

冬季黄河口及邻近海域悬浮体粒级组成和分布研究

曾明¹, 范德江^{1*}, 孙效功², 王帅¹, 杨作升¹

(1. 中国海洋大学 海底科学与探测技术教育部重点实验室, 山东 青岛 266100; 2. 中国气象局 气象科学研究所, 北京 100081)

摘要: 利用 LISST—100 激光粒度仪于 2006 年 11 月在黄河口及附近海域进行现场粒度调查, 揭示了冬季低流量下悬浮体粒度组成和空间分布特征, 分析了其制约因素和沉积动力学意义。研究表明, 黄河口悬浮体平均粒径为 3.00Φ — 6.41Φ , 平均值为 4.66Φ ; 粒度分布为非正态分布, 在表层、中层悬浮体的粒度分布呈双峰和三峰两种模式, 在底层则为单峰模式和双峰模式; 在表层、中层悬浮体的搬运方式以递变悬浮为主, 在中层有少量为跳跃搬运, 而底层的悬浮体主要以跳跃搬运为主。黄河口悬浮体粒度组成受底质类型、冲淤状态、黄河径流、海洋动力以及絮凝和生物作用等多种因素的共同影响。

关键词: 冬季; 黄河口; 悬浮体粒度; 空间分布; 影响因素

中图分类号: P736.2

文献标志码: A

文章编号: 0253-4193(2010)04-0129-10

1 引言

黄河口是世界上典型的高含沙河口, 河流入海的大量沉积物及人类活动产生的污染物质在河口及邻近海域沉积。河口及邻近海域是陆海相互作用剧烈的地带, 沉积物的搬运和沉积动力学过程在其中起到极其重要的作用, 因而成为现代陆架边缘海源-汇作用研究的前沿之一^[1-5]。多年来在黄河口和渤海进行了包括悬浮体在内的大量调查研究, 但是受到调查技术的制约, 对悬浮体粒度的认识主要基于海上取样、室内分析得到的属于实验室粒度, 迄今尚未见到现场悬浮体粒度的报道。我们知道悬浮体性质不稳定、多变, 现场粒度和实验室粒度差别大、可比性差。

美国 SEQUOIA 公司生产的 LISST—100 激光粒度仪是新一代海洋调查设备, 它利用小角度激光衍射原理实现了对悬浮体粒度的现场观测, 具有快速、准确、多参数联测的优点^[6]。国内外众多专家、

研究者应用此仪器做了许多悬浮体的相关工作, 取得了大量成果^[7-12]。本文基于 2006 年 11 月在黄河口用 LISST—100 激光粒度仪现场调查所得粒度数据, 系统分析了黄河口悬浮物的粒度组成以及空间分布特征, 探讨了悬浮体粒度的制约因素以及沉积动力学意义。

2 现场调查及数据处理

于 2006 年 11 月 5~15 日使用中国海洋大学的“东方红 2 号”调查船对黄河口及其邻近海域进行了综合调查, 围绕现在的黄河口、废弃的黄河口和相邻渤海海域布设了 28 个站位(见图 1)。

这次调查采用的 LISST—100 激光粒度仪检测颗粒粒径为 $2.50\sim 500\ \mu\text{m}$ 。将现场采集的数据用 LISST 软件转换成 Excel 表格的格式, 利用矩法计算平均粒径、分选系数、偏态、峰态等粒度参数。具体计算公式如下:

收稿日期: 2009-08-01; 修订日期: 2009-11-18。

基金项目: 国家重大基础研究发展计划项目(2005CB422304); 国家自然科学基金项目(40976020)。

作者简介: 曾明(1985—), 男, 湖北省荆州市人, 硕士研究生, 研究方向为海洋沉积动力学。E-mail: vs2118@ouc.edu.cn

* 通信作者: 范德江(1965—), 男, 教授, 博士, 从事海洋沉积学和沉积地球化学研究和教学。E-mail: djfan@ouc.edu.cn

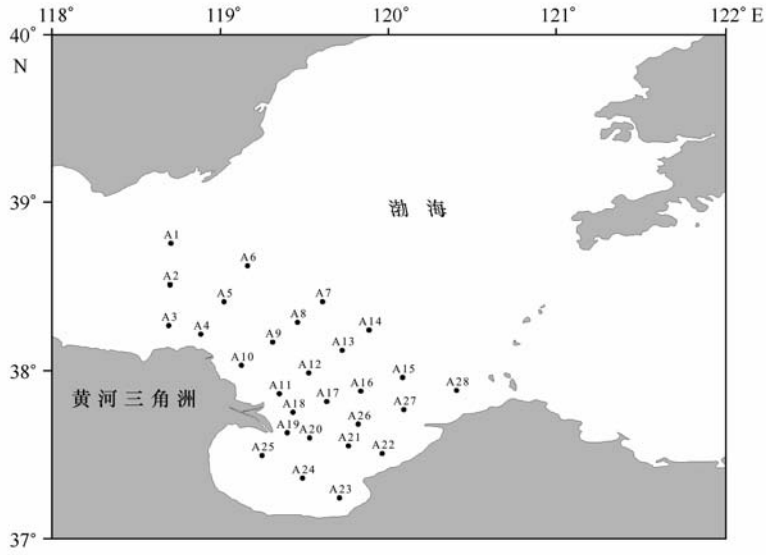


图1 黄河口冬季航次调查站位图

对于平均粒径

$$\bar{d} = \frac{\sum f d_m}{100};$$

对于分选系数

$$\delta = \sqrt{\sum f (d_m - \bar{d})^2 / 100};$$

对于偏态

$$Sk = \frac{\sum f (d_m - \bar{d})^3 / \delta^3}{100};$$

对于峰态

$$Ku = \frac{\sum f (d_m - \bar{d})^4 / \delta^4}{100}.$$

上述各式中, f 为某粒径区间颗粒百分含量; d_m 为该粒径区间的中值粒径(Φ), 它与粒径的关系为 $\Phi = -\log_2 d$, d 为颗粒直径(mm)。

