

胶州湾表层沉积物粒度特征 及其沉积环境

庄海海^{1,2,3}, 徐绍辉^{1*}, 高茂生^{2,3}, 侯国华^{2,3}, 白二涛⁴, 黄学勇⁵

(1 青岛大学环境科学与工程学院, 青岛 266071; 2 自然资源部海洋环境地质重点实验室, 青岛 266071;

3 中国地质调查局青岛海洋地质研究所, 青岛 266071; 4 青海鸿鑫矿业有限公司, 青海格尔木 816099;

5 辽宁师范大学城市与环境学院, 大连 116029)

摘要:通过对胶州湾 44 个表层沉积物样品粒度组分进行分析, 探讨了该区表层沉积物粒度特征和沉积物类型; 并以沉积物组分分布和粒度特征为依据对沉积物进行聚类分析, 结合其周边河流以及海底地貌分布, 对其沉积环境进行了划分。结果表明, 研究区沉积物类型主要有砂质粉砂、粉砂、粉砂质砂和泥; 沉积物主要粒级为 $1.1\Phi \sim 7.1\Phi$, 优势粒级为 $5\Phi \sim 7\Phi$, 平均值为 5.7Φ , 粉砂的平均含量达到 58.6%, 砂、黏土的平均含量为 23.6% 和 17.3%。将研究区沉积环境划为 4 类: 湾顶及东部近岸浅水区域(I), 大沽河—洋河水下三角洲区域(II), 湾西南部及中部深水区域(III)和沧口砂脊周边及湾口区域(IV)。

关键词:胶州湾; 沉积物; 粒度特征; 沉积环境

中图分类号: P736; TE121.3⁺¹

文献标识码: A

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2018.09004

粒度特征是沉积物研究的基本指标之一, 其组成和分布主要受控于物源、搬运方式、水动力条件及地形地貌等因素^[1-3]。因此, 通过分析沉积物粒度特征及其分布规律可以反映水动力条件, 识别沉积环境类型等^[4]。众多学者已经尝试利用沉积物的来源、粒度特征、地形及水动力条件识别沉积环境^[5-7]。但对粒度分布的环境解释存在多解性, 即不同的环境可能出现相似的动力学条件, 使得粒度特征表现出重复性; 或者相反, 同一环境有迥然不同的粒度特征, 而表现出异化性, 所以这一

方法只能取得有限的成功^[8]。

目前, 对胶州湾潮流体系的形成^[9]、沉积物运移^[10]和受污染程度^[11]都进行了详尽的研究, 对其工程地质环境也进行了区划^[12]。近年来, 围填海、堤坝加固和跨海大桥等工程对胶州湾沉积环境造成一定的改变, 笔者分析了胶州湾表层沉积物类型分布, 并以沉积物组分分布和粒度特征为依据, 结合其周边河流以及海底地貌分布, 对其沉积环境进行了划分。这对胶州湾的港口建设、航道的维护和整治及环境保护具有重要的意义, 并且有助于系统认识当下胶州湾的沉积环境。

1 研究区概况

胶州湾位于山东半岛南侧, 黄海西岸, 地理区位 $35^{\circ}58' - 36^{\circ}18'N$, $120^{\circ}04' - 120^{\circ}23'E$, 是一个深入内陆的半封闭的天然海湾(图 1)。海岸类型有 3 种, 即基岩港湾海岸、砂质和粉砂淤泥质平原

收稿日期: 2018-05-31

基金项目: 科技部基础性工作专项(2014FY210600); 国家重点研发专项(2016YFC0402801); 中国地质调查项目“渤海湾西部等重点海岸带综合地质调查”(DD20160144)

作者简介: 庄海海(1993—), 男, 在读硕士, 主要从事地下水溶质运移模拟和海岸带环境研究工作。E-mail: 1415540658@qq.com

*** 通讯作者:** 徐绍辉(1963—), 男, 教授, 主要从事污染物在土壤、地下水中运移的数值模拟。E-mail: shhxu@qdu.edu.cn

海岸、充填型河口湾海岸,基岩港湾海岸主要分布在黄岛、薛家岛、团岛及红岛等岸段;砂质和粉砂淤泥质平原海岸主要分布在湾的西岸和西北岸;充填型河口湾海岸是指红岛的东大山至娄山一线海岸^[13]。流入湾区的河流主要有大沽河、海泊河、墨水河和李村河等。其中大沽河多年平均入海沙量为 3.7×10^5 t,占胶州湾河流总入海沙量的 64.2%^[14]。流域多年平均降水量为 675.6 mm,降水年际变化大且年内分布不均匀,约 80% 的降水集中在汛期(6—9 月)^[15]。

