

连云港近岸海域沉积物特征与沉积环境分析*

彭俊, 陈沈良

(华东师范大学 河口海岸学国家重点实验室, 上海 200062)

摘要:用 Flemming 三角图示法和²¹⁰Pb 测年法对连云港近岸海域的表层沉积物和柱状样进行了分析,研究了表层沉积物的粒度参数特征以及近岸沉积速率的变化。结果表明:连云港近岸海域表层沉积物主要为粘土质粉砂,粒度参数点落在 Flemming 三角图的Ⅲ区,表明沉积动力环境相对较弱。1986 年西大堤建设后,近岸海域的沉积速率明显增加。西墅附近的沉积速率由 0.56 cm/a 增加到 1.15 cm/a;港湾内侧快速沉积,过剩²¹⁰Pb 放射性活度未能测出,表明沉积时间短暂。沉积速率的这种变化反映了沉积动力环境的减弱。

关键词:连云港;粒度参数;²¹⁰Pb;西大堤

中图分类号:P736.21

文献标识码:A

文章编号:1671-6647(2010)04-0445-10

沉积物粒度参数是研究沉积特征及鉴别沉积环境的重要方法之一,特定的沉积物粒度参数特征反映特定的沉积环境,在沉积学上具有一定的地质意义。沉积物在搬运、沉积过程中不断受到水动力、生物等外力作用,其物理、化学性质随之也发生相应的变化,这些性质的变化都会反映在沉积物粒度参数中^[1-5]。因此,根据连云港近岸海域沉积物粒度参数特征,可分析沉积物的沉积动力因素、沉积物来源等。此外,由于连云港西大堤的建设,使近岸淤积问题凸显。为了解不同阶段沉积速率的变化,对沉积物柱状样的²¹⁰Pb 放射性分布特征进行分析,并结合研究区的动力环境,探讨连云港近岸区的淤积状况,为合理开发利用连云港周边海域提供科学依据。

1 研究区概况

连云港近岸海域属于南黄海海域,北起岚山头,南至灌河口(燕尾港),是一个开敞性海湾,海岸类型齐全。其中,绣针河口至兴庄河口为砂质海岸,兴庄河口至西墅为淤涨型淤泥质海岸,西墅至烧香河口为基岩质海岸,烧香河口至灌河口为后退型淤泥质海岸(图 1)。连云港近岸有碱厂、西大堤、港口和核电站等工程,特别是西大堤建设,阻隔了连云港海峡,使水动力发生变化,从而造成沉积环境的变化^[6-9]。

连云港近岸潮汐类型为正规半日潮,平均潮差为 3.38 m,属于强潮海域。研究区潮流流速由北向南,由近岸向外海逐渐减小,涨潮流速一般大于落潮流速。全年盛行 NE 向的浪,频率为 39%,常浪向 NE,频率为 25%,强浪向为 NNE,平均波高为 0.52 m,最大波高 4.6 m。

* 收稿日期:2009-04-18

资助项目:国家重点基础研究发展计划项目——气候变化影响下典型海岸冲淤过程及演变趋势(2010CB951202);河口海岸学国家重点实验室科研业务课题——我国大河三角洲海岸侵蚀灾害评估和对策(2008KYYW06)

作者简介:彭俊(1981-),男,安徽宣城人,博士研究生,主要从事海洋地质和沉积动力学方面研究. E-mail: ipengjun2010@sina.com

(张 骞 编辑)

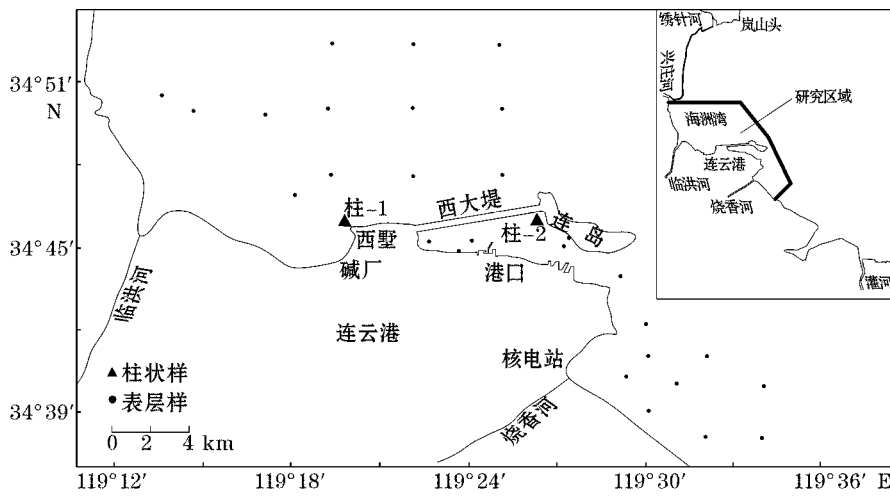


图 1 研究区和采样位置

Fig. 1 The studied area and the sampling sites

2 研究材料与方法

2005 年 10 月,在连云港近岸海域采集了 28 个表层沉积物样和 2 个柱状样(图 1),对样品进行粒度参数分析和²¹⁰Pb 测定。

表层沉积物取每份充分混合后的样品,过 0.5 mm 筛,大于 0.5 mm 的样品烘干后进行筛析法粒度分析;小于 0.5 mm 的样品用 0.5% 的六偏磷酸钠浸泡至沉积物颗粒充分分散后,用 Mastersizer2000 型激光粒度仪进行粒度分析。将筛析法得到的粒度数据和激光粒度仪测得的数据进行综合,得到整个样品的粒度分布数据。粒度参数计算采用 Folk-Ward 图解法计算公式,沉积物命名采用 Shephard 三角图,粒度参数的等级划分采用贾建军等^[10]提出的方法。沉积物沉积动力分区采用 Flemming^[11]三角图示法(图 2),图中从 I 到 VI 表示沉积动力逐渐减弱。

