

黄、东海悬浮细颗粒物浓度 和粒径分布变化研究*

虞兰兰 江文胜

(中国海洋大学物理海洋实验室 青岛 266100)

提要 分析了 2006 年 6 月和 2007 年 1 月用 LISST-100 对黄、东海悬浮物的观测数据,研究了黄、东海的悬浮物粒径和体积浓度分布情况,并从动力学角度对其进行解释。总体而言,黄、东海悬浮细颗粒物的体积浓度分布为近岸高、远岸低;上层悬浮物的沉降和底层沉积物的再悬浮,使近底层的悬浮物浓度比上层高。冬季由于大风的影响,悬浮物浓度比夏季高。粒径分布则为表层近岸细,远岸粗;台湾暖流、东海黑潮流经区域的底层粒径比近岸粗。由于悬浮物物源的影响,夏季上层粒径比下层大,并且比冬季大。受强台风“艾云尼”的影响,长江口至济州岛连线,以及 35°N 断面的悬浮物浓度夏季大于冬季。位于济州岛西南泥质区的 124.0°E, 32.1°N 处,底层悬浮物浓度很高。35°N 断面位于海州湾及其外围,夏季粒径比冬季细,悬浮物浓度比冬季高。

关键词 黄、东海, 悬浮物, 粒径分布, 体积浓度分布, LISST-100

中图分类号 P731

由于生态动力学的发展及沉积动力学的需要,悬浮物在海水中的输运问题越来越受到人们的重视。悬沙浓度的调查对河流、海岸带的水质、地貌、生态、环境的研究(樊辉等, 2010; 邢飞等, 2010)以及海岸工程、港口建设等具有重要的意义。了解悬浮物分布情况,还可以对数值模式进行验证。

在东中国海,杨作升等(1992)用 1987 年 5、6 月黄、东海的悬浮物实测资料,结合动力因素,分析出该区陆架悬浮物“夏贮冬输”的格局;郭志刚等(2002)则结合冬、夏季东海北部的实测资料,发现悬浮物分布具有明显的季节性变化,而东海环流的季节性变化是造成这一变化的主要影响因素。

由于实测资料的局限性,孙效功等(2000)利用 NOAA 卫星 1995—1997 年的遥感资料,系统分析了黄、东海陆架区悬浮体输运和分布规律,证实了“夏贮冬输”的格局;王文娟(2008)¹⁾用 1998—2006 年 SeaWiFS 数据对东中国海表层悬浮物浓度进行反演,

并从动力学角度对其分布进行解释。

在数值模式研究方面,曹祖德等(1993)从动力学角度出发,利用数值方法对渤海悬浮物进行了研究;Jiang 等(2000)研究并改造了 SPM 模式,运用粒子追踪方式对渤海中悬浮物的输运规律进行了长时间、大范围的研究;庞重光等(2004)用 POM 模式对东中国海环流及潮汐、潮流共同作用下的悬浮物输运、扩散等进行了模拟。

由于细颗粒泥沙的絮凝沉降是引起河口、海岸泥沙沉积的主要原因之一,研究悬浮细颗粒物的粒径分布很有必要。张志忠(1996)对长江口河段 1976—1982 年不同季节与潮型时的悬浮泥沙进行了粒度分析,发现小于 32 μm 的泥沙总量达 90%多;他还计算了国内外河口悬沙的平均中值粒径,发现细颗粒泥沙占优。

近年来一种新型的现场激光粒度仪 LISST (Mikkelsen *et al*, 2005; Agrawal *et al*, 2000)在国内开

* 国家重点基础研究发展计划(973)项目:“中国东部陆架边缘海洋物理环境演变及其环境效应”, 2005CB422300 号;教育部新世纪优秀人才项目, NCET-05-059 2 号。虞兰兰, E-mail: yulanlan@ouc.edu.cn

1) 王文娟, 2008. 东中国海表层悬浮体分布的遥感反演及输运机制研究. 中国海洋大学硕士学位论文, 1—77

收稿日期: 2010-02-10, 收修改稿日期: 2011-09-07

始得到了应用,可以现场快速地获得大量悬浮物浓度和粒径数据。程江等(2005)用 LISST 在 2003 年 6 月对长江口徐六泾站定点连续观测了洪季大潮垂线细颗粒悬浮泥沙的实有粒径、体积浓度;魏建伟等(2006)用 LISST 于 2003 年 3 月在胶州湾首次进行了悬浮颗粒剖面测量。