从区域构造分析,胶州湾是一个白垩纪初期形成的上升地块上的一个凹陷盆地^[16]。湾内底质成分可分为砂砾与基岩、中粗砂、细砂、粉砂—黏土和粉砂质淤泥 5 种类型,其中砂砾与基岩主要分布于湾口地带,细砂、黏土类主要分布于湾内及湾顶地段,粉砂质淤泥在湾内广泛分布;地层有古生界胶南群邱官庄组、白垩系的青山组和莱阳组,此外还有燕山期的花岗岩。其中邱官庄组主要为中厚层的白云变粒岩和黑云变粒岩及浅粒岩;青山组和莱阳组主要以青山组中酸性火山岩和中基性火山岩为主^[12]。全新世以来基本上以沉积作用为主,全新世海相沉积物的厚度为 0~5 m^[17]。水下地形,西北浅、东南深,湾的西北部有 7~8 km 的潮间带,最深部位在湾口地区。海

域面积约 397 km²,平均水深 7 m。潮汐属于正规半日潮,常浪向是 SE 向,强浪向为 E 和 NNE 向,平均潮差 2.8 m,主要为略带顺时针旋转的往复流^[17]。

2 材料与方法

2015 年 5 月,在胶州湾采集 44 个表层沉积物样品(深水处采用抓斗式采泥器),每个样品约重 500 g,并利用手持 GPS 定位。研究区及采样站位见图 1。沉积物粒度分析在自然资源部青岛海洋地质实验检测中心完成,采用激光粒度分析仪(Mastersizer 2000)进行测定。具体步骤如下:取适量沉积样品于烧杯中,加入 5 mL 30% 的双氧水和 0.25 mol/L 的盐酸去除样品中的有机质和碳酸盐,至不起泡为止。将烧杯加满蒸馏水,用玻璃棒充分搅拌,静置 24 h,去除上清液,用蒸馏水调节 pH 至中性。处置后的样品超声波震荡离散后,使用激光粒度分析仪进行测定。测量范围为 0.2~2 000 μm ,粒径分辨率 0.01 Φ ,重复测试的相对误差 <2%。粒径标准采用 Udden-Wentworth Φ 值粒径标准^[18],粒度参数(平均粒径、分选系数、偏度系数、峰度系数)采用图解法进行计算,此外,沉积物的分类和定名采用 Folk 三端元分类法^[19]。

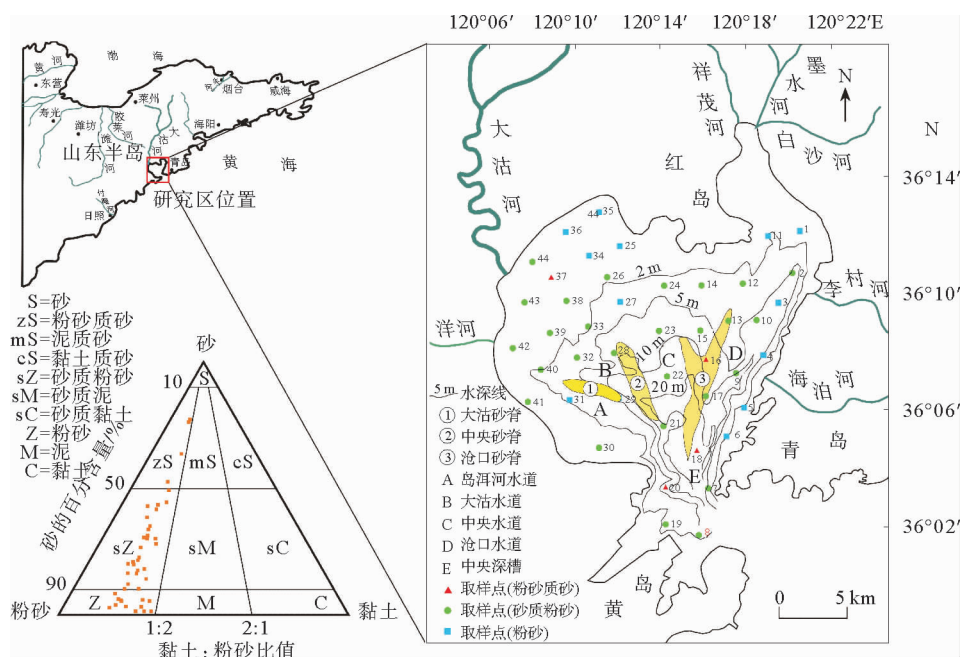


图 1 胶州湾取样站位和沉积类型分布(胶州湾地貌分类据文献[9]修改)

Fig. 1 Location of sampling stations and distribution of surface sediments in the Jiaozhou Bay (modified from reference [9])