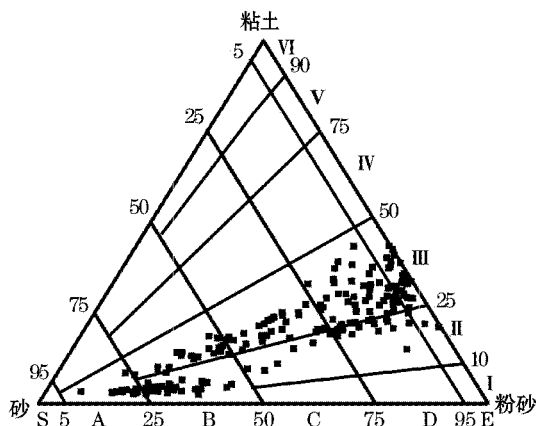


图 2 Flemming 三角图示

Fig. 2 The Flemming ternary diagram

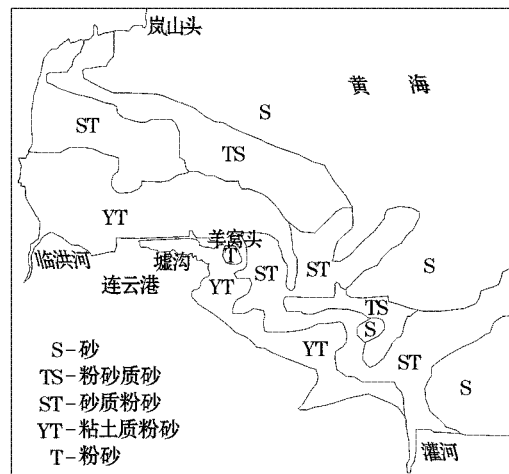


图 3 表层沉积物类型分布

Fig. 3 The distribution of the surface sediment types

柱状样中柱-1 和柱-2 长度分别为 45 cm 和 63 cm,以原始状态保存在塑料管中,实验室以 3 cm 的厚度自上而下逐段分样,称出各个层位的湿重,然后在 110 °C 下烘至恒重,称出干重,计算出各个层位的含水率 ($w_c = (\text{湿重} - \text{干重}) / \text{湿重}$) 和干密度 ($\rho_{\text{dry}} = \rho_s \times \rho_w / (w_c \times \rho_s + \rho_w)$, $\rho_s = 2.6 \text{ g/cm}^3$, 为沉积物密度; $\rho_w = 1.03 \text{ g/cm}^3$, 为海水密度)。将干样品用玛瑙研钵研磨小于 100 目,将碎石颗粒挑出,每个层位样品准确称取 5g 并加入 ^{209}Po 稀释剂,采用 Octete® PLUS 8-unit Alpha Spectrometer 仪进行 ^{210}Pb 放射性活度测定,然后根据 ^{210}Pb 放射性活度计算沉积物的沉积速率^[12,13]。

3 研究结果与分析

3.1 表层沉积物分布特征

根据沉积物粒度参数分析,研究区内粘土质粉砂(YT)是分布最广的沉积物类型,主要分布在近岸、湾内和港区。其余为砂质粉砂(ST)和粉砂质砂(TS)。根据资料^[14],离岸较远的海域沉积物类型为粉砂质砂(TS)和砂(S),羊窝头附近为粉砂(T)(图 3)。

沉积物平均粒径与沉积物类型分布有着良好的对应关系。由近岸向海,平均粒径 ϕ 值逐渐减小,沉积物表现为由细变粗的趋势(图 4a)。港内沉积物砂的含量增加,为连岛侵蚀来沙。从连岛西侧向岸,由东口门向湾底,沉积物表现出变细趋势。沉积物分选程度为差—极差,近岸区沉积物分选系数较小,随着向海方向推移,分选系数逐渐增大,表现出近岸分选性强于远岸(图 4b)。近岸沉积物多正偏态,港区和远岸多负偏态(图 4c)。近岸沉积物为单峰,中等—窄峰态,沉积物组分比较单一;随着向海方向,峰态值逐渐减小,峰态逐渐变宽,表现出双峰或多峰分布(图 4d)。

