

冬、夏季渤海表层沉积物粒度特征差异及其成因分析

王晓磊¹, 冯秀丽¹, 刘 潇¹, 刘 杰², 权永峰¹

(1. 中国海洋大学 海洋地球科学学院, 山东 青岛 266100; 2. 国家海洋局第一海洋研究所, 山东 青岛 266061)

摘要: 对渤海、黄海海域冬、夏两季表层沉积物取样, 通过激光粒度仪得出粒度参数, 进而分析讨论冬季强的沿岸流的作用、黄海暖流、夏季冷水团的影响以及地形、海底地貌特征、物源特征等对表层沉积物分布造成的影响。结果表明, 冬、夏两季渤海表层沉积物粒度特征总体上相差不大, 但部分海域如渤海中北部、渤海中南部、北黄海西北部近渤海海峡北部海域、山东半岛东北部海域、南黄海中部沉积物粒度特征存在明显季节性差异。表层沉积物粒度特征季节性差异与地形地貌、沿岸流、黄海暖流、黄海冷水团及物源密切相关。本研究对于探讨渤海不同季节表层沉积物沉积特征的影响机制、了解渤海海区海洋动力过程的季节差异有积极意义。

关键词: 粒度特征; 表层沉积物; 差异区; 黄海暖流; 黄海冷水团

中图分类号: P736.21 文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2015)08-0063-07

doi: 10.11759/hyxx20130709001

沉积物粒度特征对于研究沉积物的物质来源、运移机制及分析沉积环境具有重要意义^[1-2]。沉积物粒度大小与水动力大小密切相关, 而沉积物粒度分布受物源、沉积水动力环境等因素的控制^[3]。

渤海海冬夏季季环流系统及沉积物输入有着明显差异, 沉积环境区别大, 这就造成了某些区域表层沉积物粒度特征在冬、夏两季存在较大的差异。王伟等^[3]、朱玉荣等^[4]、张宪军等^[5]对渤、黄海表层沉积物粒度特征进行了不同程度的研究。乔淑卿等^[6]、蓝先洪等^[7]对渤海沉积物粒度运移特征也有很多研究。但都没有对季节性差异进行分析。

本文通过粒度分析对冬、夏季黄渤海表层沉积物分布特征进行分析, 进而探讨渤海海冬、夏两季沉积环境对海底表层沉积物粒度特征的影响。本文对于研究渤海表层沉积物沉积特征的影响机制, 及冬、夏沉积物粒度特征的季节性差异提供依据。

1 样品及分析方法

1.1 样品采集

分析样品取自渤海、黄海海底表层沉积物, 分别于2011年12月(冬季)、2012年5月(夏季)取样, 共75个样品, 可大致代表冬、夏两季的沉积物底质状况, 采样点离岸较远, 但分布较为均匀, 基本覆盖渤海大部分主要区域, 采样点分布如图1。

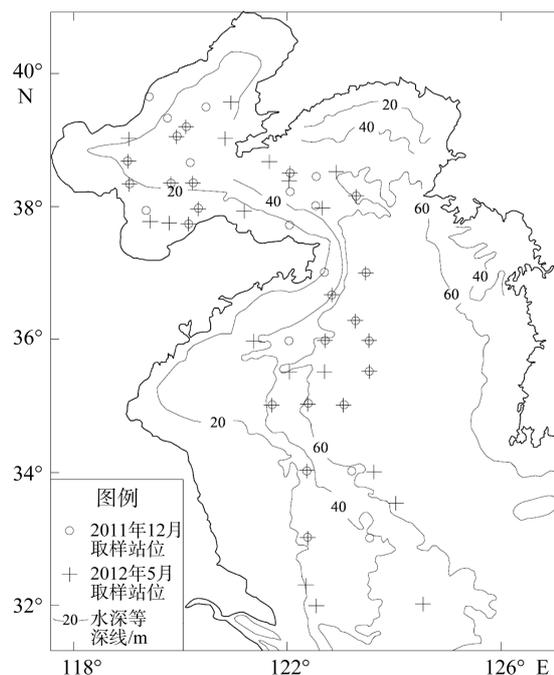


图1 取样站位及水深分布

Fig.1 Distribution of sampling stations and the bathymetric map

收稿日期: 2013-07-09; 修回日期: 2013-08-26

基金项目: 海洋公益性行业科研专项(201005009)

第一作者简介: 王晓磊(1987-), 男, 山东省潍坊市, 硕士, 主要从事海洋沉积学研究, 电话: 15863008663, E-mail: oucwxl@163.com; 冯秀丽(1962-), 通信作者, 女, 博士, 教授, 博士生导师, 从事海洋沉积与工程环境研究, 电话: 0532-66782057, E-mail: fengxiuli@ouc.edu.cn