3 悬浮体粒度特征及空间分布

3.1 悬浮体粒度特征

实测数据显示黄河口和邻近海域悬浮体粒度以粉砂为主, 粒度波动范围大, 分选差, 频率分布总体较对称。

在粒级组成上黄河口悬浮体以粉砂为主, 百分含量为 31.29%~76.87%, 平均为 52.15%; 砂含量次之, 为 6.73%~64.08%, 平均为 36.95%; 黏土含量较少, 为 3.85%~32.78%, 平均为 10.91%。

黄河口以及邻近海域的悬浮体平均粒径为 3.00Φ ~ 6.41Φ , 平均为 4.66Φ ; 分选系数为 1.46~2.47, 平均为 1.99, 分选较差; 偏态为 -0.67~0.72, 平均为 0.08; 峰态为 1.69~3.05, 平均为 2.31。我们作了黄河口不同层位悬浮体粒度组成和粒度特征的统计(表1)。

表1 黄河口悬浮体粒度参数和粒级组成

		表层			中层			底层		
		最大值 (%)	最小值 (%)	平均值 (%)	最大值 (%)	最小值 (%)	平均值 (%)	最大值 (%)	最小值 (%)	平均值 (%)
粒度组成	砂	50.13	6.73	28.92	57.75	7.74	36.57	64.08	20.11	45.35
	粉砂	75.79	40.18	57.46	76.87	33.25	52.52	69.14	31.29	46.46
	黏土	32.78	4.69	13.62	15.59	6.31	10.91	21.94	3.85	8.19
粒度参数	中值粒径(Φ)	6.41	3.97	5.15	6.34	3.33	4.65	5.90	3.00	4.17

续表 1

粒度参数		表层			中层			底层		
		最大值 (%)	最小值 (%)	平均值 (%)	最大值 (%)	最小值 (%)	平均值 (%)	最大值 (%)	最小值 (%)	平均值 (%)
平均 粒径(Φ)		6.39	4.23	5.19	6.64	3.95	4.94	5.82	3.57	4.44
分选系数		2.47	1.74	1.99	2.35	1.46	1.97	2.31	1.65	2.00
偏态		0.32	-0.65	-0.12	0.49	-0.67	0.07	0.72	-0.46	0.30
峰态		3.05	1.69	2.29	2.89	1.88	2.29	2.85	1.97	2.33