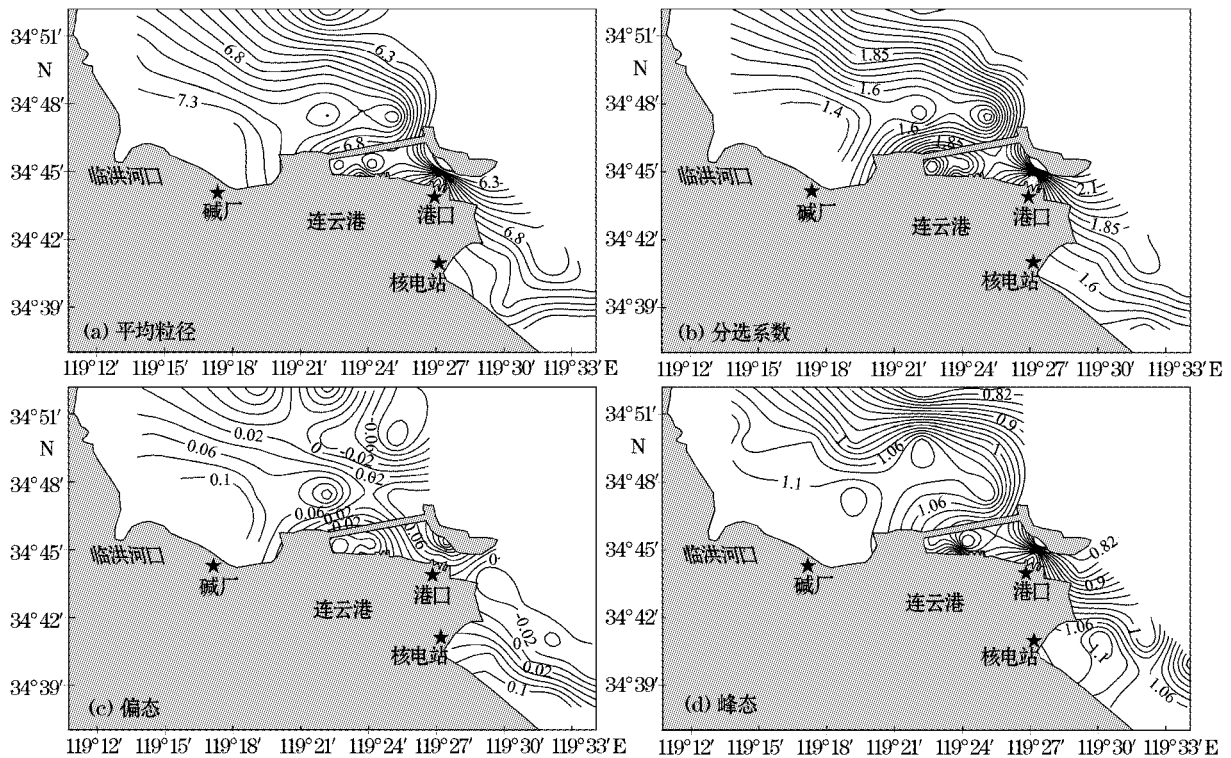


图 4 表层沉积物粒度参数分布特征

Fig. 4 Distribution of the grain size parameters for the surface sediments

把各沉积物样品中粘土、粉砂和砂的百分含量用 Flemming 三角图法进行分析,从图 5 中可以看出样品参数点落在 III 区,表明近岸沉积动力相对较弱,与沉积物主要为粘土质粉砂基本吻合。

沉积物的粒度参数分布特征表明近岸沉积物来源相对比较单一。连云港近岸沉积物主要来源于废黄河三角洲泥沙,而港区和核电站附近的沉积物也受到海岸侵蚀来沙的影响。波浪破碎后,强烈的紊动作用使泥沙悬浮进入水体随潮流搬运。废黄河三角洲泥沙堆积体中相对较细的颗粒被悬浮随潮流向岸输送,而相对较粗的颗粒能够稳定。潮流在向岸搬运泥沙过程中,由于底摩阻力等因素的影响,能量逐渐损失,水动力逐渐减弱,被悬浮的颗粒发生机械分异沉降,越靠近岸,水动力越弱,沉降的泥沙颗粒越细。而且波浪进入浅水区后,以孤立波的形式向岸传播,加剧了潮流流速的不对称性,使涨潮流速更加大于落潮流速,也有利于泥沙向岸搬运。从而形成了近岸区分布广泛的以粘土质粉砂为主,分选相对较好,物源相对单一的沉积区;远岸区为较粗的砂;中间为砂质粉砂或粉砂质砂,分选相对较差,物源表现出多样化(图 3)。

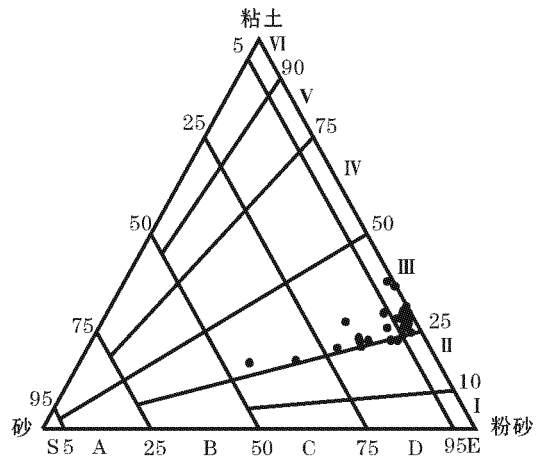


图 5 沉积动力分区三角图法
Fig. 5 Ternary diagram showing the classification in the sedimentation dynamics