3 结果与讨论

3.1 沉积物类型及分布

根据 Folk 三角图法对胶州湾的沉积物进行分类(图 1)。结果显示,沉积物以砂质粉砂为主

(61.4%),粉砂较多(29.5%),还有少部分粉砂质砂(9.1%),沉积物组分及粒度参数特征值见表 1。

砂质粉砂几乎遍布胶州湾。平均粒径均值为 5.6Φ ,粉砂含量高(57.2%)。分选系数均值为 2.2Φ ,分选性差;偏度系数均值为 0.1,峰度系数均值为 0.8,为宽平的正偏分布。

表 1 不同沉积物类型组分及粒度参数特征值
Table 1 Grain size parameters of various sediments

类型	特征值	砂/%	粉砂/%	黏土/%	平均粒径/ Φ	分选系数/ Φ	偏度系数	峰度系数
砂质粉砂	平均值	26.6	57.2	16.3	5.6	2.2	0.1	0.8
	最大值	49.5	72.2	28.8	6.9	3.4	0.5	1.6
	最小值	1.5	37.6	9.4	4.3	1.8	-0.2	0.7
粉砂	平均值	5.3	72.6	22.1	6.7	1.7	0.0	1.0
	最大值	14.4	80.7	31.2	7.1	2.1	0.3	1.1
	最小值	1.4	62.7	15.4	6.4	1.5	-0.1	0.8
粉砂质砂	平均值	62.9	22.7	8.4	2.9	2.8	0.4	0.8
	最大值	76.4	36.0	11.3	4.7	3.3	0.6	1.1
	最小值	52.7	12.0	5.0	1.1	1.8	0.3	0.6

粉砂分布范围较广,主要分布在湾顶及东部近岸浅水区域。平均粒径均值为 6.7Φ ,以粉砂含量为主,约占 72.6%。分选系数均值为 1.7Φ ,分选性差;偏度系数均值为 0,峰度系数均值为 1.0,为中等对称分布。

粉砂质砂零星分布于湾口、大沽河口和中部。平均粒径均值为 2.9Φ ,砂含量高(62.9%)。分选系数均值为 2.8Φ ,分选性差;偏度系数均值为 0.4,峰度系数均值为 0.8,为宽平的极正偏分布。

3.2 沉积物粒度组分平面分布

胶州湾表层沉积物样品中砂、粉砂和黏土的平均含量达到 23.6%、58.6%和 17.3%。砂粒组的百分含量分布如图 2a 所示,其数值变化很大,分布范围为 1.4%~76.4%。砂含量的高值区(>50%)主要分布在湾口,零星分布在沧口砂脊附近,大沽河口东侧含量也较高;低值区(<10%)主要位于西南部及湾顶区域。

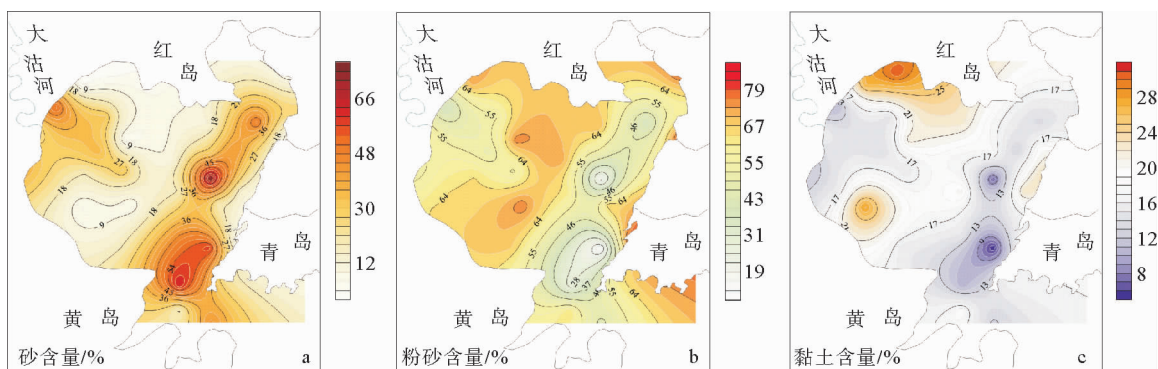


图 2 沉积物各粒级组分分布

Fig. 2 Distribution of sand (a), silt (b) and clay (c) percentages

粉砂粒组的百分含量分布如图2b所示,变化范围为12%~80.7%。粉砂含量高值区与砂的低值区相近,主要分布在研究区的西南部及湾顶区域;低值区与砂的高值区比较一致,主要分布在湾口及沧口砂脊附近。

