

盘锦港海底表层沉积物粒度特征及沉积环境分析

王旭¹,张戈^{1,2}

(1. 辽宁师范大学 大连 116029; 2. 黑龙江科技大学 哈尔滨 150001)

摘要:以盘锦港荣兴港区海底表层沉积物为主要研究对象,通过对不同位置表层沉积物样品的粒度特征进行对比,探讨该区的沉积环境。利用贝克曼库尔特激光粒度仪对其粒度进行了检测,并计算了粒度参数,结果表明:本区7个沉积物样品以粉砂、砂为主,样品平均粒径值介于 $3.19\sim 5.46\Phi$ 。分选性为较差—很差。样品偏度表现为正态—极正偏。峰度的等级为平坦—尖锐。借助Weibull函数计算出了样品2个组分的众数值和百分含量,粒度像图显示样品的初始水动能普遍较大,只是平均水动能存在差异。说明:沉积区的物源距离较近,物质来源比较稳定,以陆源沉积为主,沉积主要受辽河和大辽河控制;在河流沉积作用为主的大背景下,研究区东北部的沉积环境受潮流的影响比较大,中西部则受剥蚀作用影响较大。

关键词:粒度分析;海底表层;沉积环境;盘锦港

中图分类号:P736

文献标志码:A

文章编号:1005-9857(2017)07-0075-05

Grain Size Characteristics and Sedimentary Environment of Surface Sediments in Panjin Harbor

WANG Xu¹, ZHANG Ge^{1,2}

(1. Liaoning Normal University, Dalian 116029, China;

2. Heilongjiang University of Science and Technology, Harbin 150001, China)

Abstract: Based on the study of the surface sediments of the Panjin port, the surface sediments of different locations were compared to discuss the sedimentary environment. The particle size was measured by Beckman Kurt laser particle size analyzer, grain size parameters, and the calculation results showed that the average particle size of 7 sediment samples in this area of silt and sand samples is $3.19\sim 5.46$, whose sorting is poor-very poor, the sample's skewness performance is normal to very positive bias and rating of flat-sharp for the kurtosis. With the help of Weibull function, the numerical values and percentage values of the 2 components of the samples are calculated. The particle size image shows that the initial kinetic energy of the sample is larger, but the average kinetic energy of the sample is different, which demonstrates that the distance between source materials of sedimentary provenance is close and relatively stable, the terrigenous

收稿日期:2017-01-03;修订日期:2017-05-26

基金项目:辽宁师范大学开放实验室资助项目。

作者简介:王旭,硕士研究生,研究方向为自然地理学研究

sediments deposited are mainly controlled by Liaohe River and Daliaohe River. Under the background of river sedimentation, the influence of sedimentary environment of the study area in the northeast by the trend is relatively large, and the midwest is greatly affected by denudation.

Key words: Particle size analysis, Sea surface layer, Depositional environment, Panjin port

沉积物的粒度组成是指不同粒径的颗粒在沉积物中所占的百分比,其对于查明沉积物的物质来源、搬运介质和动力、沉积环境以及它们的变化都具有重要意义。它是沉积物最重要的特征之一,在古环境分析及古气候重建研究中具有十分重要的地位^[1-2]。而海洋沉积物的粒度分析,是海洋地质实验工作的一个基本项目。粒度分析成果不仅是划分海底沉积物类型,同时又是阐明海底沉积物的物质来源、机械分异过程及沉积作用不可缺少的资料。对于粒度的使用,也从最初的简单描述逐渐发展到定量测试和数学推演,以得到多个沉积动力的分离,或是得到沉积运输的模式与趋势^[3-4]。本文对在盘锦港采取的7个海底表层沉积物样品进行粒度分析,总结其粒度特征,并根据粒度特征在平面上的变化,结合海底地形变化和水动力特征,对该表现进行解释,探究古环境要素在粒度上的反映,初步了解盘锦港海区的现代沉积环境。