3.2 悬浮体粒度特征空间分布

分析悬浮体粒度特征空间分布对于了解悬浮体物质的组成、输运有着重要的意义,历来为沉积动力学研究者所重视。

3.2.1 粒度特征的平面分布

黄河口附近海域悬浮体的粒度特征在平面上

表现出一定的规律性,但是在表层、中层、底层部分不一致,而且平均粒径和分选系数的分布也不同。

在表层悬浮体平均粒径为 $4.23\Phi-6.14\Phi$,总体上由岸向海粒径呈变粗的趋势,在近岸呈块状差异分布,从埕北废黄河口向现在的黄河口方向,平均

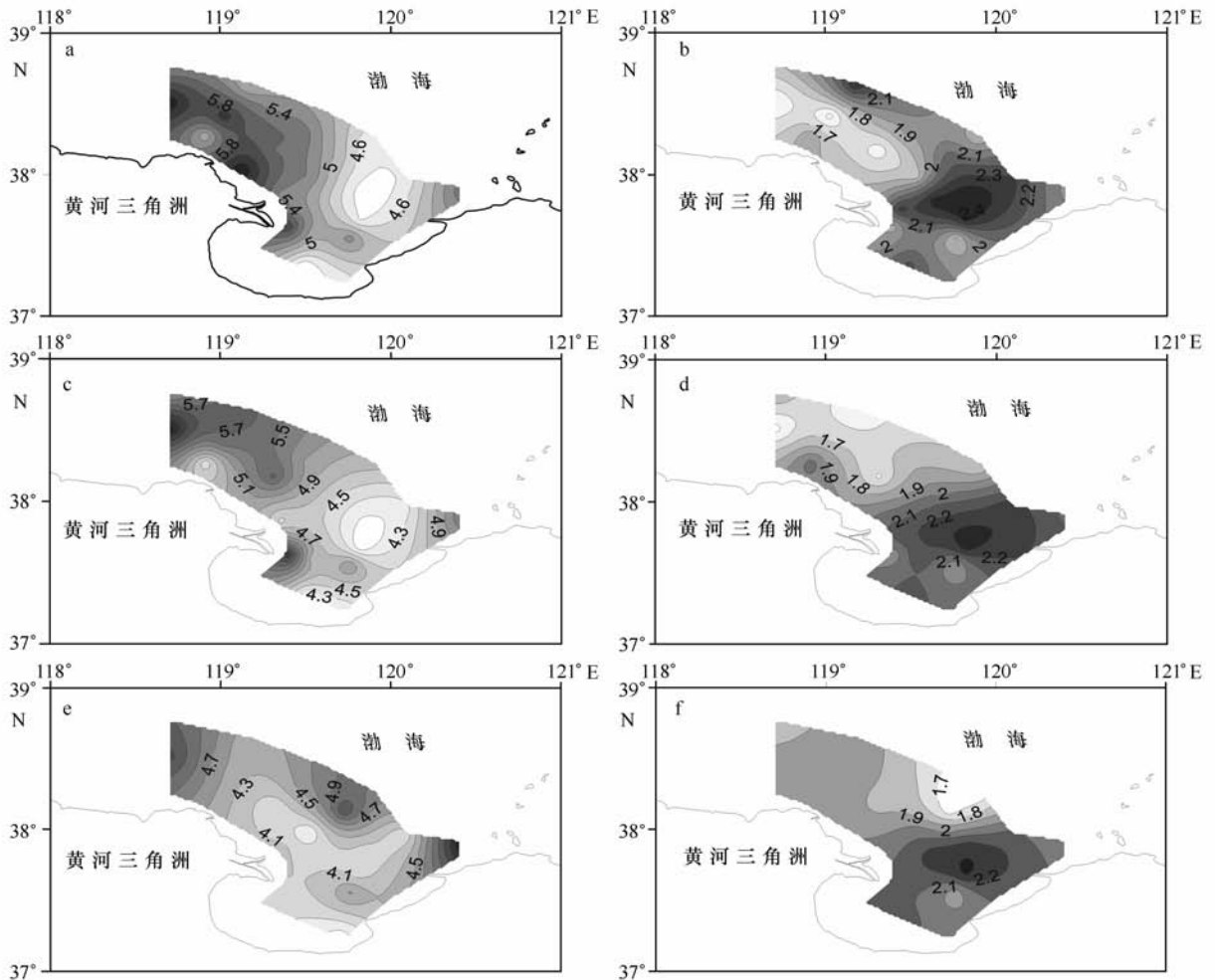


图2 黄河口表层、中层、底层悬浮体的平均粒径、分选系数分布图

a. 表层悬浮体平均粒径(Φ), b. 表层悬浮体分选系数, c. 中层悬浮体平均粒径(Φ), d. 中层悬浮体分选系数, e. 底层悬浮体平均粒径(Φ), f. 底层悬浮体分选系数

粒径出现粗—细—粗的变化趋势。分选系数为 1.46~2.45,分选较差,而且分选性具有由岸向海变差的趋势(见图 2a,b)。

在中层悬浮体平均粒径的平面分布呈现出与表层类似的分布格局,平均粒径为 3.95Φ — 6.44Φ ,由岸向海平均粒径变粗,而在近岸从北向南粒径从粗变细。分选较差,分选系数为 1.54~2.27,由岸向海分选性变差(见图 2c,d)。

在底层悬浮体平均粒径大小为 3.57Φ — 5.82Φ ,整体上比表层、中层的粒径粗。平均粒径由岸向海方向趋于变细,在近岸从北向南则呈现逐渐

变粗的趋势。在近现在黄河口的 A9,A12 站位,粒径相对周围站位较粗,分别为 3.95Φ , 3.77Φ 。分选系数分布较复杂,除了在莱州湾浅滩出现低值、分选很差外,在其他海域表现为从岸向海方向分选变好的趋势(见图 2e,f)。

3.2.2 粒度特征的垂向分布

各站位悬浮体粒度特征在垂向上变化规律比较复杂,但是总体上平均粒径呈表层细、底层粗的特征。本研究区悬浮体粒度特征垂向分布大致分为四种类型:类型 1,类型 2,类型 3 和类型 4。

