

胶州湾浅表地层沉积物粒度特征及其环境意义

毕世普^{1,2}, 孔祥淮^{1,2*}, 张 勇^{1,2}, 张晓波^{1,2}, 李小月^{1,3}

(1 国土资源部海洋油气资源与环境地质重点实验室, 青岛 266071;

2 中国地质调查局青岛海洋地质研究所, 青岛 266071; 3 石家庄经济学院, 石家庄 050031)

摘要:对采集于胶州湾内的 2 个柱状样进行了粒度、²¹⁰Pb 测年等实验测试, 分析其粒度特征并结合计算得出的沉积速率探讨其环境意义。结果表明: 胶州湾浅表沉积层具有双层结构, 上部为黏土质粉砂, 反映了沉积动力较弱的海湾相沉积环境; 下部为含砾中—粗砂, 反映了沉积动力较强的河流相沉积环境。上部海湾相沉积速率的差异反映了沙脊区水流速度较小, 淤积厚; 潮沟水道内水流速度较大, 淤积薄。

关键词:胶州湾; 粒度特征; 沉积速率; 水动力环境

中图分类号: P736.21

文献标识码: A

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2015.10001

胶州湾位于山东半岛南部, 湾口窄内宽, 东西宽 28 km, 南北长 33 km^[1], 岸线长 187 km, 水域面积为 397 km², 为伸入内陆的半封闭型海湾^[2]。胶州湾内及邻近海区没有大的河流入海, 沿岸以基岩海岸为主, 沉积物来源有限。流入胶州湾的主要河流有: 大沽河、南胶莱河、洋河、墨水河、白沙河、李村河、漕汶河、岛耳河、桃源河、洪江河等 10 多条。其中以大沽河最大, 长 179 km; 其次是南胶莱河, 长 80.5 km; 辛安河最小, 长仅 11.0 km。环胶州湾河流多年平均含沙量在 0.1~2.5 kg/m³, 属中沙河流。年均输沙量最高的为大沽河(36.59×10⁴ t), 其次是墨水河(6.867×10⁴ t) 和李村河(5.245×10⁴ t)^[3]。

胶州湾水下地形比较复杂, 湾西北有平坦宽阔的滩地和水下堆积浅滩, 东南为胶州湾最深水域, 最深可达 64 m。湾内有 4 条水道和 3 条沙脊, 由东向西分别为沧口水道、沧口沙脊、中央水道、中央沙脊、大沽河水道、大沽沙脊和岛耳河水道^[4-6]。

胶州湾内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^[7]。根据 1997 年 7—9 月在胶州湾内及湾外站位重力取样的²¹⁰Pb 方法测试结果, 近百年来沉积速率的数量级为 10⁰~10¹ mm/a, 因此, 胶州湾海区近百年来属低沉积速率区^[8]。

国内学者利用钻孔资料和浅地层剖面等手段对胶州湾地层的沉积物特征、厚度、分布等做了较多的研究^[5,9], 取得了很多有价值的研究成果。本文利用 2011 年在胶州湾内获得的 Z25 和 Z26 2 个柱状样的粒度资料和²¹⁰Pb 测年资料, 对胶州湾浅表层沉积物的粒度特征及其环境意义进行了初步探讨。

收稿日期: 2015-06-02

基金项目: 国家自然科学基金(41376079, 41476051); 中国地质调查局项目(GZH200900501, GZH201400204)

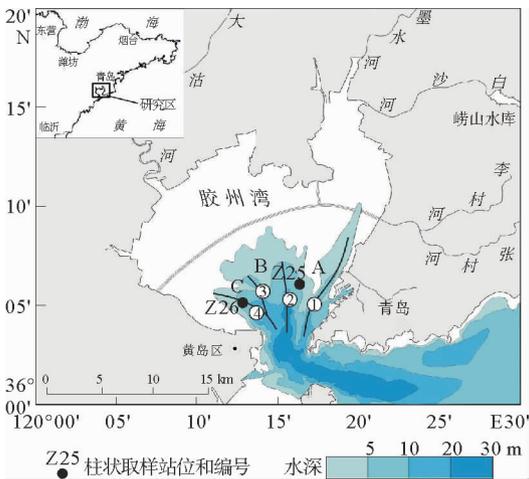
作者简介: 毕世普(1979—), 男, 高级工程师, 主要从事海洋地质与遥感应用方面的研究工作。E-mail: bishipu@126.com

