

文章编号: 1674 - 5566(2012)02 - 0257 - 08

## 上海无居民海岛潮间带沉积物粒径特性研究

杨红, 苏婷, 孔德星, 戴小杰

(上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306)

**摘要:** 利用激光粒度仪对上海无居民岛 30 个表层沉积物样品进行粒度特征分析, 研究区域的 6 个无居民岛的沉积物类型共有 5 类, 其分布为粉砂在九段沙、东风西沙、黄瓜沙和青草沙; 砂在青草沙和顾园沙; 粉砂质砂在扁担沙和青草沙; 砂质粉砂在青草沙; 粘土质粉砂在黄瓜沙。其中粉砂类沉积物分布最广。沉积物呈现分选系数差, 偏态均为正偏, 窄峰型的特征。由于研究区域处于长江口, 丰富的流域来沙, 特别是大量的细颗粒泥沙为潮滩的建造提供了充裕的物质来源; 而复杂的径流、潮流和风浪的作用, 则成为了塑造潮滩的重要动力条件。通过绘制 Pejurp 三角图式显示, 无居民岛样品均处于在 III、IV 动力区, 水动力条件总体上较强, 粒径较粗。除顾园沙外由海向岸(由低潮滩到高潮滩), 水动力逐渐减弱, 沉积物颗粒逐渐变细, 砂的含量逐渐减少, 粘土和粉砂的含量逐渐增多。

**研究亮点:** 对上海无居民岛潮间带沉积物进行了粒径特性的分析, 结果显示沉积物分布以粉砂为主, 分选性差, 正偏, 呈窄峰型, 通过绘制 Pejurp 三角图式, 表明研究区域总体水动力较强, 并根据各无居民岛的环境特征分析其不同的沉积动力环境。

**关键词:** 上海; 无居民岛; 表层沉积物; 粒度; 参数; 水动力条件

**中图分类号:** X 820.3

**文献标志码:** A

沉积物的粒度特征是沉积环境的最敏感指标。潮滩沉积物在过去 30 年一直被广泛的研究<sup>[1]</sup>。沉积物粒度及其分布是沉积物的基本性质, 粒度分析是揭示沉积动力的主要手段之一, 是进行物源追踪和沉积环境分析的基础, 每一沉积体系都可以看作是有关沉积环境(包括水动力条件、物源供应和生物活动等)及沉积物组成(物理和化学)等因素的复杂函数, 各因素息息相关, 具有良好的相关性<sup>[2]</sup>。

特定的沉积环境必然具有特定的沉积粒度参数特征及其组合。因此可以根据沉积物的粒度参数及组合特征, 分析沉积动力及沉积物来源<sup>[3]</sup>。

河口处于陆海相互作用地区, 淡水与海水在此交汇混合。长江河口区受径流、潮流、风、波浪、科氏力和复杂地形等因子的影响, 动力条件多变, 泥沙输运复杂<sup>[4]</sup>。海岛的存在使河槽演变

更加复杂化, 因此, 探讨上海海岛表层沉积物的分布、沉积动力环境以及动力响应机制, 不仅对长江河口的综合整治及港口航道建设具有重要的现实意义, 同时也将丰富泥沙运动学、沉积动力学的学科内容。

过去 20 年, 有关学者对长江口沉积物特性进行了大量的研究<sup>[5-7]</sup>, 一方面, 由于登岛困难等一些客观因素, 另一方面, 近年来, 受全球气候变化和高强度的人类活动作用如三峡工程, 无居民岛周边环境发生诸多变迁, 如入海泥沙减少、人工促淤工程增多、围垦强度加大等<sup>[8]</sup>, 目前关于上海无居民岛的研究较少, 本次在上海市 908 专项的资助下, 对上海无居民岛潮间带沉积物的研究将有助于摸清上海无居民海岛沉积物情况及其变化与趋势, 为研究上海海岛潮间带的发育研究和河口区的海岸沉积及优化现行海洋功能区划, 制定海洋保护规划, 促进我国海洋经济健康、

收稿日期: 2011-09-09 修回日期: 2011-12-09

基金项目: 上海市“908”专项(HD3, PJ1-2)

作者简介: 杨红(1962—), 女, 教授, 研究方向为环境海洋学。E-mail: hyang@shou.edu.cn

稳定、可持续发展,提供了提供科学的依据<sup>[9]</sup>。

## 1 材料与方法

### 1.1 站位设置与样品采集

2007年6月到7月,分别在上海长江口海域的九段沙、顾园沙、黄瓜沙、东风西沙、扁担沙、青草沙等6个无人海岛潮间带设置10个采样断面,每个断面分别设置高滩、中滩和低滩3个采样点,共采地表0~5 m内的表层样品30个,并对采样点进行了GPS准确定位,采样范围是N31°11.9'~N31°44.9', E121°16.3'~E122°1.2'。具体采样点分布如图1所示。