类型 1:在距离现黄河口较远的地方,平均粒径

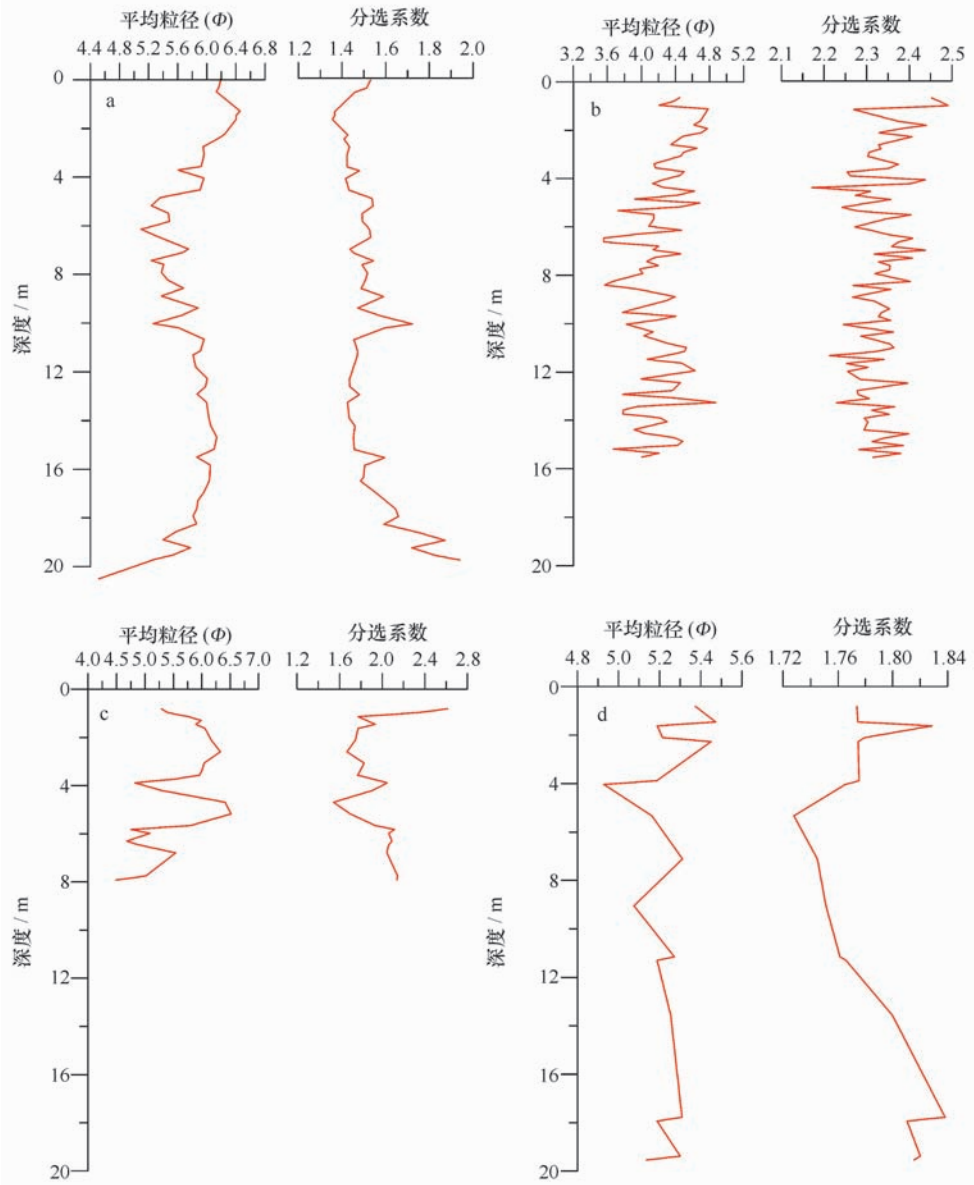


图 3 各站位悬浮体粒度特征垂向变化

a. A5 站悬浮体粒度特征垂向分布, b. A26 站悬浮体粒度特征垂向分布, c. A18 站悬浮体粒度特征垂向分布, d. A1 站悬浮体粒度特征垂向分布

呈现出由浅到深波动变粗的规律,从中层到底层粒径变粗,分选变差。该类型见于 A4, A5, A10, A11, A21 等站(见图 3a),这应当与近岸表层沉积物的再悬浮有关。

类型 2:在距离现黄河口较远的地方,悬浮体平均粒径、分选性呈无规律的波动变化。该类型见于 A13, A14, A15, A26, A28 等站(见图 3b)。

类型 3:在少数站位由于距岸很近,底层粒度数据缺失,中上层粒度则呈现出较大的波动。该类型见于黄河入海口的 A18, A19, A20 等站(见图 3c)。

类型 4:在个别站位粒度呈现出较独特的规律,表层和底层颗粒细、中层颗粒粗,随颗粒的变

粗分选变好,如在研究区西部的 A1 站(见图 3d)。

黄河口悬浮体的粒度特征空间分布是多种因素复杂作用的结果,呈现出复杂的规律变化。

4 悬浮体粒度分布

4.1 悬浮体频率分布

悬浮体粒度分布曲线可以清楚地表明悬浮体的粒度组成,并且它隐含了悬浮体颗粒来源和水动力作用强度的信息。黄河口各站位悬浮体的粒度分布为非正态分布,悬浮体粒径变化范围较大,主要集中在 $2\Phi-9\Phi$ 。粒度分布包括单峰分布、双峰分布和三峰分布三种模式(图 4)。

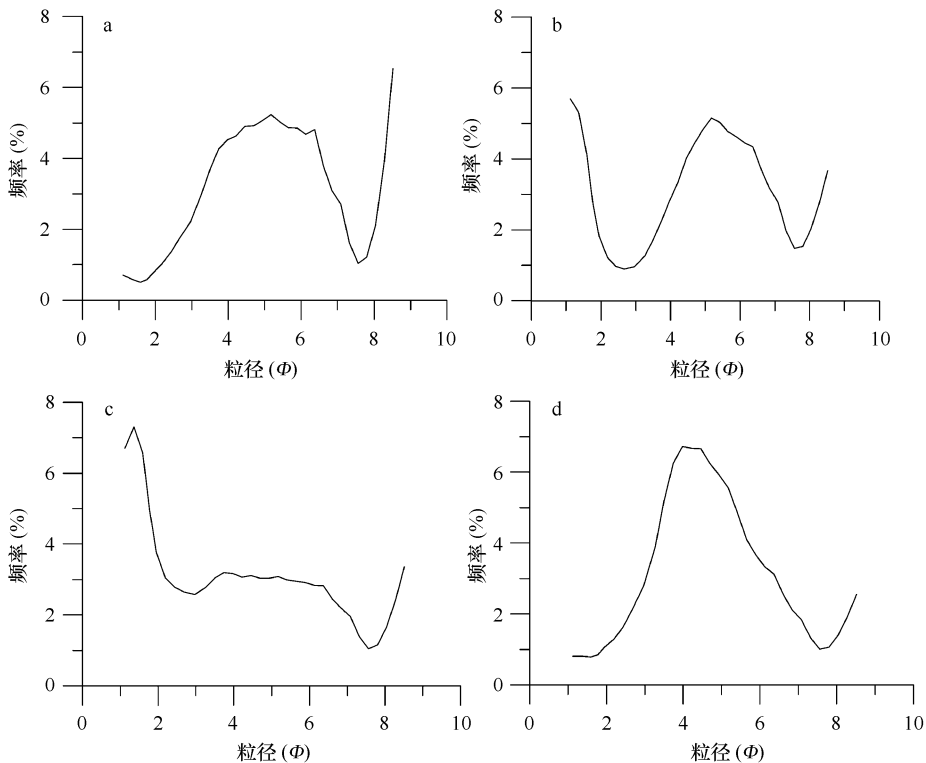


图 4 黄河口粒度频率分布曲线图

a. 双峰分布, b. 三峰分布, c. 三峰分布, d. 单峰分布

结合平面上的分布发现表层、中层、底层的粒度分布亦有所差别。

(1)表层悬浮体的粒度分布呈双峰或三峰两种模式(见图 5a)。在 A4, A10, A11, A18, A19 等沿岸站位,粒度分布曲线形态差异很大,说明在三角洲沿岸近海域悬浮体物质来源、所在区域海洋动力条

件均有较大的不同,粒度分布主要呈双峰模式,以 $8\Phi-9\Phi$ 峰为主,峰分布较窄, $4\Phi-7\Phi$ 峰次之,峰分布相对较宽。在距黄河口一定距离的 A6, A8, A13, A16, A17, A26 等站,细粒成分减少,而粗粒成分增加,粒度分布呈三峰模式,以较窄的 $1\Phi-2\Phi$ 峰为主,而 $8\Phi-9\Phi$ 峰和 $4\Phi-7\Phi$ 峰次之,这应该是生物