* 通讯作者: 孔祥淮(1965—), 男, 博士, 教授级高级工程师, 主要从事海洋地质与地球化学方面的研究工作。E-mail: kongxianghuai@163.com

1 材料和方法

1.1 海上地质取样

2011年6—7月,“1:25万青岛幅海洋区域地质调查”项目在胶州湾内采集了2根柱状样(Z25和Z26,取样位置见图1),外业调查由青岛海洋地质研究所“业治铮”号调查船实施,定位系统采用美国Trimble公司产DSM132型DGPS接收机,柱状取样主要采用该公司的振动取样器,取样作业时抛锚,船只运动速度 <0.3 kn,样品保存在 $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下的环境中。



① 沧口水道;② 中央水道;③ 大沽水道;④ 岛洱河水道
A 沧口沙脊;B 中央沙脊;C 大沽沙脊

图1 取样站位

Fig. 1 Location of sampling sites

1.2 实验分析

在实验室内对样品做剖样处理,一半作为备份样,另一半进行分样。按照研究需要分为粒度样品、 ^{210}Pb 样品等。其中,柱样 $0\sim 100$ cm间按照 2 cm间隔分样, 100 cm以下按照 4 cm间隔分样。对分好的样品分别进行粒度和 ^{210}Pb 测试。分析测试均按照相关标准与规范进行。

1.2.1 粒度分析

粒度测试由国土资源部海洋地质实验检测中心完成。从原始样品中各取样 $10\sim 20$ g,经双氧水和稀盐酸浸泡处理,除掉有机质和碳酸盐,然后洗盐,用六偏磷酸钠溶液经超声波分散后,用英国

马尔文(MALVERN)公司生产的Mastersizer-2000型激光粒度分析仪(测量范围为 $0.02\sim 2000\text{ }\mu\text{m}$,偏差 $<1\%$,重现性 $\varphi_{50}<1\%$)进行粒度测试,并计算平均粒径(Mz)、分选系数(σ_i)、偏态系数(SK)和峰态(Kg)等粒度参数。

1.2.2 ^{210}Pb 测年

^{210}Pb 测试由国家海洋局第三海洋研究所完成。准确称取样品 $50\sim 80$ g,放入烘箱中, $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下恒温 24 h。烘干的样品准确称重后装入测量盒中,密封 15 天,再置入仪器的测量室中测量。测量仪器分别为欧洲Canberra公司生产的BE3830型高纯锗探测器和DSC1000数字分析器组成的 γ 能谱仪。 γ 能谱仪的测量室中测量的是 ^{210}Pb 、 ^{226}Ra 。 ^{226}Ra 测量用 ^{214}Bi 的 609.3 keV γ 射线; ^{210}Pb 测量用 46.5 keV γ 射线。

2 结果

2.1 柱状样描述

Z25孔深 3.22 m,整个柱子从上到下沉积物颜色由深变浅,从深灰色渐变至黄褐色,颗粒由细变粗再变细。 $0\sim 30$ cm为深灰色黏土质粉砂,不含砾,含水量较大; $30\sim 110$ cm为灰褐色—灰色黏土质粉砂,不含砾,含水量较大,并见有少量细小贝壳; $110\sim 130$ cm为灰褐色粉砂,含较多砾石,并有大量完整贝壳; $130\sim 220$ cm由灰褐色砂渐变至黄褐色砂,含砾较多; $220\sim 280$ cm为黄褐色中粗砂,砾石较少; $280\sim 322$ cm为黄褐色中细砂(图2)。