1 研究区概况

盘锦港荣兴港区地理坐标为 121°57'35"E, 40°42'36"N,位于辽东湾东北部,哈喇岗子滩东侧的海域内,处于辽河口与大辽河口之间。港口背依盘锦市和辽河油田,面临渤海。属暖温带大陆性半湿润季风气候区,四季分明、雨热同季、干冷同期、温度适宜、光照充裕。年平均气温 9.4℃,极端最高气温 35.3℃(1958年7月20日),极端最低气温 -28.4℃(1985年1月28日)。年平均降水量 650.4 mm,1个月最大降水量 553 mm(1975年7月),1 d最大降水量 240.5 mm(1985年8月19日)。常风向为 SSW、S向风,次常风向为 NNE、N向风,该海区全年以 SSW向风最强,平均风速为 5.84 m/s。本区潮流为 WE方向的往复流^[5]且流速较小。

2 样品采集与分析

在盘锦港荣兴港区采集了7个海底表层沉积物样品(表1),样品为直径 11 cm、高 40 cm 的圆柱体。

将样品带回实验室,烘干,待处理。

表1 采样钻孔及深度

钻孔编号	坐标/m		孔口高程/	取样深度/
	x	y	m	m
MT11	4512090.48	414228.38	-3.45	2.00~2.40
MT19	4512172.91	414284.34	-3.03	2.00~2.40
MT24	4512202.39	414327.67	-4.15	2.10~2.50
MT25	4512230.16	414322.86	-2.25	1.20~1.60
MT27	4512246.60	414333.16	-2.43	1.50~1.90
MT30	4512252.52	414361.00	-2.53	2.10~2.50
MT35	4512268.28	414287.16	1.15	2.30~2.70

注:取样深度为孔口向下的深度,取样时间为2015年10月。

粒度分析实验按海洋调查规范要求进行。机器采用美国贝克曼库尔特有限公司生产的型号为 LS13320 激光衍射粒度分析仪,测量范围 0.04~2 000 μm,仪器精度 ≤1%。

研究采用 Manus 提出的矩值法计算样品的粒度参数^[6],它的特点是应用到了样本的总体,是最准确的数学分析方法^[7-8],涉及的粒度参数有平均粒径 \bar{x}_ϕ 、分选系数 σ_ϕ 、偏度 Sk_ϕ 和峰度 K_ϕ ,公式如下。

$$\bar{x}_\phi = \frac{\sum m_\phi}{100} \quad (1)$$

$$\sigma_\phi = \sqrt{\frac{\sum \int (m_\phi - \bar{x}_\phi)^2}{100}} \quad (2)$$

$$Sk_\phi = \frac{\sum \int (m_\phi - \bar{x}_\phi)^3}{100\sigma_\phi^3} \quad (3)$$

$$K_\phi = \frac{\sum \int (m_\phi - \bar{x}_\phi)^4}{100\sigma_\phi^4} \quad (4)$$

式中: m_ϕ 表示中值; \int 为各粒级的百分含量; $\sum \int = 100$ 。粒度参数值及标准见表2。

表 2 粒度参数判断标准

参数	参数值	判断标准
σ_ϕ	<0.35	极好
	0.35~0.50	好
	0.50~0.70	较好
	0.70~1.00	中等
	1.00~2.00	较差
	2.00~4.00	很差
	>4.00	极差
Sk_ϕ	>+1.30	极正偏
	+0.43~+1.30	正偏
	-0.43~+0.43	正态
	-1.30~-0.43	负偏
	<-1.30	极负偏
K_ϕ	<1.70	极平坦
	1.70~2.55	平坦
	2.55~3.70	正态
	3.70~7.40	尖锐
	>7.40	极尖锐

3 沉积物粒度特征

3.1 粒度分析结果

粒度参数使用激光粒度分析仪自动输出的原始数据。按伍登—温德华— Φ 值的标准^[9]对粒径分级。其中, Φ 值由克伦宾公式转化而来,定义为: $\Phi = -\log_2 d$ 其中: d 为直径,单位为 mm。

经测试,得到 7 个沉积物样品粒度分析结果,显示在样品中砂和粉砂的含量占有相当大的比重(表 3)。根据国家海洋局主持编制的《海洋地质调查规范》中所采用的分类命名原则:当样品中有两个粒组的含量分别大于 20% 时,按主次粒组原则命名。11 号、19 号、27 号、30 号、35 号样品为粉砂质砂,24 号、25 号样品为砂质粉砂。

表 3 各样品组分占比

样品号	黏土	粉砂	砂
MT11	5	42	53
MT19	5	27	68
MT24	17	50	33
MT25	12	48	40
MT27	5	41	54
MT30	4	39	57
MT35	5	21	74