絮凝使悬浮体粒径变大的结果。介于两者之间的

A5, A9, A12, A17 站位粒度分布呈现出过渡状态。

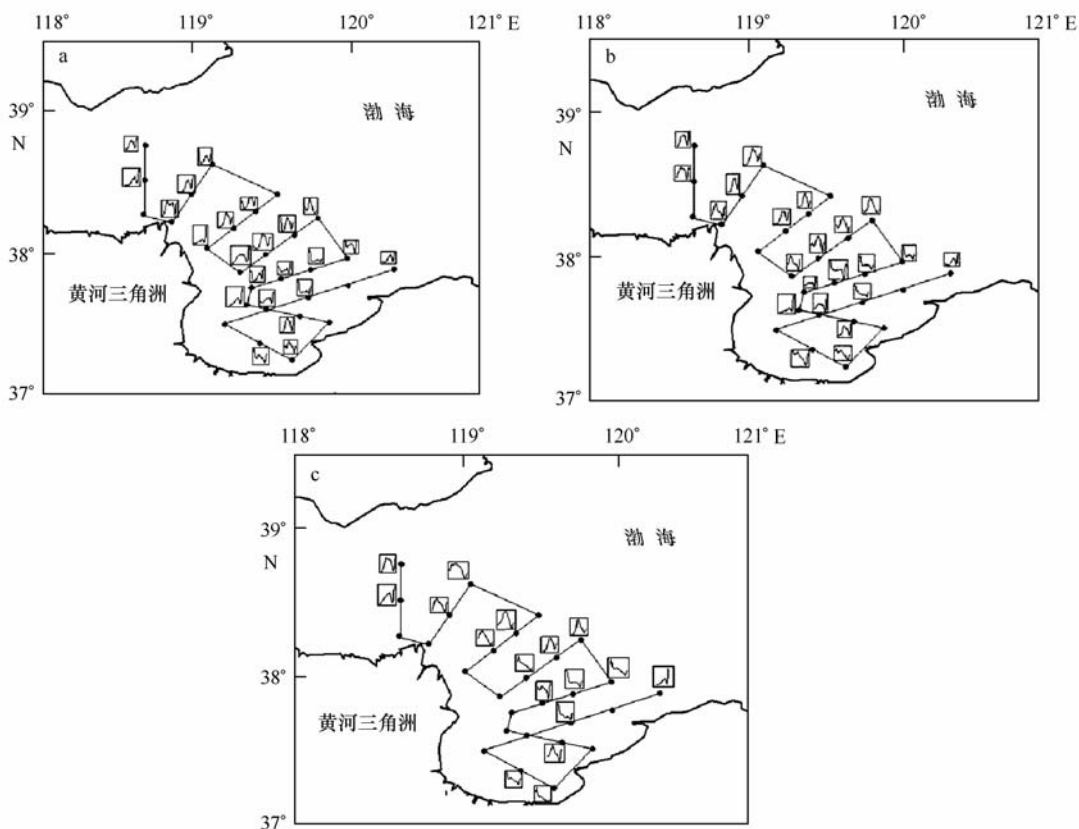


图5 黄河口悬浮体粒度分布图

a. 表层悬浮体粒度分布图, b. 中层悬浮体粒度分布图, c. 底层悬浮体粒度分布图

(2) 中层悬浮体的粒度分布呈现出与表层类似的双峰分布和三峰分布模式(图 5b), 也具有与表层类似的 $8\Phi-9\Phi$ 峰和 $1\Phi-2\Phi$ 峰, 而与表层不同的是中层的悬浮体颗粒较表层的粗, 表层的 $4\Phi-7\Phi$ 峰在中层表现为 $3\Phi-6\Phi$ 峰。

(3) 底层悬浮体的粒度分布为单峰模式或双峰模式(图 5c), 随距黄河口的距离加大呈渐变关系。在三角洲近岸及黄河入海口附近, 粒度分布为双峰模式, 以较宽的 $1\Phi-3\Phi$ 峰为主, 较窄的 $8\Phi-9\Phi$ 峰次之; 随离岸距离的加大, $8\Phi-9\Phi$ 峰逐渐变小至接近消失, 而 $1\Phi-3\Phi$ 峰则渐变为 $4\Phi-6\Phi$ 峰, 双峰模式也逐渐演变为单峰模式。

4.2 悬浮体 C-M 图式

冬季黄河进入枯水期, 黄河入海水沙骤减, 河流作用减弱, 海洋动力相对加强。C-M 图(C 值是粒度概率累计曲线上 1% 累计含量的粒度, M 值是粒度

概率累计曲线上 50% 累计含量的粒度) 与沉积物搬作用密切相关, 它可以提供关于沉积物搬运状态和水动力强弱的信息。由于本文使用的 LISST-100 激光粒度仪颗粒检测范围为 $2.50\sim 500\ \mu\text{m}$, 所以图中 C 值超过 $500\ \mu\text{m}$ 的点(实心圆点)是不准确的, C-M 图只对 C 值小于 $500\ \mu\text{m}$ 的点(空心圆点)进行分析。

C-M 图显示黄河口及邻近海域表、中、底三层的搬运形式有显著的差别(见图 6)。在表层只发育递变悬浮段, 表明递变悬浮搬运方式占绝对优势, 再悬浮物质可能难以到达表层; 中层仍然以递变悬浮搬运为主, 但有少量的跳跃搬运载荷, 说明再悬浮物质可以影响到中层; 底层的悬浮体无例外地皆以跳跃方式进行搬运, 显示了该部分悬浮体与底质交换频繁, 很容易受到再悬浮过程的影响。