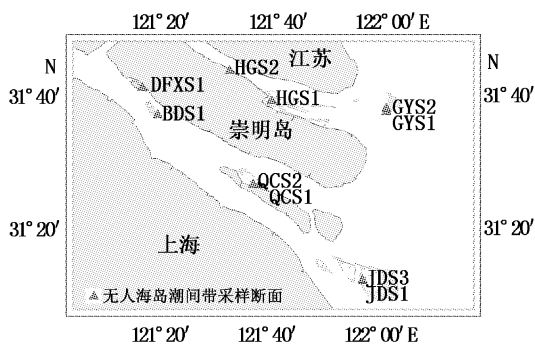


图1 采样点分布示意图

Fig. 1 Distribution of sampling points

### 1.2 样品分析及数据处理

本次调查按照908专项海岛调查技术规范要求进行,使用六偏磷酸钠对烘干的样品进行预处理,利用美国公司生产的BACKMAN CONLTER公司生产的LS13320激光粒度仪对30个样品进行粒度分析,激光粒度仪测量粒径范围为0.02~2 000  $\mu\text{m}$ ,以保证获得完整的粒度分布曲线。分析结果由计算机自动打印输出,其主要内容包括各粒级百分含量、粒度累积曲线以及平均粒径、中值粒径( $Md\phi$ )、标准偏差(SD)等参数。粒级标准采用尤登-温德华氏等比制 $\Phi$ 级粒级标准。平均粒径( $Mz$ )、分选系数( $\delta$ )、偏度(SK)和峰态(KG)应用矩法计算得出并按标准分类。

粘土、粉砂和砂的粒级分类采用国际通用的( $\phi$ )分类标准,在进行沉积物命名时,采用Shepard三角图分类法<sup>[10]</sup>。

## 2 结果与分析

根据采样样品实验结果及对实验数据的处理,得到各采样样品的粒度参数和组分,通过分析得出各个海岛的沉积物类型及其水动力条件,汇总整合,如表1所示。

表1 粒度分析成果汇总表

Tab. 1 The results of the grain size analysis

样品编号	粒度参数/ $\phi$				砂/%	粉砂/%	粘土/%	沉积物类型	动力
	平均粒径	分选	偏度	峰态					
青草沙	QCS1-1(高滩)	4.89	1.75	1.9	2.58	47.3	47.03	5.67	径流、潮流
	QCS1-2(中滩)	3.75	1.29	1.83	2.46	85.5	12.48	2.02	
	QCS1-3(低滩)	3.35	1.03	1.62	2.28	94.67	4.21	1.12	
	QCS2-1(高滩)	5.81	1.73	1.59	2.37	21.3	70.42	8.28	
	QCS2-2(中滩)	5.87	1.67	1.61	2.31	18.4	73.33	8.27	
	QCS2-3(低滩)	5.59	1.84	1.71	2.48	30	61.43	8.57	
	平均值	4.88	1.55	1.71	2.41	49.53	44.82	5.66	
扁担沙	BDS1-1(高滩)	4.91	1.71	1.87	2.51	50.8	43.63	5.57	径流
	BDS1-2(中滩)	4.38	1.53	1.91	2.52	68.3	28.18	3.52	
	BDS1-3(低滩)	4.03	1.93	1.78	2.85	68.1	28.32	3.58	
	平均值	4.44	1.72	1.85	2.63	62.4	33.38	4.22	
黄瓜沙	HGS1-1(高滩)	7.12	1.61	0.75	2.11	4.4	77.00	18.6	潮流
	HGS1-2(中滩)	7.12	1.49	1.18	1.93	0.9	81.8	17.3	
	HGS1-3(低滩)	7.21	1.5	1.15	1.88	0.02	80.58	19.4	
	HGS2-1(高滩)	7.28	1.46	1.17	1.84	0	79.8	20.2	
	HGS2-2(中滩)	6.96	1.58	1.3	2.04	2.3	80.6	17.1	
	HGS2-3(低滩)	6.94	1.63	1.34	2.09	2.5	79.7	17.8	
	平均值	7.10	1.54	1.15	1.98	1.69	79.91	18.4	

