun Yat-sen University , Guangzhou 510275 China)

Abstract: Based on the grain size analysis of surface sediments sampled in the Huangmao Estuary in January 2010 and in April 2011 , the characteristics of the surface sediments in the Huangmao Estuary are studied and the surface sediments transport pattern is scrutinized employing the grain size trend analysis. The results indicate that the surface sediments are mainly muddy silt , poorly sorted , symmetrical , and mesokurtic. From the head of the estuary to the north of inner slope of the sand bar , the surface sediment is transported downstream; from the inner slope to the north of Damang island , the surface sediment is transported upstream; from Damang island to the outlets of the estuary , three types of sediment transport exist; among which , to the west of Damang island and Hebao island , in the middle outlet , the surface sediment is transported from south to north , further upstream it is from southeast to northwest; to the east of Damang island and Hebao island , it is transported from north to south. The surface sediment is generally deflected to the west. The spatial change and transport pattern of the surface sediment are well in agreement with the hydrodynamic change in the Huangmao Estuary.

Key words: Huangmao Estuary; surface sediment; characteristics; transport pattern