Z26孔深 3.91 m,整个柱子从上到下沉积物颜色由深变浅,从深灰色渐变至黄褐色,颗粒由细变粗再变细。 $0\sim 50$ cm为深灰色黏土质粉砂,不含砾,含水量较大; $50\sim 120$ cm为灰色粉砂质砂,含较多砾石,该段内从上到下砂质增多; $120\sim 135$ cm为灰色黏土质或粉砂质粗砂,含砾较多,这是由细粒物质向粗粒物质过度的阶段; $135\sim 170$ cm为黄褐色极粗砂和砾,少量砾石直径可达 1.5 cm,并含有少量贝壳碎屑; $170\sim 200$ cm为深灰色粉砂质砂,含砾; $200\sim 224$ cm为黄褐色粗砂、砾,并含有少量贝壳碎屑; $224\sim 250$ cm为灰色砂、砾,并含有少量贝壳碎屑; $250\sim 391$ cm为黄褐色砾质砂,并含有少量贝壳碎(图3)。

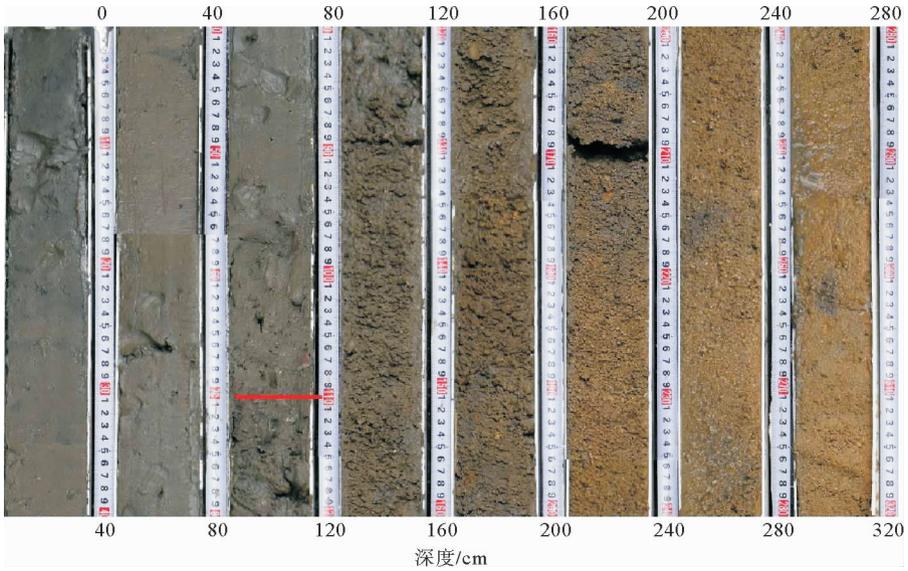