续表 1

样品编号	粒度参数/ $\phi$				砂/%	粉砂/%	粘土/%	沉积物类型	动力	
	平均粒径	分选	偏度	峰态						
东风西沙	DFXS1-1(高滩)	7.47	1.45	1.11	1.81	0	77.30	22.7	粉砂	潮流
	DFXS1-2(中滩)	6.74	1.69	1.41	2.18	5.7	78	16.3		
	DFXS1-3(低滩)	6.75	1.68	1.42	2.17	5.1	78.8	16.1		
	平均值	6.98	1.61	1.31	2.05	3.6	78.03	18.37		
九段沙	JDS1-1(高滩)	6.75	1.66	1.42	2.16	4.8	79.2	16.0	粉砂、粘土 质粉砂	径流、潮流
	JDS1-2(中滩)	6.44	1.72	1.6	2.27	7.5	78.4	14.1		
	JDS1-3(低滩)	6.33	1.8	1.59	2.35	11.4	74.7	13.9		
	JDS3-1(高滩)	6.85	1.66	1.47	2.14	2.2	80.1	17.7		
	JDS3-2(中滩)	6.97	1.68	1.42	2.12	1.4	78.9	19.7		
	JDS3-3(低滩)	6.88	1.68	1.45	2.14	2.1	79.6	18.3		
	平均值	6.71	1.7	1.49	2.2	4.9	78.48	16.62		
顾园沙	GYS1-1(高滩)	3.37	1.25	1.95	2.63	94.32	3.43	2.25	砂	潮流
	GYS1-2(中滩)	3.28	0.93	1.54	2.2	96.71	2.33	0.96		
	GYS1-3(低滩)	3.25	0.77	1.31	1.97	98.42	0.95	0.63		
	GYS2-1(高滩)	3.21	0.74	1.26	1.93	98.9	0.54	0.56		
	GYS2-2(中滩)	3.18	0.49	0.4	0.68	99.67	0.33	0		
	GYS2-3(低滩)	3.26	0.81	1.35	2.01	97.98	1.34	0.68		
	平均值	3.26	0.83	1.30	1.90	97.67	1.49	0.85		

## 2.1 表层沉积物的粒度特征及沉积作用

上海无居民岛的沉积物分类和命名采用 Shepard 三角图分类法<sup>[10]</sup>,研究区域的 6 个无居民岛的沉积物类型共有五类,分别为粉砂、砂、粘土质粉砂、粉砂质砂和砂质粉砂。如图 2。

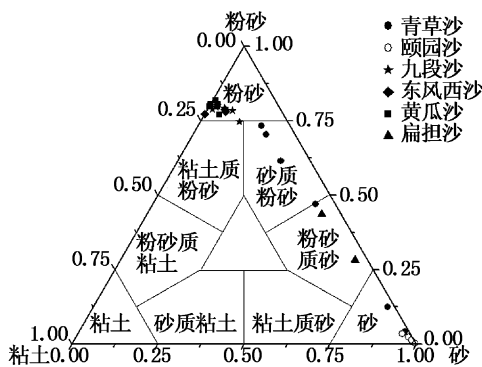


图 2 上海海岛采样点谢帕德粒度三角图分类  
Fig. 2 Shepard triangular chart of Shanghai islands sampling points

### 2.1.1 粉砂

本次采样的沉积物样品中有 14 个样品的沉积物类型为粉砂,这些样品的平均粒径为  $6.44 \phi \sim 7.28 \phi$ ,粉砂的含量为 77% ~ 81.8%,粘土占 14% ~ 22%,砂的含量 < 8%。分选系数差,粉砂样品大部分累计曲线在  $4 \phi \sim 6 \phi$  处出现一个单峰,极少数会出现双峰,细砂峰应是强潮流的分选的结果。偏态均为正偏。它们的峰态一般均为窄峰型(图 3)。粒径的积累频率曲线有 3 个部分组成,一个跳跃组分 2 个悬浮组分,悬浮组分

占了大部分(图 4),这说明底砂的悬浮是这种类型的沉积物的主导运输模式,曲线比较平缓,斜率较小。这种类型的沉积物分布在九段沙、东风西沙、黄瓜沙,水动力较弱,沉积物较细。