黏土粒组的百分含量分布如图2c所示,其分布特征与粉砂相似,与砂相反,变化范围为5.0%~31.2%。从表层沉积物粒度组成分析,沉积物主要粉砂为主,砂和黏土含量相对较低。砂含量与黏土含量的高值分布比较集中。从西北至东南,沉积物粒度由粗变细,再由细变粗。不同组分的百分含量反映不同的沉积环境,砂的含量高说明沉积环境不稳定,水动力条件强;黏土的含量高表示沉积环境稳定,水动力条件较弱。

3.3 沉积物粒度参数特征

平均粒径范围在 1.1Φ ~ 7.1Φ 之间变化,平均值为 5.7Φ ,多以中细粉砂组分(5Φ ~ 7Φ)为主

(图3a)。从空间分布分析,湾顶及西南海域沉积物平均粒径 $>6.6\Phi$,与粉砂相对应;大沽河口三角洲及沧口水道区域沉积物平均粒径多在 5Φ ~ 6Φ ,与砂质粉砂相对应;在湾口及沧口砂脊区域沉积物平均粒径 $<5\Phi$,与粉砂质砂相对应。

分选系数变化范围为 1.5Φ ~ 3.4Φ ,均值为 2.1Φ ,分选性差(图3b)。其中分选性相对较好的($<1.8\Phi$)分布于湾顶及西南海域,而分选性较差的广泛分布于东部及湾口海域。平均粒径(Φ)与分选系数呈负相关关系, $R^2=0.67$ (图4a)。沉积物分选系数的特征表明,分选系数与水动力条件关系密切,湾口及大沽河口水动力强,分选性差,湾顶海域水动力弱,分选性相对较好。

偏度系数最小值为 -0.2 ,最大值为 0.6 ,平均值为 0.1 ,多数属于正偏度(图3c)。平均粒径(Φ)与偏度系数相关性差, $R^2=0.209$ (图4b)。负偏度主要分布于大沽河口三角洲外沿。有研究^[10]指出海湾中部、西部的沉积物较细,多呈负

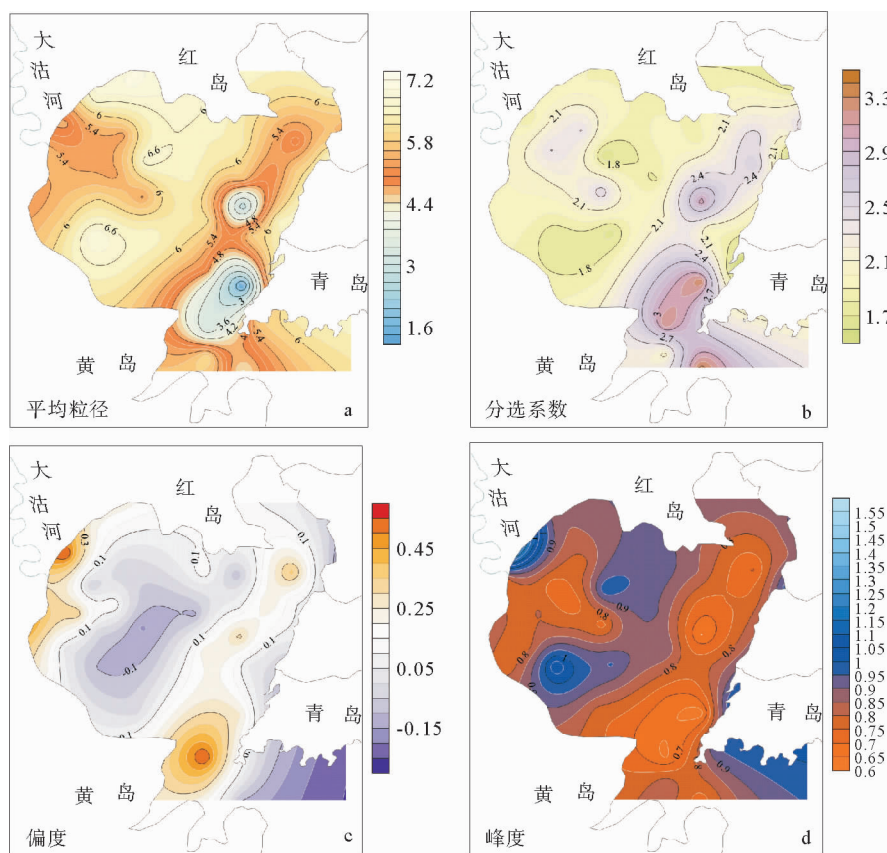


图3 沉积物粒度参数分布(a.平均粒径 b.分选系数 c.偏度 d.峰度)

Fig.3 Distribution of grain size parameters of surface sediments

(a. Mean grain size, b. Sorting, c. Skewness, d. Kurtosis)