现有的使用 LISST 进行悬沙浓度观测的研究,往往局限在一个小的区域。在使用 LISST 的观测中,为得出黄、东海悬浮颗粒物的浓度和粒径结构的分布以及季节变化规律,作者将对 LISST 测得的黄、东海悬浮颗粒物的浓度及粒径数据进行分析。

1 实测仪器、站位和方法

1.1 观测仪器

实验仪器为 LISST-100 B(Laser In-Situ Scattering and Transmissometry)现场激光粒度仪。其原理是以小角度发射的激光束被水中的悬浮颗粒散射,由于颗粒物粒径不同,散射角度也随之改变。从而运用 Mie 散射理论,根据散射数据得出不同粒级的体积浓度。

LISST 可以区分 32 个呈对数分布的粒级,范围为 1.25—250 μm ,并可给出每个粒级的体积浓度。仪器的使用有一定限制,当悬浮物浓度太高,使光的透射率低于 30%时,多重散射现象就会增加,误差会很大;而颗粒物浓度太低,也会导致测量出现较大误差。在测量粒径的上界,由于“上升尾”现象(Mikkelsen

et al, 2000),会出现误差,因此本文研究选取的是 1.25—101 μm 的细颗粒,以提高数据的可信度。

1.2 观测站位

用 LISST-100 现场激光粒度仪分别于 2006 年 6 月 28 日—7 月 15 日和 2007 年 1 月 22 日—2 月 13 日对黄、东海区域 8 个断面(03-10 断面)进行了悬浮颗粒物浓度和

粒径测量(图 1)。夏季总共测量了 63 个站,冬季则测了 74 个站。冬、夏季共测了 12 个连续站,但由于观测时间太短,也把其当作大面站使用。观测水层依据国家海洋局《海洋调查规范》中关于标准水层的规定选取。

1.3 观测方法

LISST 的额定工作水深为 0—300 m。尽管 LISST 可以直接放入海中测量,但观测的 0906、1008、1009 及 1010 站的水深都超过 300 m,考虑到仪器投放深度的限制,以及整体调查工作的安排,采用了取水样测量的方法。

首先用 Seabird.911⁺CTD 上的采水器采集各标准层水样,在甲板上用水样瓶接取 100 ml 水样带入船上实验室,摇晃水样瓶使水样混合均匀后,将其倒入 LISST 的室内测量室中。然后开启 LISST 测量 30—60 s,采样频率为 1 Hz,测量过程中使用电磁搅拌器慢速搅拌,最后得出 30—60 组数据,再取其平均值作为悬浮颗粒物的浓度和粒径数据进行研究。

取水样进行观测肯定会破坏由于絮凝等产生的结构,但这种结构本身就极易受水动力环境的影响,在以大面站观测为主的考察中无法对其进行细致的过程分析,只能试图认识颗粒物的总体分布情况。而且取水样研究还可以更好地反映海区基本粒子的浓度和粒径组成情况。

图 2 是将 Seabird.911⁺测得的浊度数据与悬浮物浓度拟合的结果,尽管浊度并不等同于悬浮物浓度,但它与悬浮物浓度之间有着内在联系,在特定海域可以利用它们的相关关系,通过测量水体的浊度有效地分析悬浮物浓度的分布规律(翟世奎等, 2005)。

作者用浊度与悬浮物浓度进行拟合时,由于夏季浊度资料的缺失,仅用冬季的浊度与悬浮物浓度进行拟合。可以看出,浊度与总体积浓度在低值区间具有显著的正相关(图 2),说明在含沙量较低的情况下 LISST 测量

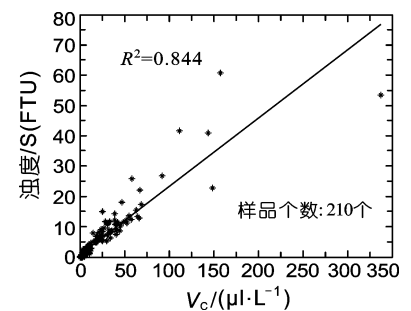


图 2 冬季黄、东海悬浮物体积浓度和浊度一阶拟合曲线

Fig.2 First-order simulation between the volume concentration and the turbidity of SPM