1.2 分析方法

本文采用粒度实验方法,实验流程为:将样品置于烧杯中混合均匀,加入过量 10%的 H_2O_2 ,浸泡至不再产生气泡为止,以去除有机质;之后加入过量 0.25 mol/L 盐酸继续浸泡至不再产生气泡,以去除沉积物中的钙质胶结物及生物贝壳,将样品用蒸馏水离心、清洗 3 到 4 次,并用 pH 试纸测试烧杯内液体的酸度,直至溶液呈中性。前处理后的样品经超声波振荡分散后上机测试,并按照样品颗粒大小确定样品量。粒度分析使用的仪器为英国 Malvern 公司生产的 Mastersizer 2000 型激光粒度仪,测量范围为 0.02~2 000 μm 。粒径统一使用尤登-温德华氏等比值粒级标准表示,标准偏差(σ_i)、偏态(S_{ki})、峰态(K_g)等粒度参数采用 Folk-Ward 图解法公式进行计算。差异区沉积物根据谢帕德三角图命名法进行命名。

2 沉积物粒度特征

2.1 沉积物粒度参数

2.1.1 平均粒径

由图 2 可以看出,渤海西部以较细的沉积物组成,夏季沉积物平均粒径(ϕ)多在 2.15~2.22,冬季较夏季略粗,在 2.10~2.15 左右。渤海中北部辽东湾以南沉积物夏季平均粒径在 1.66~1.85,冬季较夏季明

显变粗,平均粒径增至 1.46~1.62。这些系与冬季较强的水动力作用有关。渤海中部海域呈现相反的特征。冬季平均粒径达 1.55~1.80,夏季略微增粗,为 1.49~1.77。渤海东南部接近渤海海峡南部的海域呈现出较大的粒度差异,平均粒径冬季 2.22,夏季增至 1.59。此系与夏季物源量增大有关。

北黄海沉积物平均粒径冬夏两季相差不大,仅西北部近渤海海峡附近海域沉积物粒度存在差异。冬季 ϕ 为 1.59,夏季增至 1.46。此系由北黄海北部沿岸沉积物冬夏季差异所致。

南黄海海域沉积物平均粒径在冬夏两季变化不大。南黄海北部冬季较夏季略细,而南部冬季较夏季略粗,但相差不大, ϕ 仅为 3 左右。

2.1.2 分选系数

由图 3 可以看出,渤海海域沉积物分选系数多在 1.6~2.3,分选较差。分选系数在冬、夏两季存在明显差异,由于夏季物源量增大,夏季较冬季分选明显变差,而由于夏季水动力较弱,黄河口以外海域夏季较冬季分选略好。