图 2 Z25 柱状样剖面照片

Fig. 2 Photos showing the sections of the core Z25

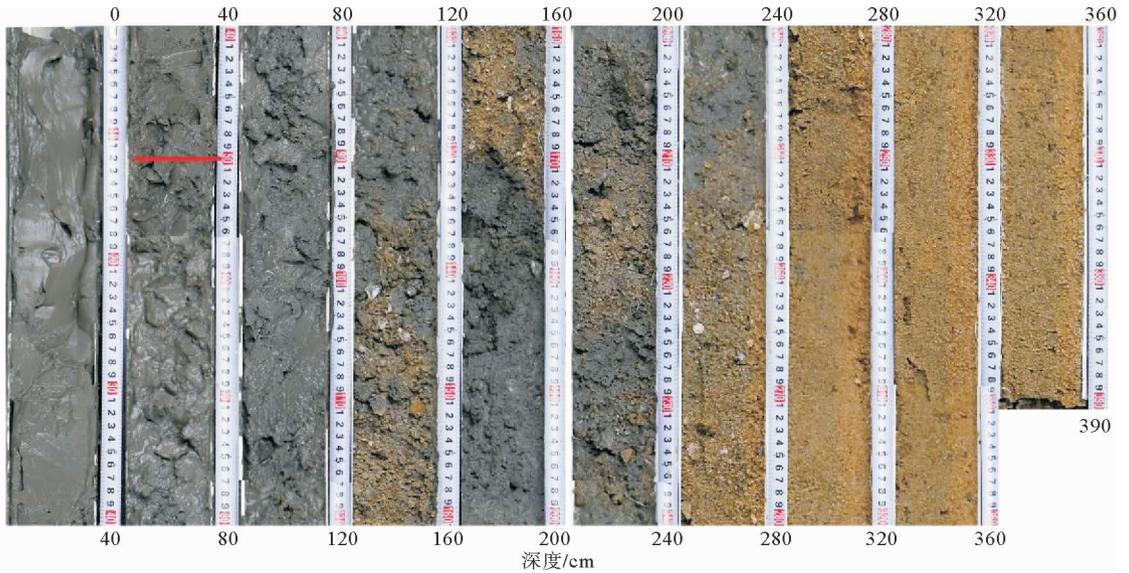


图 3 Z26 柱状样剖面照片

Fig. 3 Photos showing the sections of the core Z26

2.2 柱状样粒度特征及其环境意义

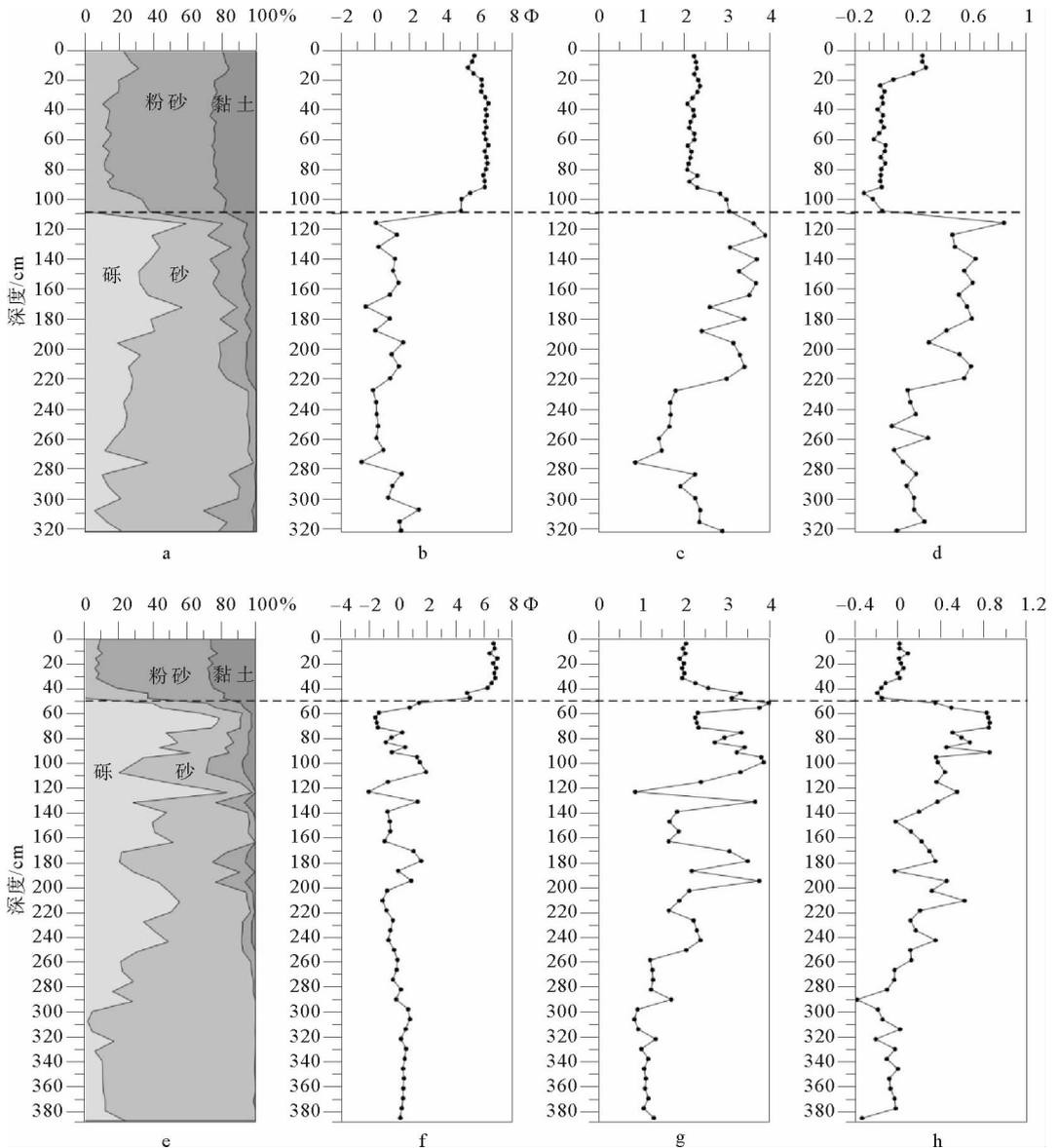
粒度组分是受流水作用应力强度控制的,与沉积物形成的环境关系极为密切,是研究水动力、物质来源和沉积环境的重要方法之一。平均粒径代表粒度分布的集中趋势,其大小反映了沉积介质的平均动能的强弱,一般来说,粗粒反映高能环境,细粒沉积见于低能环境。分选系数亦称标准偏差,反映样品粒级的分散和集中情况,代表样品