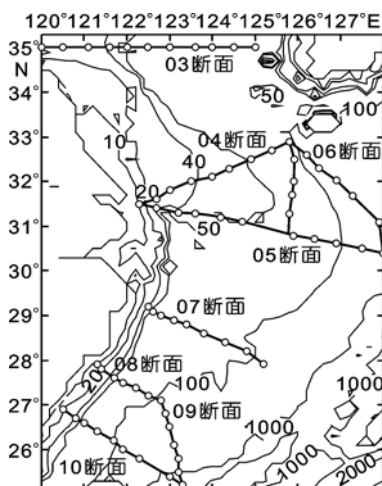


图 1 973 项目海上调查站位及水深图

Fig.1 Site map of the 973 Project and bathymetry of the Yellow Sea and the East China Sea

的数据是可靠的。

2 悬浮物的浓度和粒径分布

2.1 断面分布

2.1.1 浓度分布 08断面(图3)悬浮物浓度空间分布呈现远岸低、近岸高,上层低、下层高的特点。季节变化则是:冬季浓度比夏季高,分布也比夏季均匀;夏季层化现象比较明显。

08断面处于泥质区,易于发生再悬浮。水深较浅的近岸近底层悬浮物浓度高,较深的远岸近底层悬浮物浓度低,这说明有底质再悬浮的作用,因为当水深超过风的作用深度时,底质就不会受到扰动产生再悬浮,浓度就会变低。另外,一股高盐水(盐度达到34左右)出现在水深为50—60m的水体深层(图4),为台湾暖流水,它流经08断面,大体沿50—60m等深线流动,水体“清洁”,阻碍了近岸高浓度悬浮物向外海方向的运输。图3中水深为50—60m的水体形成一个“界面”,该界面西边为高浓度水体,东边则为低浓度水体。这些应该都是导致08断面近岸悬浮物浓度比远岸大的原因。从08断面冬、夏的盐度分布可以看出,底层盐度较大,因此底层混浊水体不代表密度流(高抒等,1999),可能是水层中悬沙由于重力作用发生沉降或者底质再悬浮的影响,使其出现上低、下高的层化分布。

图4显示贴岸流动的闽浙沿岸流(低盐水体)从08断面西部穿过,冬季由于长江冲淡水的加入,它携带了较多的悬浮物;夏季,长江冲淡水转向,使其携带的悬浮物大大减少。夏季在该断面受台风影响小的情况下,冬季大风导致的再悬浮作用会比夏季强。以上原因都会使该断面的悬浮物浓度冬季比夏季高。冬季降温会导致表层水体增密

下沉,加上大风的驱动,水体混合比较均匀;夏季则由于上层有跃层的存在,表、底层水体交换不畅,所以夏季分布不均,层化现象较明显。

2.1.2 粒径分布 04断面(图5)的粒径分布特点是,空间上,近岸粒径大、远岸小;时间上,冬季粒径垂向分布更加均匀,夏季则主要是层化分布。并且夏季上层粒径比下层大,也比冬季粒径大。

从图6的底层温度分布可以看出,黑潮次表层水(温度特征为15—21℃)夏季更接近近岸,即夏季黑潮会爬升大陆架,阻碍近岸悬浮物质向外海运输,使较

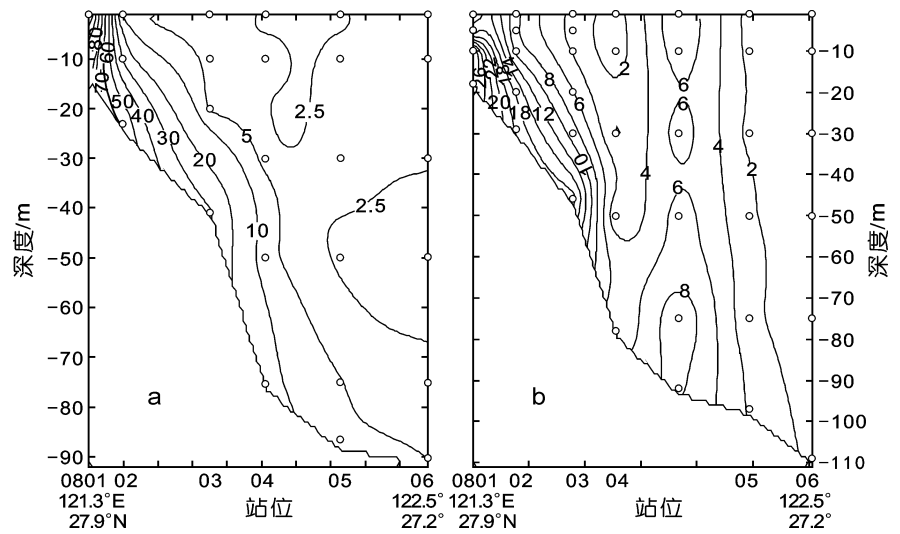


图3 冬(a)、夏(b)季08断面总体积浓度(µl/L)分布

Fig.3 Distribution of the volume concentration at the 08 station in winter (a) and in summer (b)