北黄海海域沉积物分选系数多在 1.7~2.4,受冷水团影响夏季比冬季分选更差。

南黄海海域沉积物分选系数多在 1.7~2.2。沉积物分选冬、夏两季变化特征不明显,相邻海域规律性

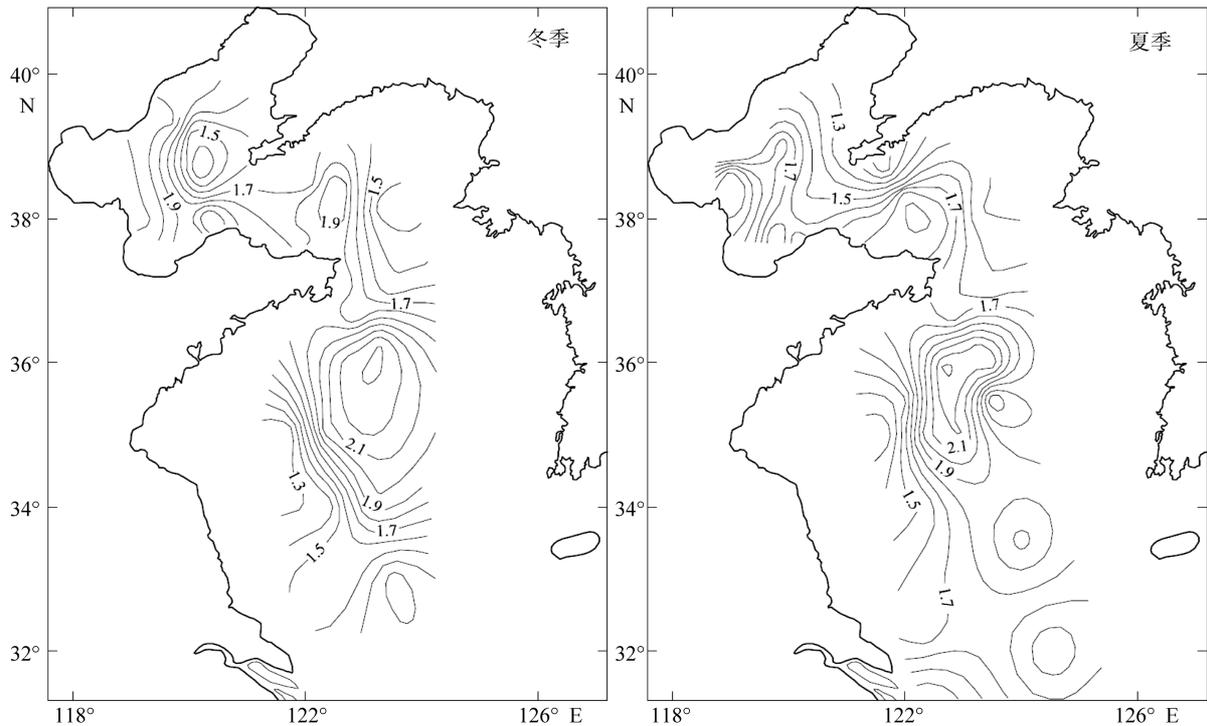


图 2 平均粒径(ϕ)等值线

Fig.2 Contour map of mean grain size

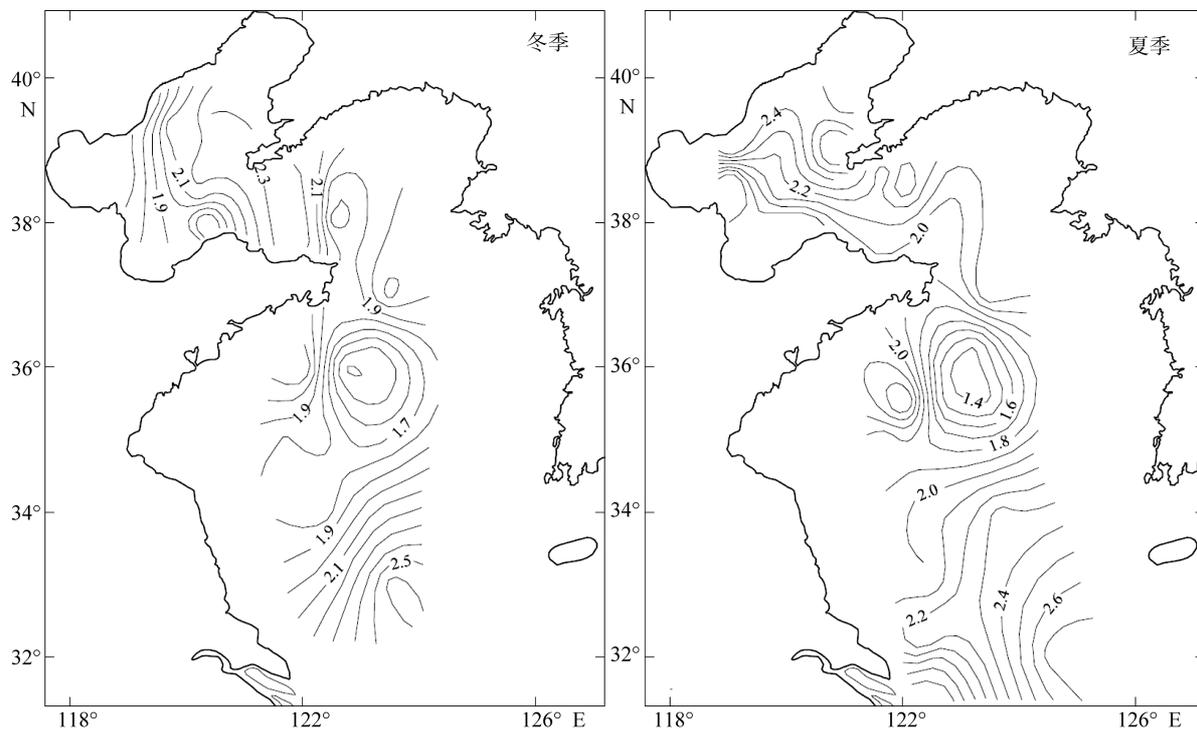


图3 分选系数等值线

Fig.3 Contour map of sorting coefficient

较差,反映了此区沉积环境的复杂性。多数地区沉积物分选夏季较冬季变差,仅北部及中西部部分海域呈现夏季比冬季略好的特征。这些都与冷水团的作用密切相关。

2.1.3 偏态

由图4可以看出,沉积物偏态值变化较明显。

渤海海域总体而言,夏季沉积物偏态值较冬季大,反映夏季沉积物粒度更偏粗的特征。多数海域沉积物偏态值相差不大,仅中北部中部及东南部海域呈现较大差别。中部海域偏态值从冬季的0.2~0.38增至夏季0.3~0.47。东南部近渤海海峡南端沉积物偏态值由冬季的0.05增至夏季0.53,变化较大。渤海中北部辽东湾以南海域呈现出相反的特征,冬季0.55,夏季变为0.39,甚至部分海域冬季0.49,夏季变为0.1,此系与夏季物源量增大有关。