相对于平均粒径的分散程度,是反映沉积物分选好坏的一个标志。沉积物的分选程度与沉积环境的水动力条件有密切的关系,河流沉积和海湾沉积分选程度是有明显差异的。

在 Z25 柱中,0~110 cm 粉砂为主要组分(图 4a),含量达 60%,黏土含量占 20%左右,而砂含量不足 20%;110 cm 以下,砂和砾为主要组分,两组分含量合计在 80%以上,由上至下砾石含量变小,砂含量增大;粉砂含量较少,而黏土更少甚至

没有。平均粒径在 0~110 cm 变化于 $4.5\Phi \sim 6.5\Phi$ 之间, 110~322 cm 变化于 $-1\Phi \sim 3\Phi$ 之间 (图 4b)。这说明上部岩心的沉积环境为水动力较弱的海湾, 而下部岩心颗粒均径较大, 且含大量砾石, 反映沉积环境可能为水动力较强的河流。分选系数在 0~110 cm 处变化范围为 2~3, 分选极差; 在 110~220 cm 处变化范围为 2.5~4, 分选极差; 在 220~322 cm 处分选系数又降到 3 以下 (图 4c)。偏态的垂向变化差异也非常显著, 在 110 cm

处出现急剧变化, 其上大部分在 0 附近, 部分达 0.2 (图 4d), 其下偏态激增至 0.9, 然后又逐渐降低至 0.2 左右。也就是说, 在 110 cm 以上的岩心中, 沉积物粒度分布接近正态分布, 下部沉积物粒度分布为正偏或极正偏, 颗粒组集集中在粗粒部分。综上所述, 在 Z25 柱中, 110 cm 附近可以看作是一个分界面, 其上为细粒组分, 反映低能环境, 其下为粗粒组分, 反映高能环境, 因此, 胶州湾浅表沉积层具有上部颗粒细、下部颗粒粗的双层结构特征。



a、b、c、d 分别为 Z25 柱的组分、平均粒径、分选系数和偏态变化; e、f、g、h 分别为 Z26 柱的组分、平均粒径、分选系数和偏态变化

图 4 柱状样 Z25 和 Z26 组分含量和粒度参数垂向变化

Fig. 4 Vertical variation in components and grain-size parameters of the core Z25, Z26

在 Z26 柱中,各组分含量及粒度参数的变化趋势与 Z25 柱类似(图 4 e、f、g、h),只是细粒组分和粗粒组分的分界面所处的深度明显不同,Z26 柱岩心在 50 cm 处即出现较多砾石(图 4e),故 50 cm 以下即为高能环境形成的沉积。由此可见,Z25 柱和 Z26 柱由于在胶州湾所处位置不同(图 1),其上部细粒的海湾沉积层厚度存在显著差异。