粒度参数显示,各样品间有较大的差异(表 4)。

7 个样品的分选系数介于 1.73~2.83,分选性为较差—很差。24 号、25 号样品偏度整体表现为正态,11 号、19 号、27 号、30 号样品整体表现为正偏,35 号样品表现为极正偏。样品峰度介于 1.73~5.16,峰度的等级为平坦—尖锐。

表 4 样品粒度参数值

样品编号	\bar{x}_ϕ	σ_ϕ	Sk_ϕ	K_ϕ
MT11	3.83	2.32	0.62	2.73
MT19	3.27	2.15	1.25	4.28
MT24	5.46	2.75	-0.21	1.87
MT25	4.78	2.83	0.01	1.73
MT27	4.01	2.33	0.48	2.49
MT30	4.11	1.73	1.22	5.16
MT35	3.19	2.22	1.39	4.50

3.2 粒度频率曲线

盘锦港海底表层沉积物的粒度分布曲线形态具有很大的差异性(图 1),呈明显的单峰或多峰特征,以较高组分为中心分别向粗、细粒两端减小,向细粒端减小的速度慢于向粗粒端减小的速度。而且,向细粒端的变化并非一个平滑的过程,在 0.5~1 μm 间出现拐点及不规则小峰。

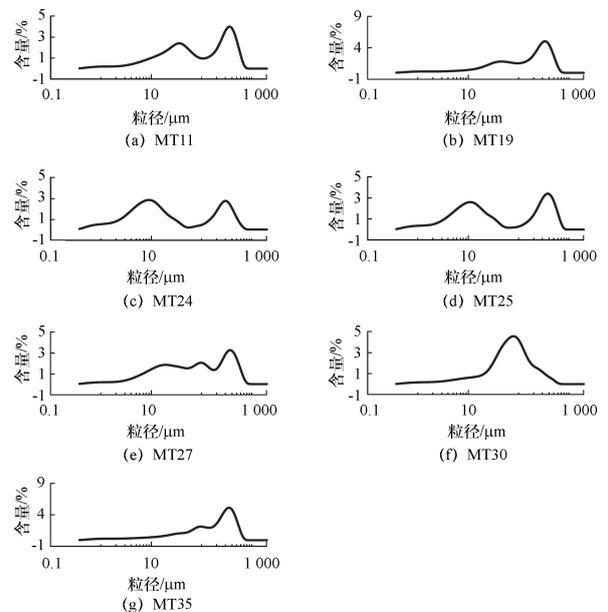


图 1 样品粒度频率分布曲线

由图 1 可见,30 号样品的粒度分布曲线形态呈现单峰特征,主要组分出现在 50~100 μm 。11 号、

19号、24号、25号、35号样品呈双峰特征,其中24号、25号样品的粒度分布曲线形态表现出很大的相似性,粒度都呈正态分布,两个含量较高的组分大体呈左右对称分布,分别介于5~15 μm和200~400 μm,只是在百分含量上存在较小的差异;11号、19号、35号样品粒度分布曲线呈主、次双峰特征,这两个含量较高的组分均呈偏态分布,其中主要组分普遍正偏,次级组分负偏,11号、19号样品两个含量较高的组分分别介于20~70 μm和200~500 μm,35号样品两个含量较高的组分分别介于70~100 μm和200~500 μm。27号样品粒度分布曲线形态呈三峰特征,最高峰出现在400 μm左右,在20 μm和100 μm左右分别出现了两个次级高峰。

3.3 粒度分布函数与两个组分的分离

Weibull分布在解决沉积物粒度多组分的分布上有很好的应用^[10-12]。由于盘锦港沉积物普遍体现为两个组分分布的特点,一个沉积样品的粒度总分布是这两个分量分布的和分布。利用Weibull分布计算两个组分的众数值和百分含量,即式(5),式中 a_1 和 b_1 分别为总体分布函数中第一个Weibull函数的形状和位置参数, a_2 和 b_2 分别为总体分布函数中第二个WEIBULL函数的形状和位置参数, c 为细粒组分的分布函数在总体分布函数密度中的比重,即细粒组分在全样中的百分比。以各粒级的粒径作为自变量,以该粒级的百分含量为分布密度函数值,并以最小残差平方和为拟合目标,可计算出这5个参数,得出我们需要的各参数值(表5)。

$$f(x, a_1, b_1, a_2, b_2, c) = c \frac{a_1}{b_1^{a_1}} x^{a_1-1} e^{-\left(\frac{x}{b_1}\right)^{a_1}} + (1-c) \times \frac{a_2}{b_2^{a_2}} x^{a_2-1} e^{-\left(\frac{x}{b_2}\right)^{a_2}} \quad (5)$$