北黄海沉积物偏态值冬夏两季变化较为明显,呈现出夏季偏态值较冬季小,夏季较冬季明显变粗的特征。受夏季冷水团阻隔及物源量增大的影响,中西部海域沉积物偏态值冬季0.2,夏季增至0.5,而西北部近渤海海峡沉积物夏季较冬季也有着偏态值明显变大的特征。

南黄海沉积物偏态值总体表现为夏季较冬季变

大的特征。北部冬季比夏季偏态值大0.04左右。中部特征相反,冬季比夏季偏态值略大。而部分海域呈现相反的特征。中西部海域夏季沉积物偏态值较冬季略微变小,但变化不大,中北部变化值为0.05左右,中南部为0.01左右。这些与冷水团的影响密不可分。

2.1.4 峰态

如图5,渤海海域沉积物峰态值均在0.075~1.1,变化很小。冬季峰态值总体较夏季大,变化值在0.1左右。渤海东部及东南部近渤海海峡海域,沉积物峰态值呈现相反的变化特征,东部冬季0.83,夏季0.92。东南部沉积物峰态值变化较大,冬季1.09,夏季1.45。造成夏季峰态值增大与物源量增加,泥沙来源区域增多有关。

北黄海沉积物峰态值变化较明显。西部峰态值冬季较夏季小,而中部及南部冬季较夏季大,变化值均在0.01~0.2。此系夏季黄河物源量大,物质来源较均一所致。

南黄海沉积物峰态值总体变化不大。部分海域变化较大,如图中122°E、34°N附近海域沉积物峰态值冬季1.38,夏季1.04。而123.5°E、35.5°N附近海域峰态值冬季1.13,夏季1.63。