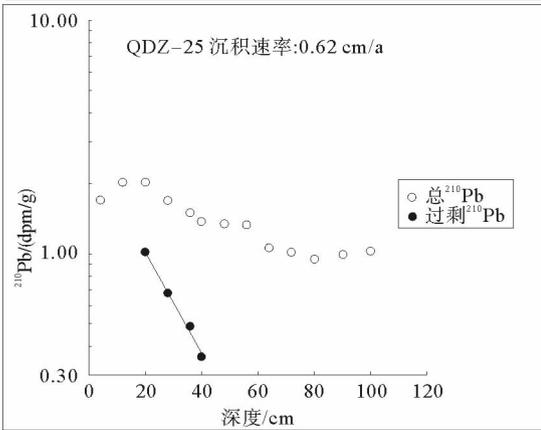
2.3 沉积速率

Z25 柱采自胶州湾东南部海域(121° 02' 3.688",36°12'13.507"),²¹⁰Pb 室内测试样品取自

沉积物柱状样 0~100 cm 以内深度,该深度内平均粒径(M_z)均在 5 Φ ~7 Φ 范围内,0~30 cm 岩性为深灰色粉砂质黏土,含水量较大;30~100 cm 为灰褐色粉砂质黏土,含水量较大,并见有少量细小贝壳。根据²¹⁰Pb 测试结果,在 0~64 cm,放射性活度随岩心深度的变化衰变较有规律,在 64~100 cm,²¹⁰Pb 放射性活度随岩心深度的变化衰变较小(图 5),可把 64 cm 深度作为²¹⁰Pb 放射性总活度与母体²²⁶Ra 补给的平衡位置或本底位置。通过最小二乘法计算²¹⁰Pb 剩余沿埋藏深度的垂直分布图上的斜率,求得此站位的平均沉积速率为 0.62 cm/a。

QDZ-25

序号	样品编号	岩心深度/cm	样品量/g	²¹⁰ Pb示踪剂用量/dpm	²¹⁰ Po计数/cpm	²¹⁰ Po计数/cpm	²¹⁰ Pb活度/(dpm/g)	备注
1	25-02	4	5	7.48	389	441	1.70	
2	25-06	12	5	7.48	602	812	2.02	
3	25-10	20	5	7.48	334	451	2.02	拟合
4	25-14	28	5	7.48	325	366	1.68	
5	25-18	36	5	7.48	828	827	1.49	拟合
6	25-20	40	5	7.48	547	500	1.37	拟合
7	25-24	48	5	7.48	623	557	1.34	
8	25-28	56	5	7.48	592	524	1.32	
9	25-32	64	5	7.48	363	256	1.06	本底
10	25-36	72	5	7.48	646	439	1.02	本底
11	25-40	80	5	7.48	961	609	0.95	本底
12	25-45	90	5	7.48	429	284	0.99	本底
13	25-50	100	5	7.48	297	203	1.02	本底



QDZ-26

序号	样品编号	岩心深度/cm	样品量/g	²¹⁰ Pb示踪剂用量/dpm	²¹⁰ Po计数/cpm	²¹⁰ Po计数/cpm	²¹⁰ Pb活度/(dpm/g)	备注
1	26-02	4	5	7.48	422	372	1.32	
2	26-06	12	5	7.48	402	344	1.28	
3	26-08	16	5	7.48	304	285	1.40	
4	26-10	20	5	7.48	363	302	1.24	
5	26-12	24	5	7.48	269	229	1.27	
6	26-16	32	5	7.48	430	340	1.18	拟合
7	26-18	36	5	7.48	937	659	1.05	拟合
8	26-20	40	5	7.48	306	203	0.99	拟合
9	26-24	48	5	7.48	484	270	0.83	拟合
10	26-28	56	3.905	7.48	749	296	0.76	
11	26-32	64	5	7.48	450	222	0.74	本底
12	26-36	72	4.771	7.48	150	71	0.74	本底
13	26-40	80	5	7.48	474	226	0.71	本底
14	26-45	90	3.905	7.48	264	105	0.76	本底