表5 样品众数值及百分含量

样品	众数 1/μm	含量 1/%	众数 2/μm	含量 2/%
MT11	36.2	54.1	391.0	45.9
MT19	47.9	39.1	356.1	60.9
MT24	9.4	67.2	309.6	32.8
MT25	10.8	59.9	391.0	40.1
MT27	—	—	391.0	34.1
MT30	—	—	87.9	100.0
MT35	101.1	43.8	356.1	56.2

根据Weibull分布函数的计算结果,结合粒度分布曲线形态,可以将7个样品分为以下几种情况:①30号样品为单峰分布,众数粒组的百分含量明显高于其他各粒组;②11号、24号、25号样品为双峰分布,细峰百分含量较高,为优势组分;③19号、35号样品为双峰分布,粗峰明显为优势组分;④11号、35号样品的粗峰和细峰的百分含量相当,相较于其他双峰样品,11号样品的粗峰众数值偏大,而35号样品的细峰众数值明显偏大;⑤27号样品为三峰特征,样品的众数值即为粗峰的众数值。

3.4 粒度像图

本文选取了两个与沉积搬运有着密切关系的粒度参数: C 值是累积含量1%的沉积物粒度,可以反映沉积时的最大水动能; M 值是累积含量50%的沉积物粒度,可以反映沉积的平均水动能。以 C 对 M 作 $C-M$ 值图,用来判断沉积物可能的形成环境(图2)。其中坐标轴为双对数坐标轴。

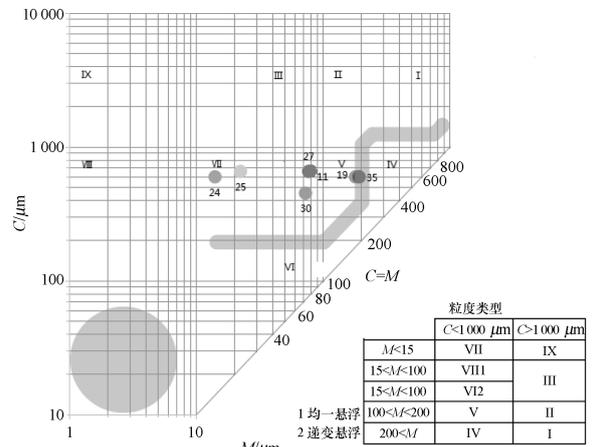


图2 盘锦港沉积物 $C-M$ 图

沉积物样品的 $C-M$ 图投点具有很大的差异性, C 值介于400~700 μm, M 介于10~200 μm。 C 值较为稳定,而 M 值相对变化较大,与沉积时代水动能的变化及海陆交互作用有直接关系。根据样品点的 M 值的变化可以将投点区域划分成两个:区域一,550 μm < C < 700 μm, 10 μm < M < 25 μm;区域二,400 μm < C < 700 μm, 70 μm < M < 200 μm。区域一初始水动能较大而平均水动能较小,说明沉积初期物质搬运动能较强而后期沉积水

动力较弱;区域二初始水动能较大,平均水动能也较大,对应初始沉积动能对平均动能贡献较大。

4 沉积环境讨论

沉积物的形成,受到物源、水动力条件及地形地貌等因素的影响。而同一研究区域的海底表层沉积物可通过粒度特征上的分异规律,表现出沉积环境的空间变化。盘锦港海底表层沉积物的粒度特征表现出了一定的变化规律,可通过物源、水动力条件等因素对该区的沉积环境做出初步解释。

(1)24号、25号样品为砂质粉砂,沉积物平均粒径较小,细峰组分占优(24号:67.2%,25号:59.9%),粒度分布曲线都为双峰特征且表现出极大的相似性。 $C-M$ 图显示为均一悬浮的沉积过程,指示了静水环境。而在渤海湾,研究区域的潮流作用强度仅次于老铁山水道附近^[13]。由此说明,两个采样点河流沉积作用相对减弱,潮流改造作用增强,导致了细粒物质增加,粗粒物质相对减少,体现了受潮流作用影响的沉积水动力条件。