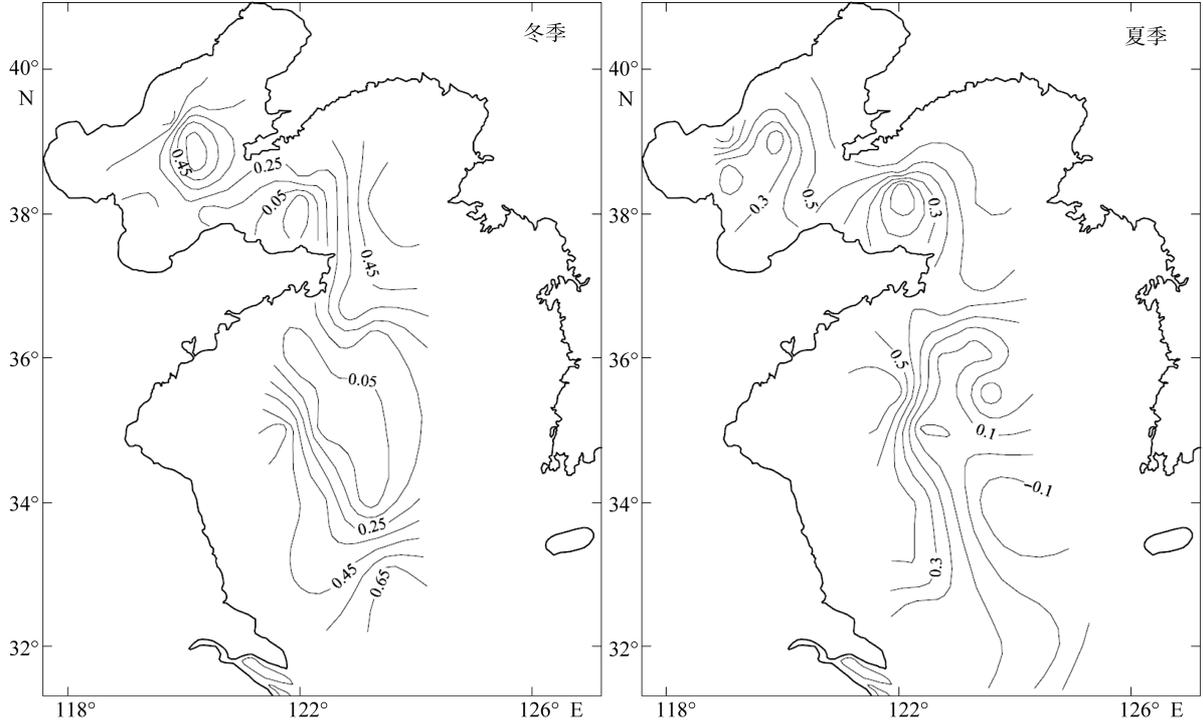


图 4 偏态等值线

Fig.4 Contour map of skewness

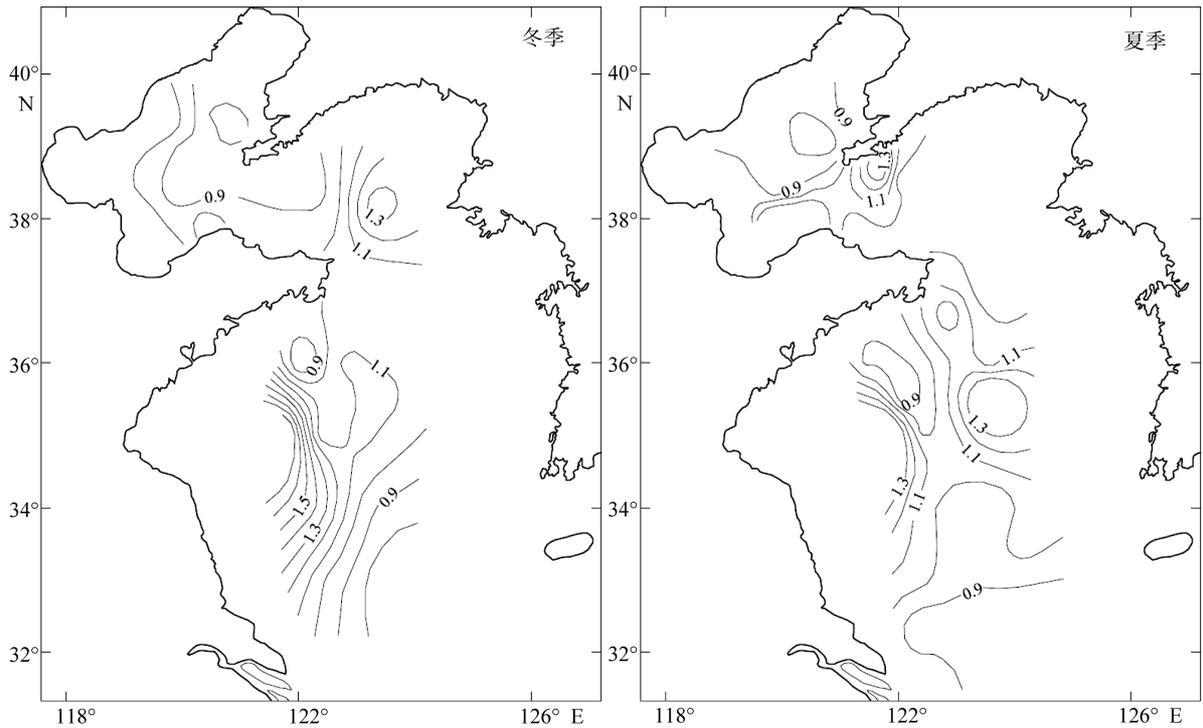


图 5 峰态等值线

Fig.5 Contour map of peak state

2.2 冬、夏季沉积物粒度特征差异区的分布
 通过以上沉积物粒度特征的分析, 结果表明渤

黄海表层沉积物在冬、夏两季存在粒度特征差异的区域主要集中在渤海中北部海域(图 6, A 区), 渤海中

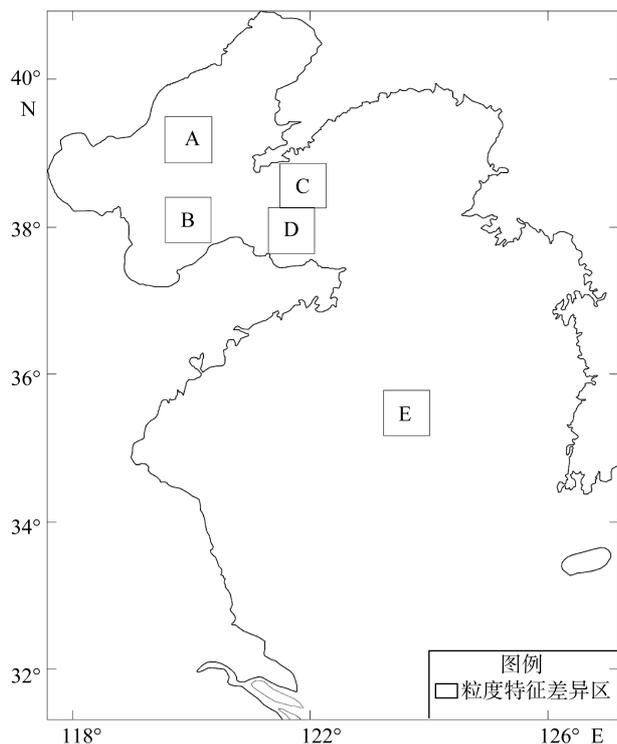


图 6 沉积物冬、夏季粒度特征差异区平面分布图

Fig. 6 Plane distribution of zones with different sediment's grain size characteristics between winter and summer