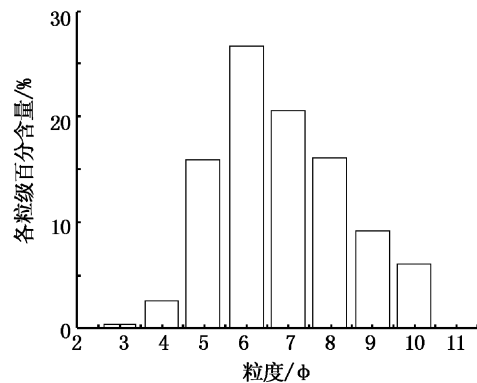


图 3 粉砂的粒度频率直方图

Fig. 3 Frequency histograms of silt

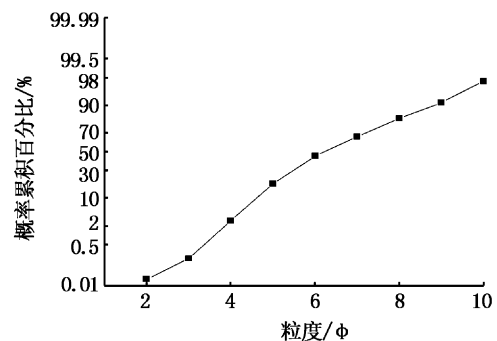


图 4 粉砂的概率累积频率曲线

Fig. 4 Cumulative frequency distribution of silt

### 2.1.2 砂

沉积类型为砂的样品有 8 个,砂的平均粒径为  $3.18 \phi \sim 3.75 \phi$ ,砂的含量在 85% 以上,最高达到 99%,粉砂含量在 0.33% ~ 12%,粘土含量 < 2%,分选系数在 0.49 ~ 1.29 之间,包括好、中等和差,所有砂样品的累积曲线只有一个单峰,峰值在  $2 \phi \sim 4 \phi$  之间,偏态均为正偏,窄峰型,较粉砂的累积曲线更加尖窄,峰值偏向粗颗粒的部分(图 5),说明该区域水动力较强,物源较为单一。粒径的积累频率曲线有 3 个部分组成,2 个跳跃组分 1 个悬浮组分,悬浮组分占了极小一部分,泥沙运输方式以跳跃为主,曲线在  $< 4 \phi$  的部分斜率较大,说明此部分分选较好,沉积物组分分布集中在砂(图 6)。砂在这次调查中分布在顾园沙和青草沙 1 断面的中滩和低滩。这些地区一般处于较为宽阔的水域,水动力强,沉积物粒度较粗。

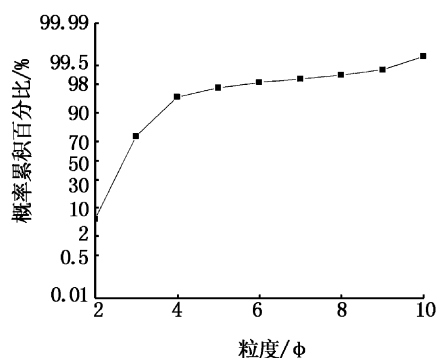


图 5 砂的概率累积频率曲线

Fig. 5 Cumulative frequency distribution of sand

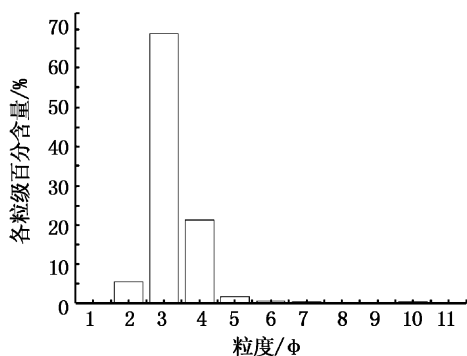


图 6 砂的粒度频率直方图

Fig. 6 Frequency histograms of sand

### 2.1.3 粉砂质砂

沉积类型为粉砂质砂的样品有 4 个,粉砂质砂的平均粒径为  $4.03 \phi \sim 4.89 \phi$ ,砂的含量在

47% ~ 68%,粉砂含量在 28% ~ 47%,粘土含量 < 5%,分选系数差,粉砂质砂样品的累积分布曲线有单峰(峰值出现在  $2 \phi \sim 4 \phi$ ),也有双峰的曲线(另一个峰值出现在  $4 \phi \sim 5 \phi$ ),所有样品的偏态均为正偏,分布非常不对称,属窄峰型(图 7)。粒径的积累频率曲线有 4 个部分组成,2 个跳跃组分 2 个悬浮组分,各占约 50%,泥沙运输方式分别为跳跃和悬浮。曲线斜率均较小,说明此部分分选较差,沉积物组分分布不均匀(图 8)。粉砂质砂在这次调查中分布在扁担沙和青草沙 1 断面的高滩。扁担沙处于较径流的顶流处,大量粗颗粒物沉积于此,沉积物粒度较粗。

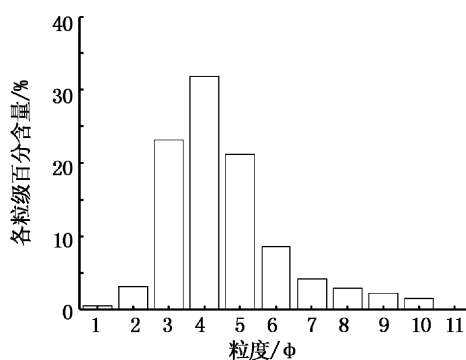


图 7 粉砂质砂的粒度频率直方图

Fig. 7 Frequency histograms of silty sand

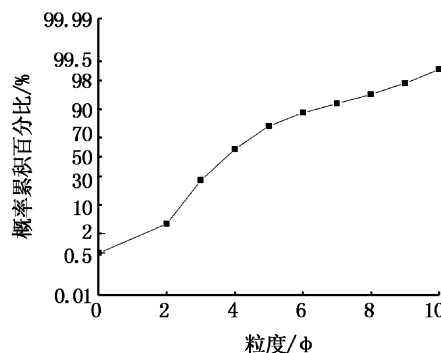


图 8 粉砂质砂的概率累积频率曲线

Fig. 8 Cumulative frequency distribution of silty sand

### 2.1.4 砂质粉砂

沉积类型为砂质粉砂的样品有 3 个,砂质粉砂的平均粒径为  $5.59 \phi \sim 5.87 \phi$ ,砂的含量在 18% ~ 30%,粉砂含量在 61% ~ 73%,粘土含量大约为 8%,分选系数差,砂质粉砂样品的累积分布曲线有单峰(峰值出现在  $4 \phi \sim 5 \phi$ ),也有双峰的曲线(另一个峰值出现在  $2 \phi \sim 2 \phi$ ),所有样品