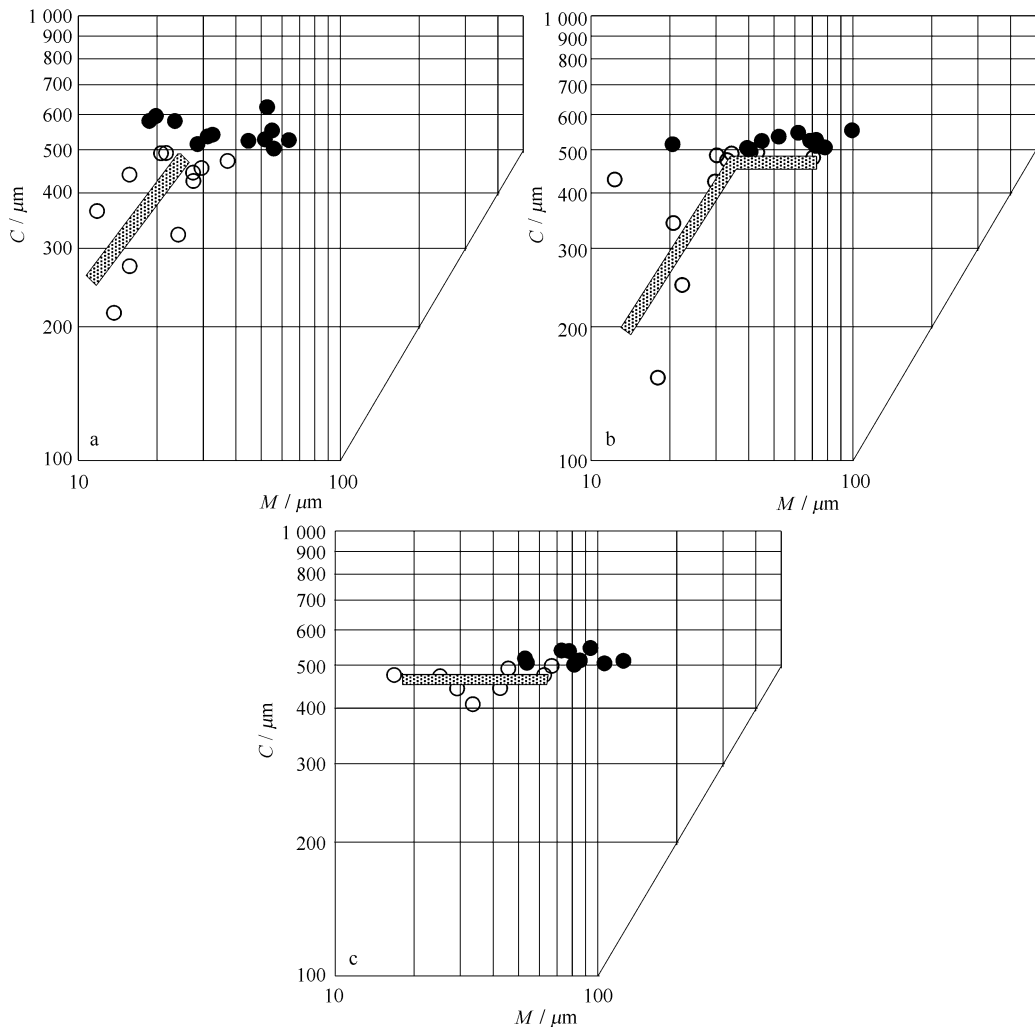


图6 黄河口悬浮体在表层(a)、中层(b)、底层(c)的C-M图

5 讨论

黄河口及邻近海域悬浮体的粒度空间分布具有近岸细、向海粗、向西北粗、向南变细的趋势,粒度分布表现出单峰、双峰、三峰等复杂的形式,而悬浮体搬运有递变悬浮、跳跃等方式的差别。这些特点可能与海底底质类型和冲淤状态、黄河径流、海洋动力环境以及生物作用等有密切的关系。

5.1 底质类型和冲淤状态

黄河入海的泥沙多为细颗粒泥沙,而黄河入海泥沙是黄河三角洲沉积物的最主要来源之一,因此黄河水下三角洲的表层沉积物也基本上以细颗粒泥沙为主,多为细颗粒的黏土质粉砂。图7为黄河三角洲附近海域的沉积物类型分布,此图反映了黄河口附近海域的沉积物分布情况。

调查时间处于冬季黄河低流量季节,冬季风作用强,波浪作用加强,近岸底质细颗粒沉积物再悬浮强烈,成为悬浮体主要的贡献者。

根据近年来的海岸蚀积状况,可将现代黄河三角洲海岸分为弱蚀型、强蚀型和堆积型三种海岸类型。弱蚀型海岸主要分布在挑河湾以西,强蚀型海岸主要分布在挑河湾以东的刁口河和神仙沟岸段,堆积型海岸主要分布在黄河现行河口及其两侧^[14]。埝北废黄河口区域为强蚀型海岸,现行黄河口为堆积型区域,而两者中间的区域处于冲淤平衡状态。在此次调查中发现近岸呈块状差异分布,从埝北废黄河口向现黄河口方向,悬浮体平均粒径出现粗一细一粗的变化趋势,而在近岸细粒悬浮体出现位置与该区的冲淤平衡位置一致,体现了较好的相关性,说明废黄河口侵蚀以及现黄河口入海的物质对中间