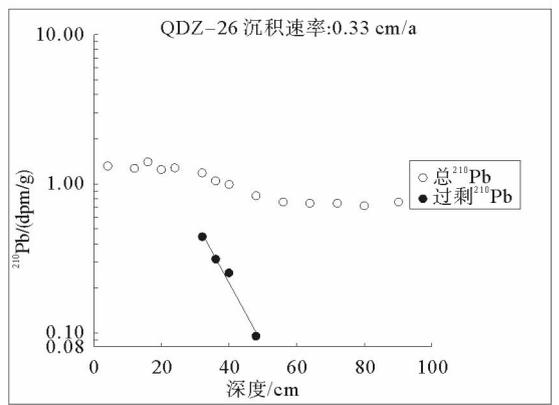


图 5 Z25 柱和 Z26 柱²¹⁰Pb 测年结果

Fig. 5 ²¹⁰Pb dating results of core Z25 and Z26

Z26 柱采自胶州湾西南部海域(120°13'15.225" E,36°05'19.468"N),根据²¹⁰Pb 测试结果,在 0~56 cm 深度处,放射性活度随岩心深度衰变较有规律,在 56~100 cm,²¹⁰Pb 放射性活度衰变较小,可把 56 cm 深度作为²¹⁰Pb 放射性总活度与母体²²⁶Ra 补给的平衡位置或本底位置。通过最小二乘法计算²¹⁰Pb 剩余沿埋藏深度的垂直分布图上的斜率,求得此站位的平均沉积速率为 0.33 cm/a。

3 讨论

胶州湾是一个形成时代较晚的海湾,胶州湾内最老的沉积物¹⁴C 测年为(18 800 ± 2 000) a BP^[9,10],至全新世海侵前,胶州湾内依旧维持了高低起伏的沟谷地形^[10]。胶州湾东北部、东部流入的河流汇入沧口谷地内,胶州湾西部、西北部流

人的河流从中央谷地流向湾口。这些大小河流在湾内堆积了 10~20 m 厚的冲洪积层和湖沼相层^[11],在谷地的一侧或两侧堆积了不同规模的“河口沙坝”和“河口远端坝”等粗粒物质堆积体,形成了 0~6 m 高度不等的“正地形”。海水在 10 ka BP 左右侵入胶州湾,原先的谷地受海水淹没成为涨、落潮水道;而原先谷地间的“正地形”则得以保留成为沙脊^[6]。Z25 柱 110 cm 以下的含砾中—粗砂层和 Z26 柱 50 cm 以下的含砾中—粗砂层与“河口远端坝”沉积相特征相吻合,反映了胶州湾早期较高能的水动力环境条件,而上部的较细颗粒沉积层则反映了沉积动力较弱的海湾沉积环境,因而形成了胶州湾浅表地层的双层结构特征。

胶州湾是一个低浊度海湾,悬沙浓度终年较低,沉积物来源较少,其量级为 2×10^6 t/a^[8]。胶州湾的泥沙来源除了河流输沙以外,还有海岸侵蚀供沙、海底侵蚀供沙和城市垃圾形成的来沙^[4]。湾内潮差大,潮流属正规半日潮流,波浪作用较弱,涨、落潮形成的往复流成为控制湾内沉积作用的主要动力,而且涨潮流速大于落潮流速,湾口海域流速大于湾内,可达 150 cm/s,最小流速出现在湾顶, <20 cm/s。各个水道流速也比较大,一般约为 50 cm/s^[5,12]。由于落潮流小,不能把沉积下来的物质全部带出^[6,13],湾内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^[7]。

汪亚平等^[14]总结了多种分析方法,获得了胶州湾沉积速率,其中²¹⁰Pb 法和沉积物平衡法获得胶州湾湾内百年尺度以内的沉积速率为 0.2~0.8 cm/a;高抒等^[8]根据胶州湾 2 个柱状样岩心计算的沉积速率为 0.743 和 0.446 cm/a;边淑华^[15]在胶州湾湾顶也获得了相近的数值。本文中 Z25 柱上部 110 cm 和 Z26 柱上部 50 cm 均为黏土质粉砂,用²¹⁰Pb 法测得的沉积速率分别为 0.62 和 0.33 cm/a,与以往研究者取得的沉积速率为同一数量级,属低沉积速率,均反映了海湾较弱的水动力环境。Z25 柱上部沉积速率稍大,Z26 柱上部沉积速率稍小,这种差异可能与其所处位置有关。Z25 柱位于沧口沙脊西部边缘,Z26 柱位于岛洱河水道底部(图 1),沉积速率的差异反