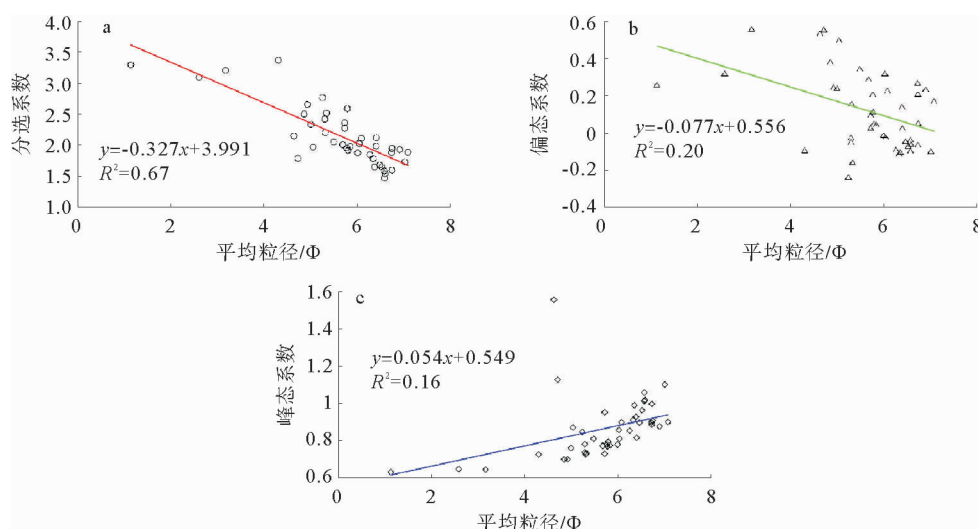


图 4 沉积物平均粒径与分选系数(a),偏度(b)和峰度(c)的关系

Fig. 4 The relationships between mean grain size and sorting (a), skewness (b) and kurtosis (c) of surface sediments

偏态;口门沉积物较粗,呈正偏态,这与本研究得到的结果相似。

峰度系数的分布特征与平均粒径相似,在 0.6~1.6 变化,平均值为 0.9,属于中等分布类型(图 3d)。平均粒径(Φ)与峰度系数呈正相关关系,平均粒径(Φ)相对小的区域,峰度系数也较小, $R^2=0.16$ (图 4c)。

一般认为,沉积物平均粒径和分选系数与沉积物来源关系密切,偏度和峰度反映的是沉积环境对粒度的改造结果^[20]。平均粒径与分选系数、偏度系数和峰度系数之间的相关性较差(图 4),这说明研究区存在不同的沉积环境。这种分布形式与沉积物类型分布相符,正是水动力作用的结果。进入胶州湾的泥沙在各种海洋营力的作用下,进行再分配、再运动。泥沙的运移和沉积主要取决于波浪和海流这两种水动力因素。胶州湾封闭性好,口外传入波浪对前湾区影响较大,经过折射和绕射传入内湾的波浪其能量大大衰减,传至湾顶北部和东北部能量已消耗殆尽。内湾主要是自生风浪作用,波能较小。

3.4 沉积环境划分

沉积物粒度的分布和组成是反映海区的水动力状况和沉积环境变化的一个综合指标。如沉积物的平均粒径是反映搬运介质动力大小和特征的

直接标志,可以用来指示源区,平均粒径越大,离物源区越近;偏度则表示沉积物中各种粒度的比例;峰度表示某种沉积物的集中程度,其共同反映了沉积物的分选程度;沉积物粒度可以作为古环境演变研究的一个重要指标,也是研究沉积动力状况的重要手段。一般来讲,如果地层中粗粒沉积物多,则表明当时沉积动力较强;反之,则表明当时沉积动力弱^[21]。胶州湾沉积物来源复杂,既有海湾北部河流带来的泥沙,还有东部城市废弃颗粒物排入,甚至有海岸和海底侵蚀、大气降尘、海洋生物产生的颗粒态物质以及涨潮时携入的沉积物。陆源输入是胶州湾沉积物的主要来源,由于流域入湾泥沙量的急剧减少和沿岸倾倒垃圾的增多,后者已经取代前者成为胶州湾沉积物的主要来源^[22]。由于沉积物来源不同,以及受到潮流的侵蚀滞后效应、沉淀滞后效应和波浪潮流等水动力因素的影响,胶州湾的沉积环境有较大的不同。吕海龙等^[23]利用高精度多波束水深数据的底质分类方法,并综合表层沉积物的粒度分析结果,对底质类型齐全的胶州湾口外附近的 56 个站位进行了研究,认为测区的底质类型共有 4 种:基岩、砾石、砂和黏土。20 世纪 80 年代以来,国家海洋局第一海洋研究所多次在胶州湾进行浅地层探测,并根据胶州湾沉积物的结构特点,结合浅地层图像和有关资料,认为可将胶州湾基岩以上的地层自下而上分为 4 层:亚黏土