平衡区域的悬浮体组成影响都不大,都未能到达这一区域。

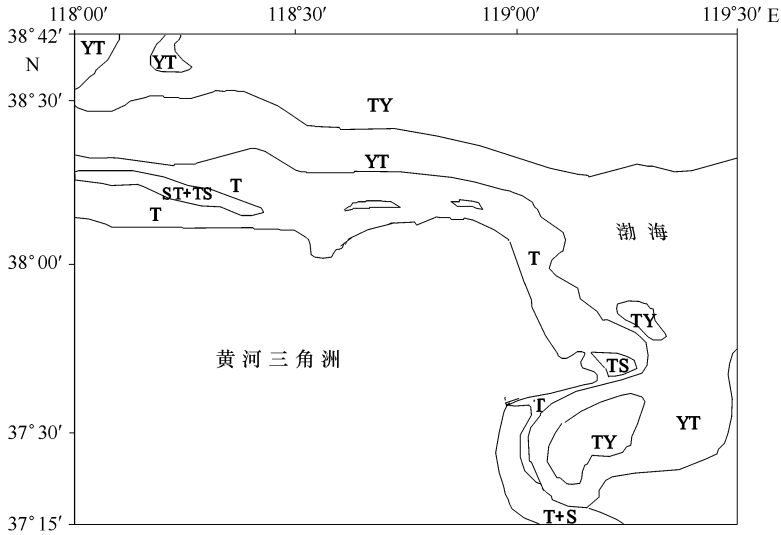


图7 黄河三角洲附近海域的沉积物类型分布图(据文献[13]重绘)

TS代表粉砂质砂,ST代表砂质粉砂,T代表粉砂,YT代表黏土质粉砂,TY代表粉砂质黏土

5.2 径流的影响

黄河入海泥沙先以悬浮体方式搬运,随河口沉积作用的进行,大部分泥沙沉积,形成水下三角洲,还有一部分细颗粒泥沙继续搬运到较远的地方,这部分泥沙直接构成了水体中悬浮体的组成部分。

由于调查期间为冬季低流量时期,而且受到河口潮汐切变锋作用的影响,入海泥沙扩散范围仅限于河口和沿岸处狭窄的区域^[15-16],这部分泥沙相对偏粗,所以在现代河口附近悬浮体粒度偏粗,在平均粒径组成上表现得更明显。

5.3 海洋动力环境的影响

冬季黄河进入枯水期,河流作用减弱,海洋动力相对加强。波浪、潮汐造成了近岸表层沉积物的再

悬浮和运输,海水的平面混合以及表底层的垂向混合都变得相对强烈。

黄河口的表层沉积物主要为黏土质粉砂,波浪、潮流等都会使它再悬浮。调查中我们发现近岸底层悬浮体浊度较大,向海迅速减小,从中层到近底层悬浮体粒径出现较大的波动,这应该是由近岸强烈再悬浮引起的。图8为黄河口底层悬浮体浊度分布图。

在三角洲沿岸潮流为基本与岸线平行的往复流,在废黄河口和现黄河口潮汐相位差产生的切变锋阻隔了沿岸泥沙向海输运,近岸泥沙较少向外海输送,这对海域悬浮体粒度组成产生了重大影响。

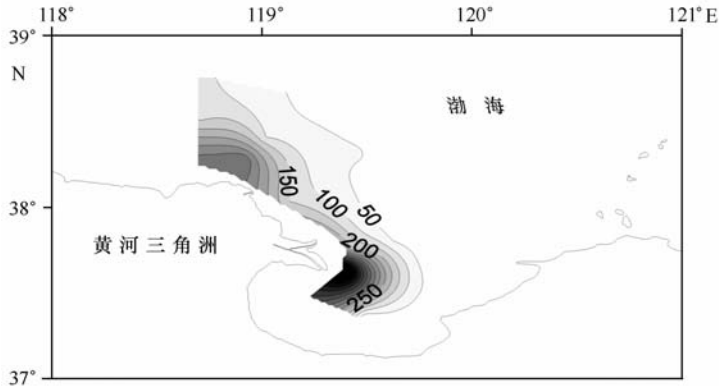


图8 黄河口底层水体浊度(NTU)分布

冬季黄河口及邻近海域波浪作用强烈,海水平面和垂向的混合作用明显。这种作用对悬浮体在水平、垂向上的粒度变化起了较大影响。在垂向上各调查站位表层到底层平均粒径波动很明显;在平面上一些站位的粒径分布异常说明由岸向海粒径变粗这一规律不是很明显。

5.4 絮凝和生物作用的影响

随离岸距离的增加,平行岸线各站位的悬浮体平均粒径变大,这是随离岸距离的变大絮凝作用和生物作用同时增强的结果。

有关悬浮细颗粒的絮凝作用、絮凝机理及其在河口最大浑浊带形成中的作用等方面已有较多的报道^[17-18],而絮凝作用的直接结果就是加大细颗粒的粒度,从而改变了悬浮体的粒度组成。一般来说,悬浮体发生絮凝的影响因素主要有盐度、有机质含量和种类、水体动力因素等。在两种水体强烈混合的河口,絮凝作用相对最强烈,这进一步强化了黄河入海沉积作用和河口处悬浮体粒度偏粗的现象。

生物作用可提供生物骨屑(包括硅藻、甲藻、有孔虫等)、粪团(海洋生物的排泄物)、有机包膜、有机絮凝体等,这些物质在粒径上都较大,因此有机质含量的增加会使悬浮体中的粗颗粒组分含量增大。生物作用在离开黄河口较远、盐度正常的海域表现得更明显,而在离岸有一定距离的海域悬浮体粒度显著增大。

6 结论

(1)黄河口悬浮体以粉砂为主,砂含量次之,黏土含量较少。悬浮体平均粒径为 $3.00\Phi-6.41\Phi$,平均值为 4.66Φ ;分选系数为 $1.46\sim 2.47$,平均值为 1.99 ,分选较差。

(2)表层、中层悬浮体粒径由岸向海出现变粗的趋势,近岸则呈块状差异分布,从埕北废黄河口向现黄河口方向,平均粒径出现粗—细—粗的变化趋势,而在近岸细粒悬浮体出现位置与该区的冲淤平衡位置一致;底层平均粒径由岸向海趋于变细,在近岸从北向南则呈现逐渐变粗的趋势。