映了水道区水流速度较大,淤积较薄,沙脊区水流速度较小,淤积较厚。

4 结论

(1)胶州湾浅表沉积层具有双层结构,上部为黏土质粉砂,反映了沉积动力较弱的海湾相沉积环境;下部为含砾中—粗砂,反映了沉积动力较强的河流相沉积环境。

(2)胶州湾海湾相沉积速率的差异反映了沙脊区水流速度较小,淤积厚;潮沟水道内水流速度较大,淤积薄。

参考文献:

- [1] 戴纪翠,宋金明,郑国侠.胶州湾沉积环境演变分析[J].海洋科学进展,2006,24(3):397-406.
- [2] 中国海湾志编委会.中国海湾志:第四分册——山东半岛南段和江苏省海湾[K].北京:海洋出版社,1993:157-258.
- [3] 盛茂刚,崔峻岭,时青,等.青岛市环胶州湾各河流输沙特征分析[J].水文,2014,34(3):92-96.
- [4] 王文海,王润玉,张书欣.胶州湾的泥沙来源及其自然沉积速率[J].海岸工程,1982(1):83-90.
- [5] 董贺平,李绍全,李广雪,等.青岛近海潮流沉积体系[J].中国海洋大学学报,2006,36(1):31-36.
- [6] 王玉海,刘自力,纪育强,等.强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.
- [7] 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,2004(4):23-29.
- [8] 高抒,汪亚平.胶州湾沉积环境与潮汐河道演化特征[J].海洋科学进展,2002,20(3):52-59.
- [9] 边淑华.基岩潮汐河道型海湾动力地貌及其演变过程——以胶州湾为例[D].上海:华东师范大学,2004.
- [10] 蔡龙宝,元发庆.胶州湾海底地形地貌继承性的研究[J].海岸工程,1993,12(2):22-30.
- [11] 金秉福.胶南郑哥庄河口附近泥沙运移方向研究[J].海洋科学,1997(2):48-52.
- [12] 史经昊,李广雪.三维多组分泥沙数值模型在胶州湾的应用[J].海洋地质与第四纪地质,2010,30(6):16-24.
- [13] 孔令双,陈玉明,李炎保,等.胶州湾海域泥沙淤积数值模拟[J].青岛建筑工程学院学报,2004,25(2):62-65.
- [14] 汪亚平,高抒.胶州湾沉积速率:多种分析方法的对比[J].第四纪研究,2007,27(5):787-796.
- [15] 边淑华.胶州湾环境演变与冲淤变化[D].青岛:国家海洋局第一海洋研究所,1999.

GRAIN-SIZE DISTRIBUTION PATTERN OF THE SHALLOW SEDIMENTS OF THE JIAOZHOU BAY AND ITS ENVIRONMENTAL IMPLICATIONS

BI Shipu^{1,2}, KONG Xianghuai^{1,2*}, ZHANG Yong^{1,2}, ZHANG Xiaobo^{1,2}, LI Xiaoyue^{1,3}

(1 Key Laboratory of Marine Hydrocarbon Resources and Environmental Geology, Ministry of Land and Resources, Qingdao 266071, China; 2 Qingdao Institute of Marine Geology, China Geological Survey, Qingdao 266071, China;

3 Shijiazhuang University of Economics, Shijiazhuang 050031, China)

Abstract: Grain-size analysis and ²¹⁰Pb dating have been carried out for the sediment samples taken from the two cores drilled in the Jiaozhou Bay. The characteristics of grain-size and their environmental implications are discussed in combination with the sedimentation rate. The results suggest a bilayered structure in the shallow deposits of the Jiaozhou Bay. The upper layer is composed of clayey silt, indicating a weak dynamic environment, whereas the lower layer is composed of gravel-sand and medium coarse sand, indicating a strong dynamic environment. High sedimentation rate is usually related with the sand ridge deposits. Instead, low sedimentation rate is found in channels.

Key words: Jiaozhou Bay; characteristics of grain-size; sediment rate; dynamic environment

关于作者著作权及稿酬的声明

本刊已许可中国学术期刊(光盘版)电子杂志社在中国知网及其系列数据库产品中以数字化方式复制、汇编、发行、信息网络传播本刊全文。该社著作权使用费与本刊稿酬一并支付。作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意上述声明。

《海洋地质前沿》编辑部

2013 年 1 月 10 日