(黏土)、亚砂土、砂砾层,黏土、亚黏土、砂、砂砾互层,淤泥质粉砂层,淤泥质粉砂或粉砂质淤泥层。在淤泥质粉砂层中出现了侵蚀不整合现象,即在特别是潮流主通道上,本层部分地层或全部有时甚至下伏地层有被侵蚀而后又重新沉积的现象,说明水动力条件有过明显的变化^[22]。为了能够综合反映不同区域沉积环境的差异,本文对沉积物的组分

(砂含量、粉砂含量和黏土含量)和粒度参数(平均粒径、分选系数、偏度和峰度)进行 Q 型聚类分析,结果如图 5a,根据各样品所属类别,可分为 2 大类;结合其周边河流以及海底地貌分布绘制沉积环境分区图(图 5b),将胶州湾沉积环境分为 4 类,分别代表不同的沉积环境,各沉积区表层沉积物组分及粒度参数特征值见表 2。

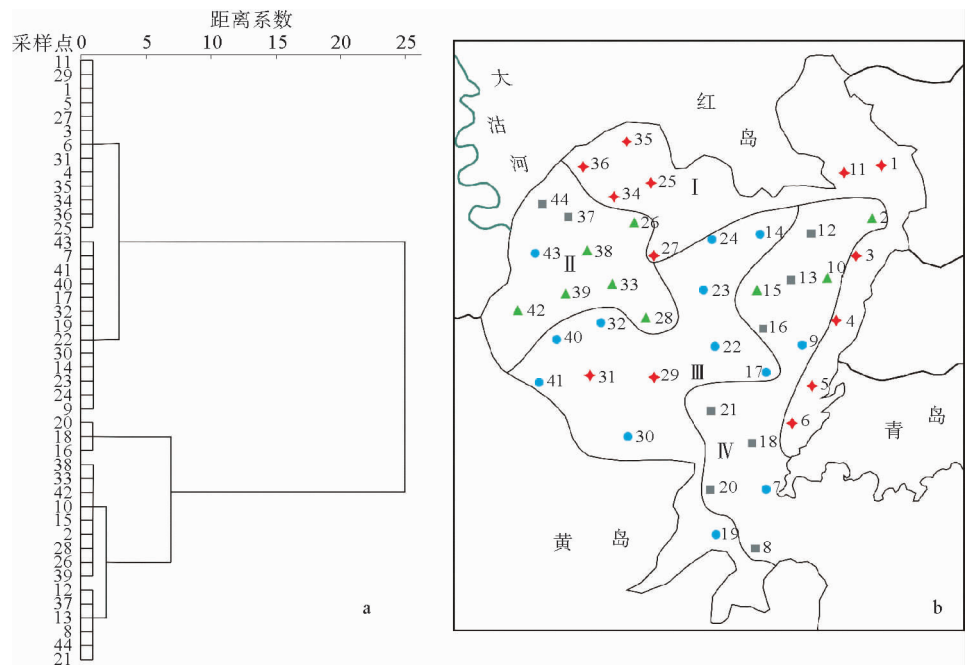


图 5 沉积物 Q 型聚类分析图(a)和沉积环境分区(b)

Fig. 5 Q type cluster analysis (a) and sedimentary environment map (b)

表 2 胶州湾各沉积区表层沉积物组分及粒度参数特征值

Table 2 Grain size parameters in various sedimentary areas

沉积区	特征值	砂/%	粉砂/%	黏土/%	平均粒径/ Φ	分选系数/ Φ	偏度系数	峰度系数
I	平均值	4.0	73.6	22.3	6.7	1.7	0.0	0.9
	最大值	8.4	80.7	31.2	7.1	1.9	0.3	1.1
	最小值	1.4	67.4	15.4	6.4	1.5	-0.1	0.9
II	平均值	34.9	51.6	13.5	5.2	2.2	0.2	0.9
	最大值	52.7	61.5	16.6	5.7	2.5	0.6	1.6
	最小值	21.9	36.0	9.4	4.6	1.8	-0.2	0.7
III	平均值	14.6	66.8	18.6	6.2	1.9	0.0	0.9
	最大值	20.9	75.7	28.6	7.0	2.1	0.3	1.1
	最小值	5.5	61.1	13.9	5.8	1.6	-0.1	0.8
IV	平均值	42.0	41.9	14.1	4.6	2.7	0.2	0.7
	最大值	76.4	62.7	22.9	6.4	3.4	0.6	0.9
	最小值	14.4	12.0	5.0	1.1	2.1	-0.2	0.6