3.2 柱状样粒度参数特征

柱-1 岩芯为 45 cm,均为粘土质粉砂,整个岩芯没有明显分层现象,结构均匀,岩芯中粉砂含量平均为 64.37%,从上向下砂的含量增加,沉积物变粗,分选性减弱,偏态由正偏变为负偏,峰态变宽(图 6)。

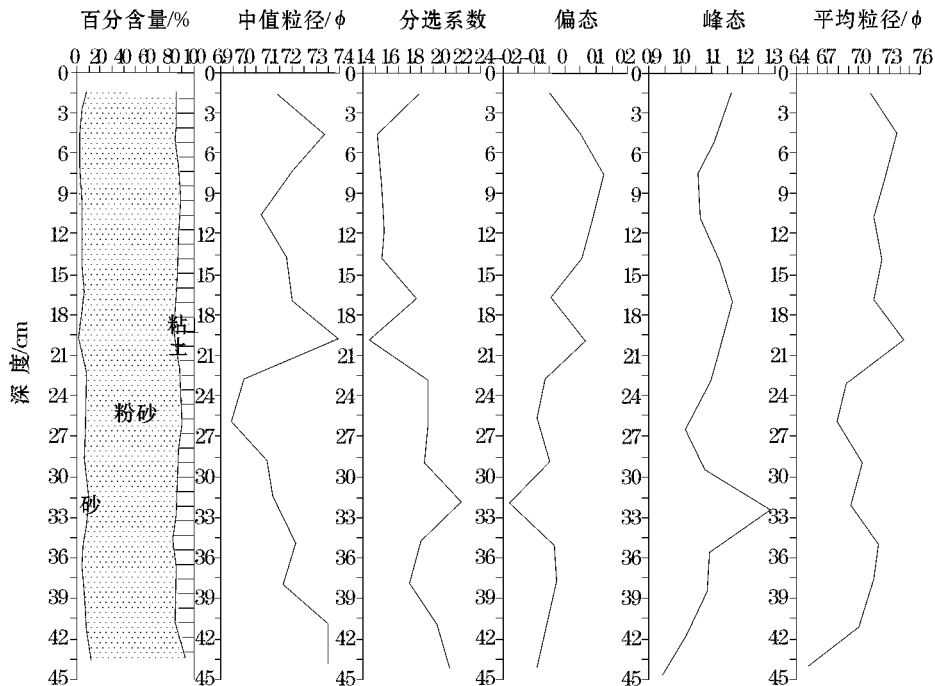


图 6 柱-1 岩芯粒度参数特征
Fig. 6 Characterization of the grain-size parameters for Sediment Core 1

柱-2 岩芯为 63 cm,均为粘土质粉砂,整个岩芯没有明显分层现象,结构均匀。粉砂含量平均为 64.07%,沉积物相对较细,分选差,多近对称偏态,中等峰态。39~45 cm 之间的沉积层有所不同,沉积物相对较粗,分选极差,显负偏态,窄峰态(图 7)。

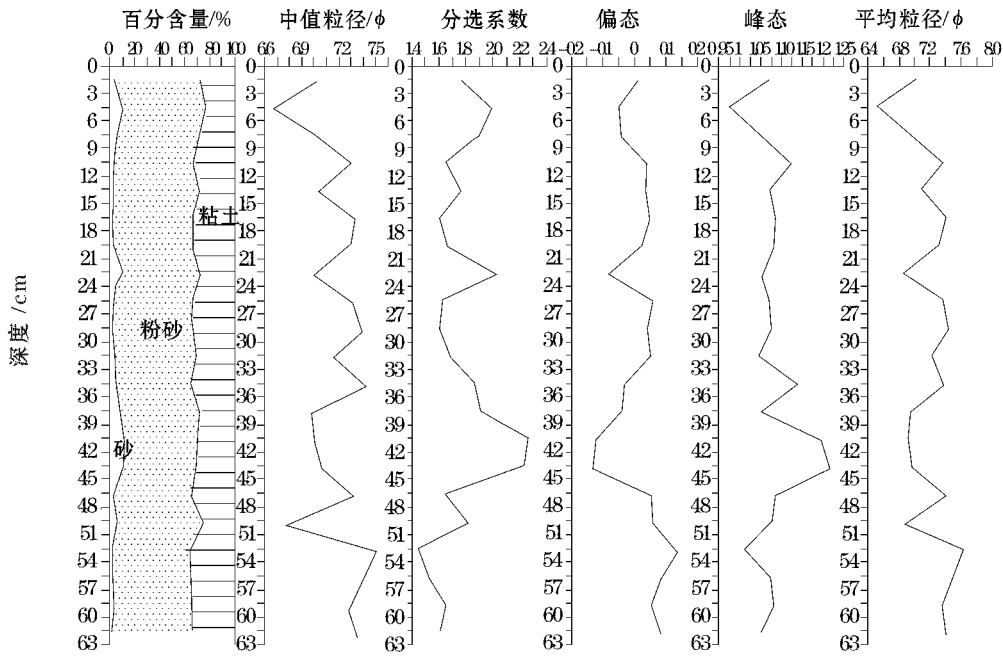


图 7 柱-2 岩芯粒度参数特征

Fig. 7 Characterization of the grain-size parameters for Sediment Core 2

3.3 沉积速率的计算

3.3.1 深度校正

沉积物的任一层位,随深度增加,其上覆盖物质重量亦增加,含水率(w_c)相应减少,因而不同层位受到不同程度的压实,这种压实作用改变了 ^{210}Pb 的分布特征,使其偏离线性,故需校正,深度校正公式为:

$$Z' = Z \frac{d_t}{d_s} \quad (1)$$

式中, Z' 为校正深度; Z 为校正前深度; d_s 为校正标准密度; d_t 为各层位密度。

以各层位中间深度作为校正前深度,各层位密度以各层位干密度(ρ_{dry})表示,校正标准密度 d_s 依据 d_t 和 Z 的关系曲线选择代表性的层位密度,一般选择各层位密度的平均值。

柱-1 采样点位于西墅潮滩,沉积物含水率随深度增加逐渐减小。对柱-1 d_t 和 Z 的曲线分布进行分析(图 8),并结合各层位样品的递变规律以及含水率和沉积物的变化特征,取 0~21 cm 深度, $d_s=0.66 \text{ g/cm}^3$; 21~30 cm 深度, $d_s=0.75 \text{ g/cm}^3$; 30~45 cm 深度, $d_s=0.82 \text{ g/cm}^3$ 为标准密度进行深度校正(表 1)。

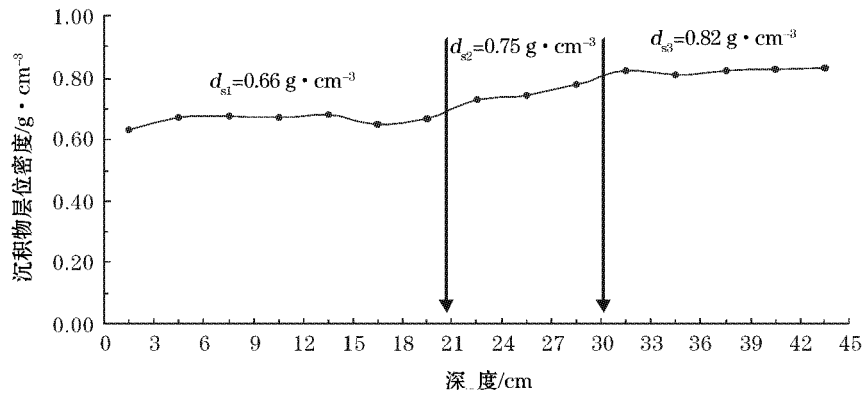


图 8 柱-1 各层位密度和深度的关系曲线

Fig. 8 Relation between the in situ sediment density and the depth in Sediment Core 1

表 1 深度校正值

Table 1 Revised values of the sedimentary depths

层位/cm	中间深度/cm	各层位密度/g·cm ⁻³	校正标准密度/g·cm ⁻³	校正深度/cm
0~3	1.5	0.63	0.66	1.43
3~6	4.5	0.67	0.66	4.58
6~9	7.5	0.68	0.66	7.68
9~12	10.5	0.67	0.66	10.65
12~15	13.5	0.68	0.66	13.88
15~18	16.5	0.65	0.66	16.2
18~21	19.5	0.67	0.66	19.72
21~24	22.5	0.73	0.75	21.83
24~27	25.5	0.74	0.75	25.17
27~30	28.5	0.78	0.75	29.59
30~33	31.5	0.82	0.82	31.57
33~36	34.5	0.81	0.82	33.92
36~39	37.5	0.82	0.82	37.57
39~42	40.5	0.83	0.82	40.81
42~45	43.5	0.83	0.82	44.01

3.3.2 沉积速率的确定

沉积柱²¹⁰Pb放射性分布的数学模式^[12]为:

$$({}^{210}\text{Pb})_t = ({}^{210}\text{Pb})_{t=0} e^{-\lambda t} + {}^{226}\text{Ra}(1 - e^{-\lambda t}) \quad (2)$$

式中, λ 为²¹⁰Pb的衰变常数,每年为0.031。

式(2)可表示为:

$$A_{\text{ex}} = A_T - A_b \quad (3)$$

式中, $A_{\text{ex}} = [({}^{210}\text{Pb})_{t=0} - {}^{226}\text{Ra}]e^{-\lambda t}$; $A_T = ({}^{210}\text{Pb})_t$; $A_b = {}^{226}\text{Ra}$ 。然后作 $\lg A_{\text{ex}} \sim Z'$ (校正后深度)的拟合曲线(图9)。

再根据 $\lg(A_{ex})_z = \lg(A_{ex})_0 - \frac{\lambda Z}{2.303S_R}$ [12], 得:

$$S_R = \frac{\lambda Z}{2.303[\lg(A_{ex})_0 - \lg(A_{ex})_z]} \quad (4)$$

式中, S_R 为沉积速率; $(A_{ex})_0$ 为沉积物沉积时 ($t = 0$) 过剩 ^{210}Pb 放射性活度; $(A_{ex})_z$ 为深度 Z 的沉积层位过剩 ^{210}Pb 放射性活度。