的偏态均为正偏,属窄峰型(图 9)。粒径的积累频率曲线有 3 个部分组成,1 个跳跃组分 2 个悬浮组分,悬浮组分占 75%,曲线斜率均较小(图 10)。砂质粉砂在这次调查中分布在青草沙 2 断面。

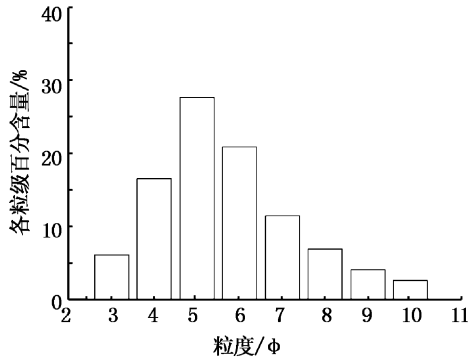


图 9 砂质粉砂的粒度频率直方图  
Fig. 9 Frequency histograms of sandy silt

2.1.5 粘土质粉砂

沉积类型为粘土质粉砂的样品有 1 个,为九段沙 1 断面的低滩,平均粒径为 6.33 φ,砂的含量在 11.4%,粉砂含量在 74.7%,粘土含量大约为 13.9%,分选系数差,偏态为正偏,属窄峰型。

2.2 表层沉积物的粒度分布

沉积物粒度分布是物质来源、沉积区水动力环境等因素的综合反映。由图 11 和 12 可以看出,在本次采样所涉及的海岛中,按照沉积物粒径粗细依次排列的顺序为:顾园沙 > 青草沙 QCS1 断面 > 扁担沙 > 青草沙 QCS2 断面 > 九段沙 > 东风西沙 > 黄瓜沙。顾园沙沉积物最粗,沉积类型为砂,砂的含量均占到 94% 以上,其次为青草沙的 QCS1 断面和扁担沙,沉积物的主要类型为砂和砂质粉砂,九段沙、东风西沙、黄瓜沙沉积物的主要类型均为粉砂,其中九段沙粉砂的含量占到了 47% 以上,东风西沙占到了 77% 以上。

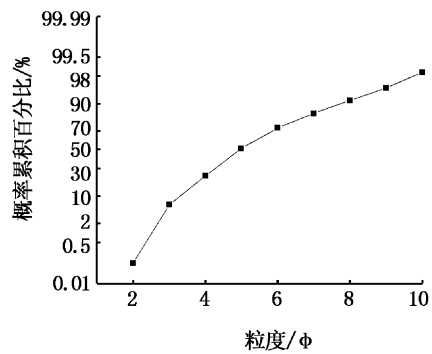


图 10 砂质粉砂的概率累积频率曲线  
Fig. 10 Cumulative frequency distribution of sandy silt

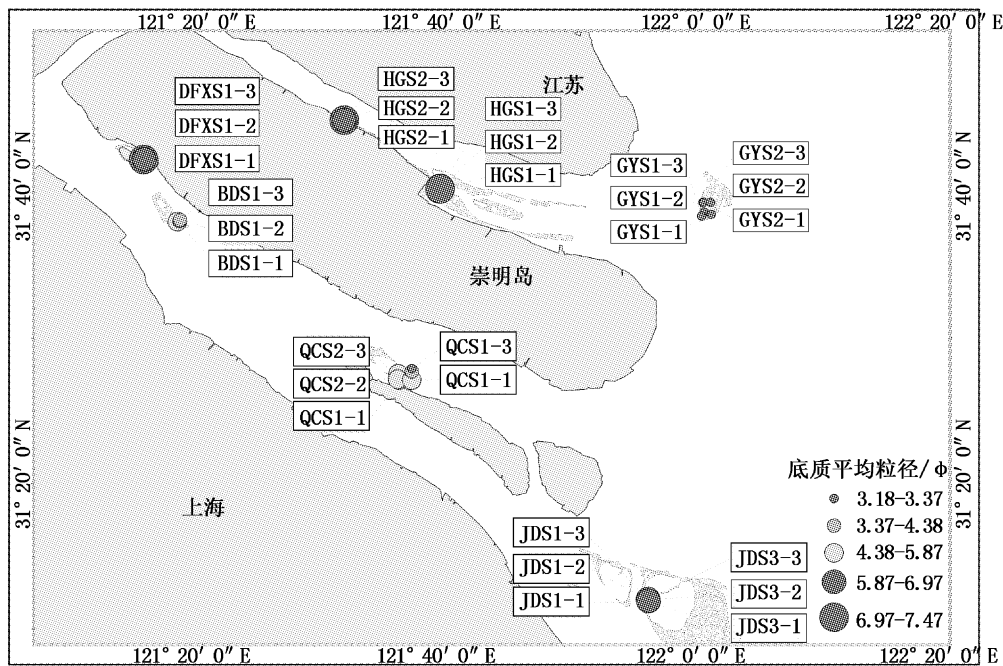


图 11 上海海岛采样点平均粒径粒级分布  
Fig. 11 The distribution of mean values of substrate of Shanghai islands sampling points