沉积区(I) 主要为湾顶及东部近岸浅水区域。表层沉积物粒度最细,平均粒径为 $6.4\Phi\sim 7.1\Phi$,平均值为 6.7Φ 。砂、粉砂和黏土的平均含量分别为4.0%、73.6%和22.3%,沉积物主要为粉砂。分选系数的均值为1.7 Φ ,分选性较差;偏度系数为-0.1~0.3,主要为正偏态;峰度呈宽平或中等类型(均值0.9)。该区域海底地形平坦,水动力条件较弱,以沉积作用为主,有利于细颗粒沉积物积累,为工程地质环境稳定区^[12]。同时由于靠近岸边,且沿岸工厂林立,人口众多,沉积环境受人为影响明显。

沉积区(II) 主要为大沽河—洋河水下三角洲区域。表层沉积物粒度较粗,平均粒径范围为 $4.6\Phi\sim 5.7\Phi$,平均值为 5.2Φ 。砂、粉砂和黏土的平均含量分别为34.9%、51.6%和13.5%,沉积物主要为砂质粉砂。分选系数的均值为2.2 Φ ,分选性差;偏度系数为-0.2~0.6,主要为正偏态;峰度主要呈宽平类型(均值0.9)。该区域沉积物主要来自大沽河及洋河,发育为现代水下三角洲。

沉积区(III) 主要为西南部及中部深水区域。表层沉积物粒度相对较细,平均粒径范围为 $5.8\Phi\sim 7.0\Phi$,平均值为 6.2Φ 。砂、粉砂和黏土的平均含量分别为14.6%、66.8%和18.6%,沉积物主要为砂质粉砂。分选系数的均值为1.9 Φ ,分选性较差;偏度近于对称分布(均值几乎为0);峰度主要呈宽平类型(均值0.9)。海底地形变化大,最大海水深达60余米。

沉积区(IV) 主要为沧口砂脊周边及湾口南北延伸区域。表层沉积物粒度最粗,平均粒径范围为 $1.0\Phi\sim 6.4\Phi$,平均值为 4.6Φ 。砂、粉砂和黏土的平均含量分别为42.0%、41.9%和14.1%,沉积物主要为粉砂质砂和砂质粉砂。分选系数的均值为2.7 Φ ,分选性差;偏度系数为-0.2~0.6,主要为正偏态;峰度主要呈宽平类型(均值0.7)。水深,海底障碍少,是胶州湾内航道的良好出口。第II类与第IV类沉积区沉积物的特征值较为相似,但是水动力来源存在显著差异。

4 结论

(1)胶州湾表层沉积物主要包括砂质粉砂、粉砂、粉砂质砂和泥。沉积物平均粒径变化较大

($1.1\Phi\sim 7.1\Phi$),平均值为 5.7Φ ;粒度组分以粉砂为主(58.6%),砂、黏土的平均含量达到23.6%和17.3%。

(2)表层沉积物分选性相对较好的主要分布于湾顶及西南海域,而分选性较差的广泛分布于东部及湾口海域;负偏度主要分布于大沽河口三角洲外沿;峰度主要为中等分布类型。

(3)根据沉积物组分及粒度参数,结合其周边河流以及海底地貌分布,可将胶州湾划分为4个沉积区:湾顶及东部近岸浅水区域(I);大沽河—洋河水下三角洲区域(II);西南部及中部深水区域(III);沧口砂脊周边及湾口区域(IV)。

参考文献:

- [1] Hartmann P C, Quinn J G, Cairns R W, et al. Depositional history of organic contaminants in Narragansett Bay, Rhode Island, USA [J]. Marine Pollution Bulletin, 2005, 50(4): 388-395.
- [2] Flemming B W. The influence of grain-size analysis methods and sediment mixing on curve shapes and textural parameters: Implications for sediment trend analysis [J]. Sedimentary Geology, 2007, 202(3): 425-435.
- [3] Brooks G R, Doyle L J, Davis R A, et al. Patterns and controls of surface sediment distribution: west-central Florida inner shelf [J]. Marine Geology, 2003, 200(1): 307-324.
- [4] Lim D I, Jung H S, Choi J Y, et al. Geochemical compositions of river and shelf sediments in the Yellow Sea: Grain-size normalization and sediment provenance [J]. Continental Shelf Research, 2006, 26(1): 15-24.
- [5] 杨阳,高抒,周亮,等.海南新村港湖表层沉积物粒度特征及其沉积环境[J].海洋学报,2016(1):94-105.
- [6] 赵利,彭学超,钟和贤,等.南海北部陆架区表层沉积物粒度特征与沉积环境[J].海洋地质与第四纪地质,2016(6):111-122.
- [7] 徐东浩,李军,赵京涛,等.辽东湾表层沉积物粒度分布特征及其地质意义[J].海洋地质与第四纪地质,2012,32(5):35-42.
- [8] 李玉中,陈沈良.系统聚类分析在现代沉积环境划分中的应用——以崎岖列岛海区为例[J].沉积学报,2003,21(3):487-494.
- [9] 王玉海,刘自力,纪育强,等.海侵驱动下的胶州湾沙脊—水道体系形成与演变[J].水道港口,2009,30(5):311-315.
- [10] 汪亚平,高抒,贾建军.胶州湾及邻近海域沉积物分布特征和运移趋势[J].地理学报,2000,55(4):449-458.
- [11] 张珂,王朝晖,冯杰,等.胶州湾表层沉积物重金属分布特征及污染评价[J].分析测试学报,2011,30(12):