当 $Z'_{\frac{1}{2}} = Z$ 为 $(A_{ex})_z = \frac{1}{2}(A_{ex})_0$ 时, 从拟合曲线方程求得的校正深度。

则, 由式(4)可得:

$$S_R = \frac{\lambda Z'_{\frac{1}{2}}}{2.303[\lg(A_{ex})_0 - \lg \frac{1}{2}(A_{ex})_0]} = 0.0449 \cdot Z'_{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

式中, $\lg(A_{ex})_0$ 为 $\lg A_{ex} \sim Z'$ 中拟合曲线方程在 $\lg A_{ex}$ 轴上的截距。

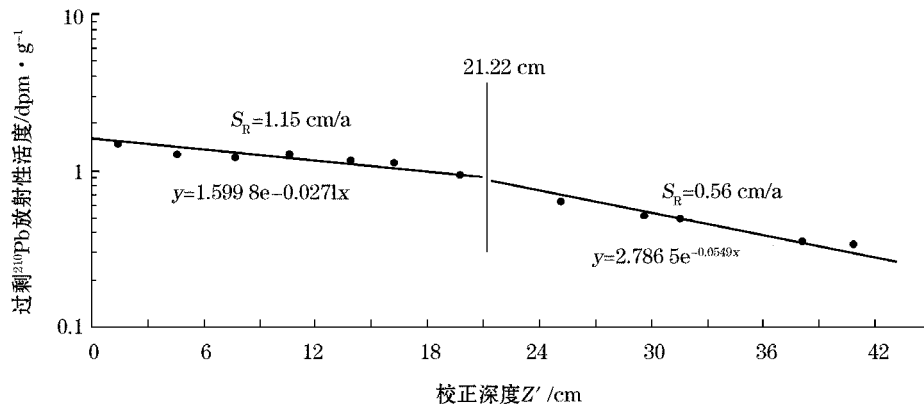


图9 ^{210}Pb 活度在柱-1 中的分布图

Fig. 9 Distribution of ^{210}Pb activity in Sediment Core 1

1) 对于柱-1 样品

Z' 为 0~21.22 cm(校正深度 19.72 cm+1.50 cm), 由图 9 中 $y = 1.5998e^{-0.0271x}$ 可以得出: $(A_{ex})_0 = 1.6 \text{ dpm/g} = 0.027 \text{ Bq/g}$; 当 $(A_{ex})_z = \frac{1}{2}(A_{ex})_0 = \frac{1}{2} \times 1.6 = 0.8 \text{ dpm/g} = 0.013 \text{ Bq/g}$ 时, $Z'_{\frac{1}{2}} = 25.6 \text{ cm}$; 由式(5)可得: $S_R = 0.0449$, $Z'_{\frac{1}{2}} = 1.15 \text{ cm/a}$ 。照此沉积速率, 柱-1 上段 21.22 cm 厚的沉积层沉积时间约 18.5 a, 为 1987—2005 年的沉积(2005 年 10 月采集的样品)。

Z' 为 21.22~45.51 cm(校正深度 44.01 cm+1.50 cm), 由图 9 中 $y = 2.7865e^{-0.0549x}$ 可以得出: $(A_{ex})_0 = 2.8 \text{ dpm/g} = 0.047 \text{ Bq/g}$; 当 $(A_{ex})_z = \frac{1}{2}(A_{ex})_0 = \frac{1}{2} \times 2.8 = 1.4 \text{ dpm/g} = 0.023 \text{ Bq/g}$ 时, $Z'_{\frac{1}{2}} = 12.4 \text{ cm}$; 由式(5)可得: $S_R = 0.0449$, $Z'_{\frac{1}{2}} = 0.56 \text{ cm/a}$ 。照此沉积速率, 柱-1 下段 24.29 cm 厚的沉积层沉积时间约 43.6 a, 为 1943—1986 年的沉积。因此, 整个柱-1 的沉积时间约 62.1 a, 为 1943—2005 年。

2) 对于柱-2 样品

柱-2 位于西大堤内侧的港湾湾底, 不同深度的总 ^{210}Pb 放射性活度为均一值, 过剩 ^{210}Pb 放射性活度未测出, 表明沉积物沉积时间短暂, 沉积快速。这主要是西大堤的建设以及老港区的扩建和北港区的建设造成的。

3.4 沉积动力环境和地貌变化分析

柱-1 位于淤涨型的西墅潮滩,下段 24.29 cm 厚的沉积层,沉积速率约 0.56 cm/a,为 1943—1986 年的沉积;上段 21.22 cm 厚的沉积层,沉积速率增加到 1.15 cm/a,为 1987—2005 年的沉积。柱-2 位于西大堤内侧的港湾湾底,过剩²¹⁰Pb 放射性活度未测出,表明沉积物沉积时间短暂,沉积快速。这些沉积特征都与 1986 年西大堤的建设有关,西大堤的建设,将连云港西口门完全封堵,改变了海峡以前完全畅通的格局,使近岸海域的沉积动力环境明显减弱。