南部地区(图 6, B 区), 北黄海西北部近渤海海峡北部海域(图 6, C 区), 山东半岛东北部(图 6, D 区), 南黄海中部(图 6, E 区)。

3 冬、夏季沉积物粒度特征差异的影响因素分析

影响冬夏季沉积物粒度特征差异的沉积环境因素有物源、地形地貌、水动力环境等, 而陆架环流(如

黄海暖流、沿岸流)、波浪等为影响水动力环境的重要因素。在这些因素综合作用下, 形成了冬夏两季不同的表层沉积物分布格局。

A 区位于渤海中北部, 处于古海滩地貌区^[8]。冬季, 由于渤海海域水深较浅, 冬季风作用下水动力增强^[9], 波浪增强, 导致 A 区冲刷较为强烈。同时, 冬季黄海暖流流速增强^[10], 受进入渤海海峡的黄海暖流余流影响, 此区上覆现代沉积在水动力较强时被冲蚀, 暴露出古海滩残留沉积, 形成平均粒径较粗、物源较为单一、偏态值较大的沉积物粒度特征。夏季, 水动力相对较弱, 加之黄河夏季输砂量增大, 造成 A 区淤积, 同时通过再悬浮沉积作用, 与残留沉积混合形成平均粒径较细、分选较差、偏态值较小的沉积物粒度特征。这些就造成了沉积物在冬夏两季粒度特征的不同。

B 区位于 A 区的南部, 在渤海海峡中部以西。此处受渤海海峡地形影响较大。由图 7, B 区主要受由渤海海峡北部进入的黄海暖流余流影响, 其沉积物来源也与渤海海峡东北部密切相关。所以, C 区夏季较粗冬季较细的沉积特征就造成了 B 区相应的特征。

B 区南部受即将出渤海海峡的环流的影响。如图 7, 环流包括两部分水体。渤海海峡北部进入的黄海暖流余流向南迁移直接经由 B 南部出渤海海峡南端, 形成第一股影响水体。黄海暖流余流进入渤海后向西迁移, 转而在渤海湾莱州湾内形成环流最终经由 B 区南部出渤海海峡, 形成第二股影响水体。第一股水体冬夏两季差异较小; 第二股水体夏季流逝较弱, 冬季较为强盛。冬季第二股水体经由渤海西部及黄河口外海域, 再悬浮搬运带来大量细粒沉积, 导致冬季 B 区南部沉积平均粒径明显小于夏季, 且偏态、峰态值与渤海西部及黄河口外海域相近。

表 1 粒度特征差异区粒度参数及沉积物类型表

Tab. 1 Grain size parameters and sediment type list of zones with different grain size characteristics

| 分区 | 平均粒径 | | 分选系数 | | 偏态 | | 峰态 | | 沉积物类型(Shepard 分类) | |
|-------|------|------|------|------|-------|------|------|------|-------------------|-------|
| | 冬季 | 夏季 | 冬季 | 夏季 | 冬季 | 夏季 | 冬季 | 夏季 | 冬季 | 夏季 |
| A 西南部 | 1.59 | 1.85 | 2.14 | 2.18 | 0.49 | 0.1 | 0.9 | 0.83 | 砂质粉砂 | 黏土质粉砂 |
| | 1.46 | 1.66 | 2.12 | 2.31 | 0.55 | 0.39 | 0.93 | 0.8 | 粉砂质砂 | 砂质粉砂 |
| B 西部 | 1.80 | 1.77 | 2.02 | 2.14 | 0.21 | 0.3 | 0.85 | 0.86 | 黏土质粉砂 | 砂质粉砂 |
| | 1.55 | 1.49 | 2.16 | 2.16 | 0.38 | 0.47 | 0.83 | 0.92 | 砂质粉砂 | 砂质粉砂 |
| | 2.22 | 1.59 | 1.56 | 1.7 | 0.05 | 0.53 | 1.09 | 1.45 | 黏土质粉砂 | 砂质粉砂 |
| C | 1.59 | 1.46 | 2.34 | 2.42 | 0.29 | 0.5 | 0.82 | 0.83 | 砂质粉砂 | 粉砂质砂 |
| D | 1.77 | 1.77 | 2.4 | 2.05 | -0.07 | 0.38 | 1 | 0.93 | 粉砂质砂 | 黏土质粉砂 |
| E | 2.22 | 1.48 | 1.52 | 1.39 | 0.07 | 0.4 | 1.13 | 1.63 | 黏土质粉砂 | 砂质粉砂 |