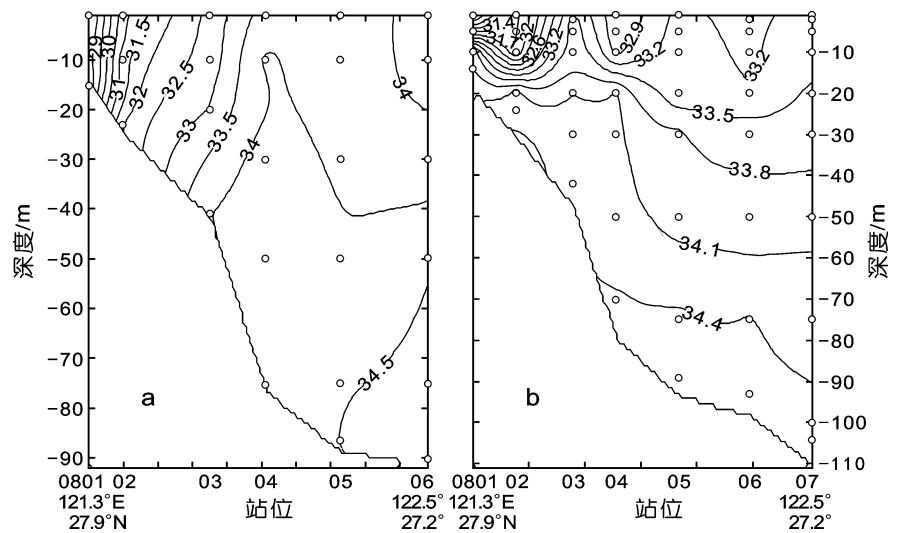


图4 冬季(a)、夏季(b)08断面盐度分布图

Fig.4 Distribution of salinity at the 08 station in winter (a) and in summer (b)

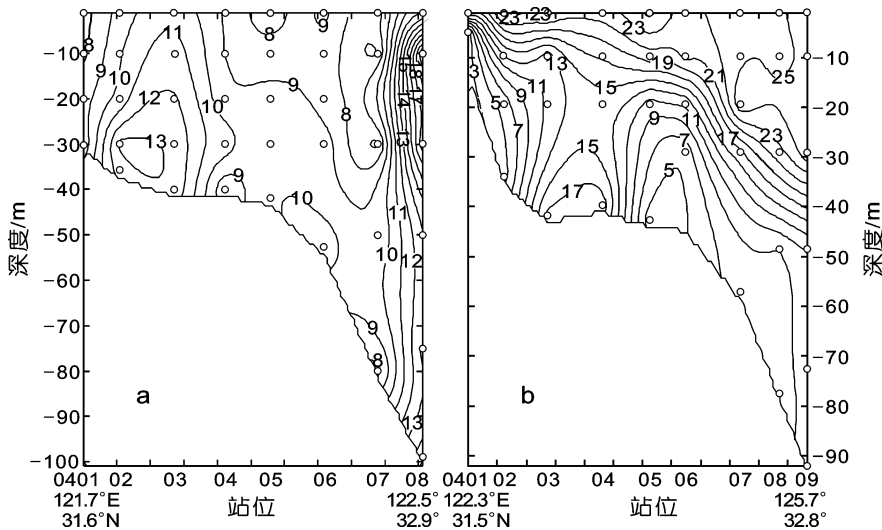


图 5 冬季(a)、夏季(b) 04 断面中值粒径(μm)分布

Fig.5 Distribution of medium particle size at the 04 station in winter (a) and in summer (b)

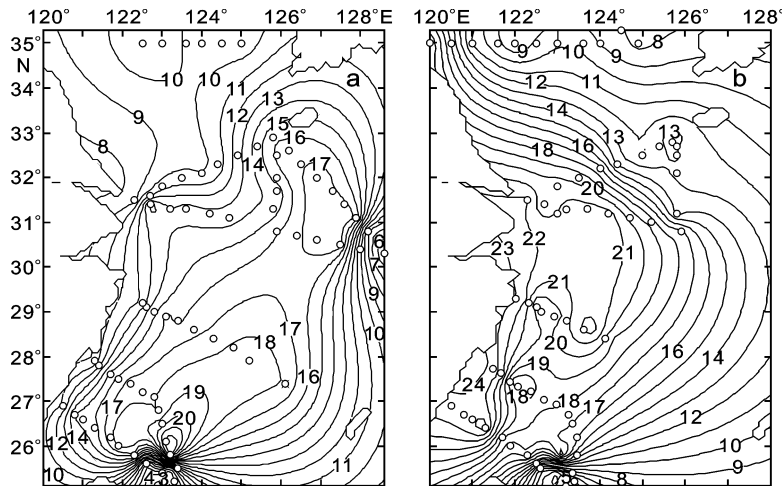


图 6 冬(a)、夏(b)季底层温度分布

Fig.6 Distribution of temperature at the bottom of the Yellow Sea and East China Sea in winter (a) and in summer (b)