- 1406-1411.
- [12] 贾永刚,孙永福,单红仙. 胶州湾工程地质环境质量综合评价区划[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1999, 19(3):121-126.
- [13] 李平,李常珍. 胶州湾建港的地质环境[J]. 海洋科学, 1999, 23(5):27-30.
- [14] 盛茂刚,崔峻岭,时青,等. 青岛市环胶州湾各河输沙特征分析[J]. 水文, 2014, 34(3):92-96.
- [15] 姜德娟,王晓利. 胶东半岛大沽河流域径流变化特征[J]. 干旱区研究, 2013, 30(6):965-972.
- [16] 肖菲,尹延鸿. 青岛海岸带及邻近海域地形和沉积物类型研究[J]. 海洋地质动态, 2006, 22(10):1-4.
- [17] 阎新兴,吴明阳,刘国亭. 胶州湾地貌特征及海床演变分析[J]. 水道港口, 2000(4):23-29.
- [18] Mcmanus J. Grain size determination and interpretation [M]. Techniques in Sdimentology. Oxford, UK: Blackwell Scientific Publications, 1988.
- [19] Folk R L, Ward W C. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters [J]. Journal of Sediment Petrology, 1957, 27(1): 3-26.
- [20] Roux J P L, Rojas E M. Sediment transport patterns determined from grain size parameters: Overview and state of the art [J]. Sedimentary Geology, 2007, 202(3): 473-488.
- [21] 陈敬安,万国江. 洱海近代气候变化的沉积物粒度与同位素记录[J]. 自然科学进展, 2000,10(3):253-259.
- [22] 戴纪翠,宋金明,郑国侯. 胶州湾沉积环境演变分析[J]. 海洋科学进展, 2006, 24(3):397-406.
- [23] 吕海龙,杜德文,石学法. 基于测深数据的胶州湾底质类型估计方法[J]. 海洋科学进展, 2004, 22(3):328-333.

GRAIN SIZE DISTRIBUTION OF SURFACE SEDIMENTS IN JIAOZHOU BAY AND ITS ENVIRONMENTAL SIGNIFICANCE

ZHUANG Haihai^{1,2,3}, XU Shaohui^{1*}, GAO Maosheng^{2,3},
HOU Guohua^{2,3}, BAI Ertao⁴, HUANG Xueyong⁵

(1 College of Environmental Science and Engineering, Qingdao University, Qingdao 266071, China;

2 Key Laboratory of Marine Hydrocarbon Resources and Environment Geology, Ministry of Natural Resources, Qingdao 266071, China; 3 Qingdao Institute of Marine Geology, CGS, Qingdao 266071, China;

4 Qinghai Hongxin Company Limited of Mining, Qinghai, Ge'ermu 816099, China;

5 College of Urban and Environmental Science, Liaoning Normal University, Dalian 116000, China)

Abstract: 44 surface sediment samples were collected from the Jiaozhou Bay of Shandong Peninsula for study of grain size distribution patterns and sediment types. Upon the basis, modern sedimentary environment is classified with grain size parameters and their relation with geographic locations using the method of system cluster. The result indicates that sediment samples of the study area are characterized by sandy silt, silt, silty sand, clayey silt and mud. The mean grain size varies from 1.1 Φ to 7.1 Φ , with an average of 5.7 Φ . The silt dominates the deposits, which reaches 58.6% in average, and the average contents of sand and clay are only 23.6% and 17.3% respectively. The research area is divided into 4 different depositional zones. I) the zone of bay top and shallow water area near the east coast. II) the region of Daguhe River and Yanghe River underwater delta. III) the southwest and central regions of the bay. IV) the periphery of Cangkou sand ridge and the bay mouth.

Key words: Jiaozhou Bay; sediment; grain size characteristics; sedimentary environment