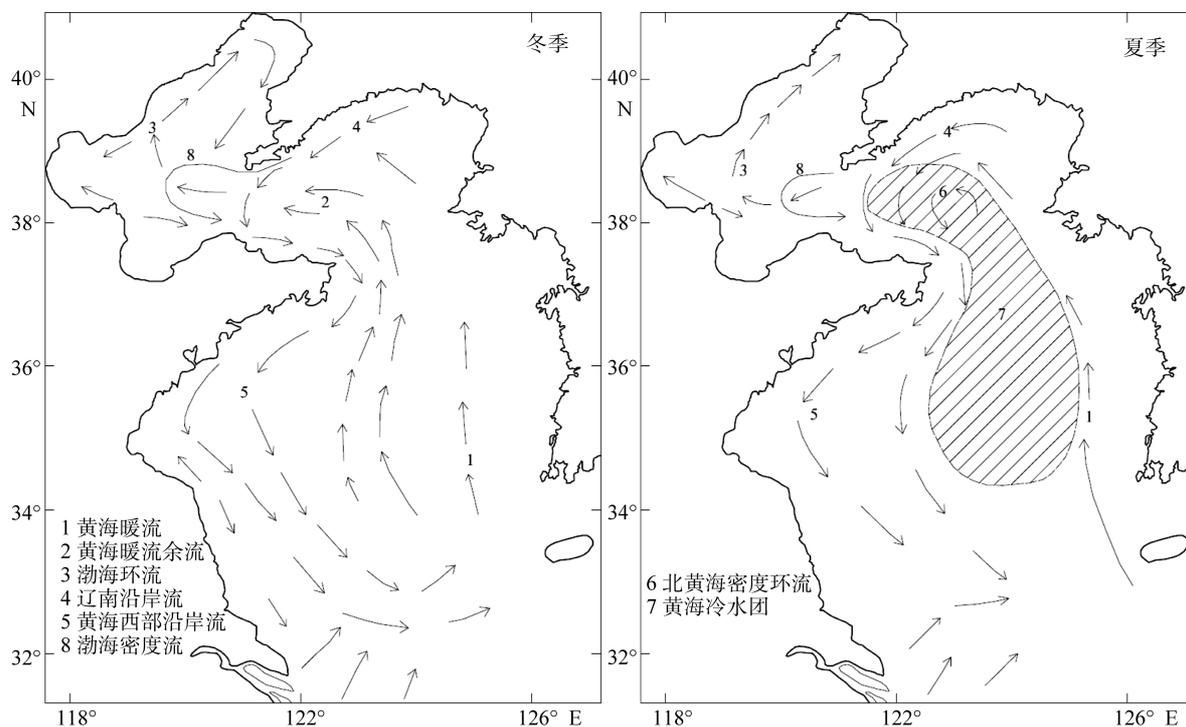


图7 黄海、渤海海流分布模式图(引自文献[12])

Fig.7 Distribution pattern of ocean current in the Yellow Sea and Bohai Sea (from [12])

C区位于渤海海峡东北部。如图7所示, C区受辽南沿岸流和黄海暖流余流影响较大。但冬、夏两季沉积物粒度特征的差异主要与冷水团有关。冬季, 辽南沿岸流及黄海暖流余流经由C区后进入渤海^[11]。而夏季, 由于冷水团的存在, 两股水体汇合后受冷水团影响爬升, 水动力减弱而将粗颗粒沉积下来, 造成C区夏季沉积物明显粗于冬季。

D区位于山东半岛东北部, 属于泥质沉积区。此区的形成与冬夏季沉积环境密切相关。夏季, 出渤海海峡南端的沿岸流经北黄海西部海域时遇冷水团受阻, 细颗粒沉积物开始沉积, 此时其受到北黄海密度环流的影响, 转而向南, 沉积于山东半岛北部泥质区上^[12](D区)。冬季, 海水表层水温降低, 上下层混合均匀, 冷水团不复存在。此时受到冬季风影响, 沿岸流在风海流的耦合下更加迅猛, 使山东半岛北部泥质区沉积物再悬浮。其中一部分细粒沉积物向东北扩散, 但受到M₂分潮流及黄海暖流的影响, 细粒沉积在北黄海中部沉积下来^[3]。同时受到黄海暖流运输, 一部分沉积物被带到北黄海中西部甚至经由渤海海峡进入渤海。

E区位于南黄海中部。此区冬夏两季表层沉积物粒度特征相差较大。夏季, 此区为黄海冷水团南部边缘。北上的黄海暖流遇冷水团受阻, 向上爬升, 爬升

过程中水动力减弱, 较粗颗粒发生沉积, 于是就造成此区夏季沉积较粗的态势。而爬升于上部的流场将较细颗粒带往北部。冬季, 黄海暖流流速增强, 将此区较粗颗粒带走。同时受M₂分潮流影响, E区接受西部及西南部长江源的较细颗粒的沉积^[7], 使此区沉积冬季较细。