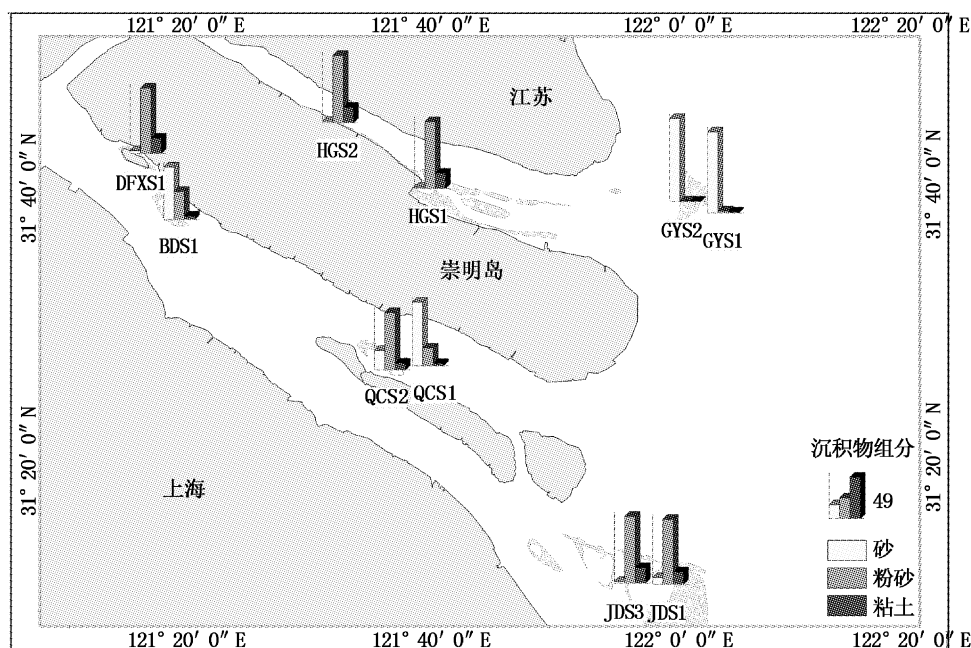


图 12 上海海岛采样点沉积物组分分布

Fig. 12 The distribution of mean values of sediment of Shanghai islands sampling points

### 2.3 沉积动力环境分析

众所周知,沉积物的粒度分布受制于泥沙输入的形式及水动力对泥沙颗粒再分配的能力<sup>[11]</sup>。因此,沉积物的粒度结构可以指示其沉积时的水动力强度,从而被作为判别沉积环境的重要标志。

1988年 PEJURP 提出了一种新的三角图式<sup>[12]</sup>,从沉积物的结构组成及其反映的水动力强度来区分现代河口环境及其不同的亚环境。该方法按粘土在泥质组分(粉砂+粘土)中的含量分成4个不同的水动力区,从 I~IV 表示水动力条件逐渐增强,分别指示不同的环境。再以沉积物中砂的百分含量分成4个组别,从 A~D 表示砂含量逐渐减少,并以 10%、50% 和 90% 作为结构分类标志线。前者反映递变悬浮组分(粉砂)与均匀悬浮组分(粘土)的量比,是介质扰动度的反映,其值越低(III、IV 区),说明水动力作用越强;而后者则反映沉积物的基本粒度组成和分选程度,进而反映介质的流动强度和混浊度,砂的含量越大,介质的流动强度越大<sup>[13]</sup>。

根据上述原理和方法,将三角形划分为16个区,每一个区以一个字母和一个罗马数字命名,如(A, I)、(C, IV)等,分别代表相应的沉积动力环境。

上海无居民岛表层沉积物样点标绘于 Pejurp 的三角图式中(图 13)可以看到绝大部分样点都落在 III、IV 动力区,表明无居民岛水动力条件总体上较强。然而,海岛水动力条件也有差异,下面就对研究区各海岛的沉积环境分别进行分析。