西大堤建成之前,近岸海域由于潮流和沿岸流作用,总体保持着冲淤动态平衡^[15]。西大堤建成后,原来的海峡型变为海湾型,封堵以前海峡内涨落潮“汇流”和“分流”现象不复存在,原来东西畅通的潮流只能从东口门进出,而且湾内涨潮流速大于落潮流速,最高流速出现在半潮位,在高、低潮位,流速最低,甚至出现憩流。潮流由海峡时的前进波型转变为驻波性质,由湾口到湾底,潮差沿程增大,潮流流速沿程减小^[16]。同时,西大堤的建设削弱了湾内的水体交换能力(建堤前海峡内水体半交换周期为 10 h 左右,建堤后湾内水体半交换周期为 80 h),降低了港湾内的水动力作用,有利于泥沙沉积^[17]。

西大堤建成后,阻隔了原来畅通的连云港海峡潮流,使西墅附近海域形成一个海湾,水动力减弱,随潮流向岸运移的泥沙沉积速率加快,西墅海滨浴场因此而报废。同时西大堤的建设使沿岸泥沙输移路径发生了改变,海州湾的泥沙在沿岸流作用下经黄石嘴后,以前直接进入连云港,现在沿西大堤外侧折向连岛方向,从连岛外侧输移到羊窝头附近海域,与来自南部的沿岸流输沙汇合后^[17],在潮流作用下进入港湾,由于港湾口小腹大,泥沙通过东口门进入宽阔的港湾后消能落淤。由于港湾内的潮流具驻波性质,携沙能力大大降低,而落潮将泥沙带出港湾的能力有限,从而破坏了泥沙的自然冲淤动态平衡,使港湾内泥沙快速淤积,造成在海一方海滨浴场淤积报废。

连云港近岸海域自从 1855 年黄河北归到 1986 年的 130 余年间,海峡东西两侧的岸线基本处于稳定,其中东部浅滩还处于侵蚀状态。1994 年西大堤全面封死海峡西口门后,连云港岸线向外扩张 3 km,到达连岛外侧,海峡东西两侧淤积迅速加快,到 2005 年仅 10 a 时间,海峡两侧的海底抬高 2 m 多,-5 m 等深线已经到大堤东端外侧 2 km 处。临洪河口以东岸线淤长 4 km 多,西墅码头处淤高约 2 m,大面积滩涂出露,烧香河口已经淤死。

为了缓解或改变近岸海域目前的状况,关键问题是解决西大堤带来的负面影响。同时加强对连云港近岸海域水动力环境和沉积环境变化的监测和模拟,为相关部门解决问题提供参考依据。

4 结 论

1) 连云港近岸海域沉积物主要为粘土质粉砂。由近岸向海,沉积物表现出粒径变粗、分选性变弱的趋势,偏态由正偏变为负偏,峰态由单峰变为双峰或多峰分布。

2) 连云港近岸海域沉积物主要来源于废黄河三角洲泥沙,沉积物粒度参数点落在三角图Ⅲ区,表明沉积动力环境相对较弱。

3) 柱状样均为粘土质粉砂,结构均匀,没有明显分层,表明近岸沉积物来源比较稳定。

4) 1986 年西大堤建设后,近岸海域的沉积速率明显增加,西墅附近的沉积速率由 0.56 cm/a 增加到 1.15 cm/a;港湾内侧沉积快速,过剩²¹⁰Pb 放射性活度未能测出,表明沉积物沉积时间短暂。沉积物沉积速率的加快表明沉积动力环境的减弱。

参考文献(References):