4 结论

1) 渤黄海多数海域冬、夏季表层沉积物粒度特征差异较小, 但某些海域, 如渤海中南部、北黄海西部、南黄海中部, 由于其特殊的地理位置、地形地貌特征, 在冬夏两季不同的水动力环境下, 会存在沉积物粒度特征的差别。其中, A区冬季到夏季平均粒径减小、分选系数增大、偏态值减小、峰态值减小; B、C区冬季到夏季平均粒径增大、分选系数增大、偏态值增大、峰态值增大。D区冬季到夏季平均粒径不变、分选系数减小、偏态值增大、峰态值减小。E区冬季到夏季平均粒径增大、分选系数减小、偏态值增大、峰态值增大。

2) 渤黄海冬、夏两季表层沉积物粒度特征差异主要受到地形特征、地貌特征、物源、冷水团及沿岸流、黄海暖流等水动力环境特征的影响。

A区表层沉积物粒度特征差异主要受到物源、地

形地貌的影响; B区受渤海海峡地形、进渤海海峡的黄海暖流余流影响较大; C区主要受物源、渤海环流影响; D区差异性主要与辽南沿岸流、黄海暖流余流及冷水团有关; E区主要受冷水团、黄海暖流的影响。

参考文献:

- [1] Friedman G M. Address of the retiring president of the international association of sedimentology: difference in size distributions of populations of particles among sands from various origins[J]. *Sedimentology*, 1979, 26: 3-32.
- [2] McLaren P, Bowles D. The effects of sediment transport on grain-size distributions[J]. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1985, 55: 457-470.
- [3] 王伟, 李安春, 徐方建, 等. 北黄海表层沉积物粒度分布特征及其沉积环境分析[J]. *海洋与湖沼*, 2009, 40(5): 525-531.
- [4] 朱玉荣. 潮流场对渤、黄、东海陆架底质分布的控制作用[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2001, 21(2): 7-13.
- [5] 张宪军, 蓝先洪, 赵广涛, 等. 南黄海中西部表层沉积物粒度特征分析. *海洋地质动态*, 2007, 23(7): 8-13.
- [6] 乔淑卿, 石学法, 王国庆, 等. 渤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.
- [7] 蓝先洪, 张训华, 张志. 南黄海沉积物的物质来源及运移研究[J]. *海洋湖沼通报*, 2005, 4: 53-60.
- [8] 耿秀山. 黄渤海地貌特征及形成因素探讨[J]. *地理学报*, 1981, 36(4): 423-434.
- [9] 管秉贤. 中国沿岸的表面海流与风的关系的初步研究[J]. *海洋与湖沼*, 1957, 1(1): 95-122.
- [10] 王辉武. 黄海暖流季节和年际变化研究[D]. 青岛: 国家海洋局第一海洋研究所, 2008.
- [11] 缪经榜, 刘兴泉. 北黄海和渤海冬季环流动力学的数值实验[J]. *海洋学报*, 1989, 11(1): 15-22.
- [12] 孔祥淮, 刘健, 李巍然, 等. 山东半岛东北部海底表层沉积物粒度分布特征和沉积作用研究[J]. *海洋湖沼通报*, 2006, 3: 37-47.

Particle size differences of surface sediments in the Bohai Sea and the Yellow Sea between winter and summer and the genetic analysis

WANG Xiao-lei¹, FENG Xiu-li¹, LIU Xiao¹, LIU Jie², QUAN Yong-zheng¹

(1. College of Marine Geosciences, Ocean University of China, Qingdao 266100, China; 2. The First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Qingdao 266061, China)

Received: Jul., 9, 2013

Key words: grain size characteristics; surface sediments; zone of difference; warm current of the Yellow Sea; cold water mass of the Yellow Sea

Abstract: In this paper, sediment samples were harvested from surface sediments of the central area of the Yellow Sea and the Bohai Sea in both winter and summer. laser particle analyzer was used to get grain size parameters and the influences of strong coastal current in winter, warm current of the Yellow Sea, cold water mass of the Yellow Sea, topographic feature, geomorphic feature and the source of sediment on the surface sediment distribution were analyzed. The results show that there is not much difference in the grain size characteristics of surface sediments of the Bohai Sea and the Yellow Sea between winter and summer. But there is still some obvious seasonal differences in surface sediments in some parts of the seas such as the central and northern of the Bohai Sea, the central and southern part of the Bohai Sea, the southwest part of the Bohai Sea which is near the Bohai Straits, the northwest part of the north Yellow Sea which is near the Bohai Straits, the northeast part of the Shandong Peninsula, and the central part of the south Yellow Sea. The seasonal differences in surface sediments are closely related to the landform, geomorphic, coastal current, warm current of the Yellow Sea, cold water mass of the Yellow Sea and the source of sediment.

(本文编辑: 刘珊珊)