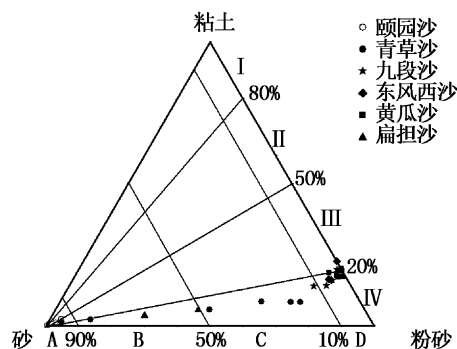


图 13 上海海岛采样点沉积物三角图

Fig. 13 Triangular diagram of sediment of Shanghai islands sampling points

位于崇明东滩东海和长江口的海河交汇处的顾园沙,面临开敞海域,受外海波浪的影响,风浪对潮滩的塑造起主导作用,水动力强,使得顾园沙的粒径很粗,组分砂的平均含量达到 97.67%。具有砂质海岸的性质。

青草沙于南北港分流口北港上段,它的演变与南支河段及南北港分流口、分流通道的演变密

切相关。南北港分流口是长江口的第二级分汉口,它上承南支下段,下接南北港河段。南北港分流口附近暗沙罗列,变动频繁,对南、北港分汉口河段的河势演变产生较大影响,分流口显示出周期性的冲淤进退与上下摆动<sup>[14]</sup>。南北港分流口滩地主要受分叉水流的影响,径流在此分散,潮流在此汇集,主要受到径流的作用,动力强,径流携带而来的大量粗颗粒沉积物在此沉积,因而处在径流顶流区的青草沙表层沉积物较粗。沉积物类型主要为砂和粉砂质砂。

扁担沙、东风西沙均位于长江口南支,处于长江径流的顶流区,主要受径流和潮流作用的控制,但径流和潮流作用的强度和方向上的差异,导致两滩地表层沉积物分布表现出不同的特征。位于崇西地区南支较南地区的扁担沙主要的径流作用的影响,径流从上游携带来大量的粗颗粒泥沙,水动力很强,细粒沉积物难以沉积,因此扁担沙的粒径较粗,沉积物类型为粉砂质砂。位于相对扁担沙较北的东风西沙主要由于受到北支潮流和下泄径流的相互作用,而潮流除涌潮外,其余水动力就会趋于缓和,所以其沉积物粒径较细,沉积物类型为粉砂。

九段沙位于长江口南北槽之间,由上沙、中沙和下沙组成,九段沙所在区域的动力特征主要是以长江径流和潮汐潮流作用为主,其次也受风暴潮和盐水入侵等的影响。长江径流与潮流的相互作用在九段沙的演变过程起着非常重要的作用<sup>[15]</sup>。位于河口拦门沙河段的九段沙,水面开阔,波浪作用强烈,在阴沙发育阶段,长江河口下泄的粗颗粒物大部分沉积在拦门沙及其以上河段,潮滩坡度平缓,细颗粒物得以停积,滩面物质细化,所以九段沙的沉积泥沙一般以细颗粒为主,平均粒径的平均值为  $6.71 \phi$ 。

黄瓜沙位于长江口北支,崇明北滩。长江口北支是长江口入海的一级汉道,上段较为狭窄,至下段逐渐展宽,整个北支平面形态呈喇叭状。目前,长江北支的径流量仅占总径流量的4%左右,径流作用减弱,潮流作用增强,水动力条件发生了巨大的变化,水、沙、盐倒灌时有发生<sup>[16]</sup>。涨潮时有海域而来的细颗粒泥沙进入北支,潮滩沉积物较细,黄瓜沙的沉积物平均粒径的平均值为  $7.1 \phi$ ,沉积物最主要的组成为粉砂,水动力是以潮流为主。对于北支的泥沙来源,一般认为悬沙

主要来自口外,其中包括南支入海泥沙和长江水下三角洲再悬浮泥沙随涨潮流进入北支。

在本次调查中,大部分剖面的粒度分析结果均显示从高潮滩到低潮滩,粒径都在逐渐变粗的趋势,分析其原因:在低潮线附近,潮流作用强烈,并伴有波浪作用,滩面微地貌广泛发育,只有粗颗粒物能在滩面维持稳定,细颗粒都被再悬浮并向海岸方向输送。潮流在向岸传播的过程中,随着水深变浅,底部摩擦作用而使水动力逐渐减弱,能量逐渐损失减小,滩面上能被起动的颗粒变得越来越细,而悬浮物质也随潮流流速减缓而发生分选沉降,较细的颗粒被带到更远的光滩;到潮间带上部,水动力变得非常弱,同时受植被阻滞的影响,细颗粒物大量的沉降。水流能量逐渐减少,水流所携带的泥沙较粗颗粒先沉积,因而表层沉积物在滩面上呈现由海向岸(由低潮滩向高潮滩)逐渐变细的趋势。

### 3 结论

(1)本次研究的上海海岛潮间带的沉积物中,主要由5种沉积物类型组成,砂、粉砂质砂、砂质粉砂、粉砂、粘土质粉砂。粉砂分布在九段沙、东风西沙、黄瓜沙和青草沙、砂分布在青草沙和顾园沙、粉砂质砂分布在扁担沙和青草沙、砂质粉砂分布在青草沙,粘土质粉砂分布在黄瓜沙,其中粉砂类沉积物分布最广。本次研究区域的所有沉积物样品粒度参数均呈现分选系数差,偏态均为正偏,窄峰型的特征。