- [1] WANG Y P, GAO S, JIA J J. Sediment distribution and transport patterns in Jiaozhou Bay and adjoining areas[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2000, 55(4):449-458. 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.
- [2] WANG A J, WANG Y P, YANG Y. Surface sediment characteristics and transport trends on the Wang-gang intertidal flat, Jiangsu province[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2004, 22(1):124-129. 王爱军,汪亚平,杨旸. 江苏王港潮间带表层沉积物特征及输运趋势[J]. *沉积学报*, 2004, 22(1):124-129.
- [3] WANG A J, CHEN J. Grain size characteristics and sedimentary dynamic significance of surface sediments in intertidal flat of Wuguan, Xiamen[J]. *Journal of Tropical Oceanography*, 2006, 25(6):28-32. 王爱军,陈坚. 厦门吴冠海岸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] LIANG J. Characteristics of the sediment and sedimentary environment in the Modaomen estuary[J]. *Tropical Geography*, 2005, 25(2):117-121. 梁娟. 磨刀门河口沉积物粒度特征与沉积环境[J]. *热带地理*, 2005, 25(2):117-121.
- [5] JIA L W, WU C Y, LEI Y P, et al. Characteristics of bed sediments during the dry season in the Modaomen estuary of the Pearl River [J]. *The Ocean Engineering*, 2005, 23(1):62-68. 贾良文,吴超羽,雷亚平,等. 珠江口磨刀门枯季表层沉积物特征[J]. *海洋工程*, 2005, 23(1):62-68.
- [6] CHEN Q, YU Z Y. A summarization of natural environment changes after construction of West Breakwater in Lianyungang harbor[J]. *The Ocean Engineering*, 1999, 17(3):54-61. 程琪,虞志英. 连云港西大堤工程区后港区自然环境变化概述[J]. *海洋工程*, 1999, 17(3):54-61.
- [7] CHEN D C, YU Z Y, JIN L, et al. Hydrodynamic characteristics, sediments and environment problems on the muddy coast in the construction of Lianyungang deep water harbor[J]. *Journal of East China Normal University (Natural Science)*, 1994, (4):77-84. 陈德昌,虞志英,金穆,等. 连云港深水港建设中有关淤泥质海岸的水力、泥沙和环境问题的研究[J]. *华东师范大学学报(自然科学版)*, 1994, (4):77-84.
- [8] ZHANG H. Sedimentation intensity of the artificial bay in Lianyungang after the construction of West Breakwater[J]. *The Ocean Engineering*, 2000, 18(1):70-74. 张华. 连云港西大堤工程后人工海湾内回淤强度的测算分析[J]. *海洋工程*, 2000, 18(1):70-74.
- [9] XU J. The impact assessment of the West Breakwater project in Lianyungang, Jiangsu province, China[J]. *Marine Science Bulletin*, 2005, 24(5):67-73. 徐军. 连云港西大堤工程建设影响作用评价[J]. *海洋通报*, 2005, 24(5):67-73.
- [10] JIA J J, GAO S, XUE Y C. Grain size parameters derived from graphic and moment methods: a comparative study[J]. *Oceanologia Et Limnologia Sinica*, 2002, 33(6):577-582. 贾建军,高抒,薛允传. 图解法与矩法沉积物粒度参数对比[J]. *海洋与湖沼*, 2002, 33(6):577-582.
- [11] FLEMMING B W. A revised textural classification of gravel-free muddy sediments on the basis of ternary diagrams[J]. *Continental Shelf Research*, 2000, (20):1125-1137.
- [12] CAI F, CHEN C H, SU X Z. ^{210}Pb chronology studies on the influences of near-shore engineering construction on sedimentation rates in Tongan bay[J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 1991, 11(3):319-326. 蔡锋,陈承惠,苏贤泽. 利用 ^{210}Pb 测年法探讨临海工程建设对厦门同安湾沉积速率的影响[J]. *环境科学学报*, 1991, 11(3):319-326.
- [13] CAI F, CHEN F. Analysis on sedimentary environment of constructing area of Dadeng pier, Xiamen[J]. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait*, 1998, 17(2):172-179. 蔡锋,陈峰. 厦门大嶝码头拟建区海域的沉积环境[J]. *台湾海峡*, 1998, 17(2):172-179.
- [14] CHEN B L. Environmental evolution and countermeasure research of Lianyungang offshore area[D]. Shanghai, East China Normal University, 2006. 陈斌林. 连云港近岸海域环境演变及其对策研究[D]. 上海:华东师范大学, 2006.
- [15] CAI Z J, WU S L. The influence of man-made projects on hydrological and geological environments viewed from remote sensing images: exemplified by the sea dam in Lianyungang[J]. *Remote Sensing For Land & Resources*, 2002, (4):27-29. 蔡则健,吴署亮. 从遥感图像看人文工程对港口水文地质环境的影响[J]. *国土资源遥感*, 2002, (4):27-29.
- [16] LIU J J, ZHANG J H. Study on the problem of siltation for the extension projects of Lianyungang harbor[J]. *Journal of Nanjing Hydraulic Research Institute*, 1982, (4):33-43. 刘家驹,张镜湖. 连云港扩建工程港口回淤问题研究[J]. *水利水运科学研究*, 1982, (4):33-43.
- [17] GONG Z, ZHANG D S, CHEN Y P. Research on the environment influence of land pollution sources on Lianyungang sea area[J]. *The Ocean Engineering*, 2002, 20(4):72-77. 龚政,张东生,陈永平. 陆源污染物对连云港海域环境影响研究[J]. *海洋工程*, 2002, 20(4):72-77.

Analysis on Sedimentary Characteristics and Environments in Nearshore of Lianyungang

PENG Jun, CHEN Shen-liang

(*State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062, China*)

Abstract: The surface sediment samples and the sediment core samples in nearshore of Lianyungang are analyzed by means of the Flemming ternary diagrams and the ^{210}Pb chronometry, to study the granularity parameters of the surface sediments and the variation of sedimentary velocity. It is showed in the results that clayey silt is the main type in the studied areas. The granularity parameters of the surface sediments are located in Section III of the Flemming ternary diagrams, and it means that the dynamic environments for sedimentation are weaker. Since the construction of the West Breakwater was completed in 1986, the sedimentary velocity has become increased obviously. It accelerates from 0.56 cm/a to 1.15 cm/a in Xishu. It becomes faster in the inner side of harbor, and the excessive ^{210}Pb activity in the sediment is not detectable there, showing a shorter sedimentation time. The acceleration of sedimentary velocity means that the dynamic environments for sedimentation becomes weakened in the nearshore of Lianyungang.

Key words: Lianyungang; granularity parameter; ^{210}Pb ; the West Breakwater

Received: April 18, 2009