(2)11号、27号和30号样品均为粉砂质砂,偏度表现为正偏,峰度等级相差较大。粒度分布曲线既有单峰形态,又有双峰、三峰形态,差别较大。 $C-M$ 图显示这3个样品的沉积过程为递变悬浮。推断11号样品的沉积环境受河流控制,受其他水动力条件影响较小;27号和30号样品沉积初期以河流作用为主,潮流在后期发挥了比较大的改造作用。

(3)19号和35号样品为粉砂质砂,平均粒径比其他几个样品都要大,峰度等级均为尖锐,说明两个样品在以河流沉积为主的沉积过程中,受新环境的改造作用强烈。两个样品的曲线形态中,粗峰组分几乎重合,细峰组分存在差距,且两者的粗细峰百分比含量相当。 $C-M$ 图显示两个样品的沉积过程兼有滚动跃移和递变悬浮的特征。而根据已有研究,岬角处为剥蚀区^[14],所以推断两点的沉积物颗粒部分来自附近礁石和基岩的剥蚀。

5 结论

(1)本区7个沉积物样品以粉砂、砂为主,分选性比较差,粗峰众数在300~400 μm (30号样品除

外),说明沉积区的物源距离较近。而 $C-M$ 图显示沉积物的初始动能(C 为主要的替代指标)较大,表明物质来源比较稳定。根据取样钻孔的孔口高程可以判断取样点的深度较浅,推断取样点位于水下三角洲,沉积主要受辽河和大辽河控制。

(2)在河流沉积作用为主的大背景下,研究区东北部的沉积环境受潮流的影响比较大,中西部则受剥蚀作用影响较大。

参考文献

- [1] 赵强,王乃昂,薛翔燕,等.民勤盆地12 ka BP以来的沉积旋回[J].兰州大学学报(自然科学版),2004,40(1):90-95.
- [2] 管清玉,潘保田,高红山,等.三门峡王官与武威沙沟黄土记录中的末次间冰期向末次冰期转换期的暖性回返事件[J].兰州大学学报(自然科学版),2005,41(4):1-5.
- [3] 程鹏,高抒.北黄海西部海底沉积物的粒度特征和净输运趋势[J].海洋与湖沼,2000,31(6):604-615.
- [4] 赵保仁,方国洪,曹德明.渤海、黄海和东海的潮余流特征及其与近岸环流输送的关系[J].海洋科学集刊,1995,36:1-11.
- [5] 赵保仁,庄国文,曹德明,等.渤海的环流、潮余流及其对沉积物分布的影响[J].海洋与湖沼,1995,26(5):466-473.
- [6] MCMANUS J. Grain size determination and interpretation [M]//TUCHER M. Techniques in Sedimentology. Oxford: Wiley-Blackwell,1988:63-85.
- [7] 刘志杰,龙海燕.南海沉积物图解法和矩值法粒度参数计算及对比[J].中国海洋大学学报(自然科学版),2009,39(2):313-316.
- [8] 徐兴永,易亮,于洪军,等.图解法和矩值法估计海岸带沉积物粒度参数的差异[J].海洋学报,2010,32(2):80-86.
- [9] 肖晨曦.和田河流域灌丛沙堆粒度特征及成因的初步研究[D].乌鲁木齐:新疆大学研究生院,2007.
- [10] 孙东怀,鹿化煜,DAVID R,等.中国黄土粒度的双峰分布及其古气候意义[J].沉积学报,2000,18(3):327-335.
- [11] 张秀芝.Weibull分布参数估计方法及其应用[J].气象学报,1996,54(1):108-116.
- [12] 易亮,于洪军,徐兴永,等.碳酸盐含量对莱州湾南岸钻孔沉积物粒度测试结果的影响[J].海洋科学进展,2010,28(3):325-331.
- [13] 乔淑卿,石学法,王国庆,等.渤海海底质沉积物粒度特征及输运趋势探讨[J].海洋学报,2010,32(4):139-147.
- [14] 何起祥.中国海洋沉积地质学[M].北京:海洋出版社,2006.