(3)悬浮体粒度在垂向上表现出表层细、底层粗的变化趋势,在个别站位出现中层变粗的现象。

(4)黄河口各站位悬浮体的粒度分布为非正态分布,悬浮体粒径变化范围较大,主要集中在 $2\Phi-9\Phi$ 。粒度分布模式包括单峰分布、双峰分布、三峰分布三种模式。

(5)C-M 图和概率累计曲线图表明:黄河口表层和中层悬浮体的搬运方式以递变悬浮为主,含少数的跳跃搬运,而底层的悬浮体主要以跳跃搬运为主。

(6)影响黄河口悬浮体粒度组成的因素非常复杂,它受海区海底底质类型和冲淤状态、黄河径流、海洋动力环境以及絮凝和生物作用等多种因素的共同影响。

参考文献:

- [1] MILLIMAN J D, SYVITSKI J P M. Geomorphic/tectonic control of sediment discharge to the ocean: the importance of small mountainous rivers[J]. *Journal of Geology*, 1992 (100): 525—544.
- [2] 成国栋, 薛春汀. 黄河三角洲沉积地质学[M]. 北京: 地质出版社, 1997.
- [3] 许炯心. 黄河三角洲造陆速率对夏季风强度变化和人类活动的响应[J]. *海洋学报*, 2007, 29(5): 88—94.
- [4] 吴永胜, 王兆印. 渤海动力对黄河入海泥沙输移的影响[J]. *黄渤海海洋*, 2002, 20(2): 22—30.
- [5] 李福林, 庞家珍, 姜明星, 等. 黄河清水沟流路水沙组合和河口三角洲发育的宏观特性[J]. *海洋学报*, 2001, 23(1): 52—59.
- [6] 柏秀芳, 龚德俊. 北部湾悬浮颗粒现场剖面测量与粒度分析[J]. *海洋科学*, 2008, 32(7): 11—14.
- [7] JEFFREY W G, CHENG R T, WANG P F, et al. Laboratory and field evaluations of the LISST—100 instrument for suspended particle size determinations[J]. *Marine Geology*, 2001, 175(1-4): 199—219.
- [8] FETTWEIS M, FRANCKEN F, PISON V, et al. Suspended particulate matter dynamics and aggregate sizes in a high turbidity area[J]. *Marine Geology*, 2006, 235(1-4): 63—74.
- [9] MIKKELSEN O A, HILL P S, MILLIGAN T G, et al. In situ particle size distributions and volume concentrations from a LISST—100 laser particle sizer and a digital flocc camera[J]. *Continental Shelf Research*, 2005, 25(16): 1959—1978.
- [10] PEDOCCHI F, GARCIA M H. Evaluation of the LISST—ST instrument for suspended particle size distribution and settling velocity measurements[J]. *Continental Shelf Research*, 2006, 26(8): 943—958.
- [11] ELLIS K M, BOWERS D G, JONES S E. A study of the temporal variability in particle size in a high-energy regime[J]. *Estuarine*,

Coastal and Shelf Science, 2004, 61(2): 311—315.

- [12] 魏建伟,石学法,方习生,等. 胶州湾悬浮颗粒现场剖面测量与结果分析[J]. 海洋科学进展,2006,24(1): 75—82.
- [13] 臧启运. 黄河三角洲近岸泥沙[M]. 北京:海洋出版社,1996.
- [14] 陈沈良,张国安,谷国传. 黄河三角洲海岸强侵蚀机理及治理对策[J]. 海洋科学进展,2004(7): 1—6.
- [15] 王厚杰,杨作升,毕乃双. 黄河口泥沙输运三维数值模拟:I. 黄河口切变峰[J]. 泥沙研究,2006(2):1—9.
- [16] 李广雪,岳淑红,赵东波,等. 黄河口快速沉积及其动力过程[J]. 海洋地质与第四纪,2004, 24(3):29—36.
- [17] 刘启贞,李九发,陆维昌,等. 河口细颗粒泥沙有机絮凝的研究综述及机理评述[J]. 海洋通报,2006, 25(2):75—80.
- [18] FAN D J, NEUSER R D, SUN X G, et al. Authigenic iron oxide formation in the estuarine mixing zone of the Yangtze River[J]. *Geo Mar Lett*, 2008, 28(1): 7—14.

The grain-size distribution of the suspended particulate matter in the Huanghe Estuary and its adjacent area in winter

ZENG Ming¹, FAN De-jiang¹, SUN Xiao-gong², WANG Shuai¹, YANG Zuo-sheng¹

(1. *Key Laboratory of Ministry of Education for Submarine Geosciences and Technology, Ocean University of China, Qingdao 266100, China.* 2. *Chinese Academy of Meteorological Sciences, China Meteorological Administration, Beijing 100081, China*)

Abstract: The grain-size of suspended particulate matter in the Huanghe Estuary and its adjacent area was investigated with an in situ laser grain-size analyzer in November 2006. The grain-size parameters and distribution patterns vary strongly in the horizontal and vertical directions. The results show that (1) the mean grain-size of the suspended particulate matter ranges from 3.00Φ to 6.41Φ , with an average value of 4.66Φ ; (2) the grain-size distribution patterns of the suspended sediment include three types, e. g., monomode, bimode and trimode; (3) *C-M* patterns suggest that transportation forms of the suspended particulate matter not only include suspended transportation, but bed load transportation. The bed load transportation mainly appeared at the bottom layer. The grain-size pattern and distribution were basically controlled by the Huanghe discharge, hydrodynamics, surface sediment type, and chemical and biological conditions.

Key words: winter; Huanghe Estuary; grain-size of suspended particulate matter; spatial distribution; controlling factor