(2)除顾园沙外其余岛屿从高潮滩向低潮滩,沉积物的粒径有从小到大逐渐增加的趋势,沉积物颗粒中砂的组分含量由小变大,粘土的含量不断减少。这种沉积物粒度分布特征反映了高中低潮滩水动力的强弱:由高潮滩向低潮滩,水动力的逐渐增强。

(3)通过绘制 Pejurp 三角图式,绝大部分样点都落在Ⅲ、Ⅳ动力区,表明无居民岛水动力条件总体上较强。该区域主要受到潮流和径流作用的影响,径流作用是指携带大量泥沙的长江径流对其的影响,近河口地区主要受径流作用影响的滩涂,水动力强,粒径较粗,如,扁担沙。主要受潮流作用的潮间带,由于潮流带来大量细悬浮物,粒径较细,如黄瓜沙。受径潮流相互作用的潮间带,由于复杂的地理因素的影响及径潮流二

者作用的相互影响,水动力作用弱,沉积物较细,如东风西沙等。

### 参考文献:

- [1] WANG X Y, KE X K. Grain-size characteristics of the extant tidal flat sediments along the Jiangsu coast, China [J]. *Sedimentary Geology*, 1997, 112: 105 - 122.
- [2] 李震. 厦门港表层沉积物特征及其物源意义[D]. 厦门: 厦门大学, 2007.
- [3] 王爱军, 陈坚. 厦门吴冠海潮间带沉积物粒度特征及其沉积动力学涵义[J]. *热带海洋学报*, 2006, 25(6): 28 - 32.
- [4] 陈吉余, 沈焕庭, 恽才兴. 长江河口动力过程和地貌演变[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1988.
- [5] 刘红, 何青, 王元叶, 等. 长江口表层沉积物粒度时空分布特征[J]. *沉积学报*, 2007, 25(3): 445 - 455.
- [6] 刘清玉, 戴雪荣, 何小勤. 崇明东滩表层沉积物的粒度空间分布特征[J]. *上海地质*, 2003(4): 5 - 8.
- [7] 周开胜, 孟翊, 刘苍宇, 等. 长江口北支沉积特征及北支河道演变[J]. *泥沙研究*, 2009(6): 65 - 73.
- [8] 刘瑜, 韩震. 基于遥感的长江口南汇潮滩植被群落时空动态变化[J]. *上海海洋大学学报*, 2009, 18(5): 579 - 585.
- [9] 国家海洋局 908 专项办公室. 海岛调查技术规范[M]. 北京: 海洋出版社, 2005.
- [10] 国家海洋局 908 专项办公室. 底质调查技术规程[M]. 北京: 海洋出版社, 2005.
- [11] 杨欧, 刘苍宇. 长江口北支沉积物粒径趋势及泥沙来源研究[J]. *水利学报*, 2002, 33(2): 79 - 85.
- [12] MORTEN P. The triangular diagram used for classification of estuarine sediment; a new approach [M]//DORDRECHT D. *Tide-influenced Sedimentary Environment and Facies*. Reidel Publishing Company, 1987: 298 - 300.
- [13] 黄广. 长江口、杭州湾水沙交换与输移特征研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2007.
- [14] 武小勇. 长江口北港河势演变分析[D]. 上海: 华东师范大学, 2005.
- [15] 陈家宽. 上海九段沙湿地自然保护区科学考察集[M]北京: 科学出版社, 2003: 62 - 71.
- [16] 贾海林, 刘苍宇, 杨欧. 长江口北支沉积动力环境分析[J]. *华东师范大学学报: 自然科学版*, 2001(1): 90 - 96.

## Grain-size characteristics of the inter-tidal flat sediments of Shanghai non-resident islands

YANG Hong, SU Ting, KONG De-xing, DAI Xiao-jie

(College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** 30 surface sediment samples were collected from the islands of Shanghai. All of the samples were analyzed by using LS13320 laser particle size analyzer. There are five sediment types in the study area of six non-resident islands, among all types of sediments, the silt sediment is the most abundant. The sediment parameters of all samples are generally bad sorting, positively skewed, leptokurtic. The study area is located in the Yangtze River Estuary. The open mouth provides a broad space for the development of the tidal flat and the influence of the strong river runoff, tidal flow and waves provide dynamical factors to form the tidal flat. By drawing Pejrup triangle pattern, it displays that all the samples are in III and IV dynamic sections which means the hydrodynamic condition is strong generally. Besides Guyuan Sha, accompanied by the declining hydrodynamic conditions, from ocean to shore, the grain size decreases and the sand content decreases, clay and silt increases.

**Key words:** Shanghai; islands; surface sediment; grain size; sediment parameters; hydrodynamic response