细的矿物颗粒留在近岸, 相对而言远岸则有较多的生物颗粒, 粒径就较粗。秦蕴珊等(1989)还提出, 泥沙由河口入海后, 大量细颗粒物发生絮凝作用, 粒度粗化, 沉积在河口及河口前近海区; 较粗的片状颗粒及部分矿物颗粒却能漂浮到较远海区。另外, 雷坤等(2001)认为, 风浪主要对小粒径的底质产生作用, 也就是说再悬浮物质中小粒径占优, 由于近岸水浅, 受风浪影响大, 再悬浮现象显著, 即大量小粒径物质易发生再悬浮。这些都会导致近岸悬浮物粒径比远岸小。冬季由于风浪大, 水体可以充分混合, 所以粒径分布基本为垂向均匀, 有的区域下层粒径比上层大,

可能是因为大颗粒物更易沉降到底层; 夏季则主要是层化分布。

在营养盐限制条件下, 更有利于大细胞浮游植物, 特别是硅藻的生长; 而在光限制和营养盐充足条件下, 更有利于包括甲藻在内的小细胞浮游植物的生长(Riegman *et al.*,1998)。对于中上层海水, 冬季表底混合较好, 营养盐丰富, 但光照为一年中最弱, 海水中主要为小细胞浮游植物; 夏季光照强烈, 但营养盐不充足, 主要为大细胞浮游植物, 所以夏季上层海水的粒径比冬季大。底层海水无论冬、夏基本都没有光照, 浮游植物难以维持生命, 也就对粒径分布影响较小。

2.2 大面分布

由于夏季测站比冬季少, 在对比季节变化时主要比对两者共同的测站, 其余仅供参考。

2.2.1 表、底层浓度分布 长江口附近海域浓度终年维持高值; 杭州湾、浙闽沿岸等近岸浓度高(图 7 和图 8), 外海浓度低。海区浓度分布基本为冬季比夏季高, 但由于强台风“艾云尼”的影响, 海州湾外水体(35°N 断面)、济州岛西边的断面(125.8°E 断面)和 04 断面, 夏季底层浓度反而比冬季高。0404 站(124.0°E, 32.1°N)位于济州岛西南泥质区, 同时又处于强潮流区, 它的底层浓度无论冬、夏都比周边水域高。

长江口、杭州湾、浙闽沿岸等近岸区域水深较浅, 同时都属于泥质区和强潮流区, 这些都有利于形成冬、夏季都比较高浓度的悬浮物。冬季 05 断面最西边站位的底层以及 07 断面最西边站位的各层, 即最靠近长江口及浙闽沿岸的站点, 由于悬浮物浓度太高, 超出 LISST 的量程, 只能用别的测站数据进行插值, 从图 7 和图 8 上看不出这些区域应有的高浓度值。

最靠近长江口的站点由于长江输入大量悬浮物, 并且水深较浅易受扰动发生再悬浮, 浓度必然很高。

对于浙闽沿岸，冬季长江冲淡水受北向季风的影响，很快汇入浙闽沿岸流向南流去，增加了向浙闽沿岸的悬浮物输运。另外冬季大风会使处于泥质区且水深较浅的浙闽近岸产生强烈的再悬浮作用，这些原因能够很好地解释冬季浙闽沿岸出现的超出 LISST 量程的高悬浮物浓度；夏季长江冲淡水则先流向东北，后转向东南，大大减少了向浙闽沿岸的悬浮物输送，在测量浙闽沿岸时，“艾云尼”刚从菲律宾东南生成不久，台风中心距离该处 20 个纬距左右，对它的动力影响可以忽略，所以夏季浙闽沿岸悬浮物浓度比冬季低。

结合图 9 和图 1: 浙闽沿岸附近盐度小于 31.0 的水体可大致认为是浙闽沿岸水，另外还有一股高盐水从台湾海峡流出，大体沿 50—60 m 等深线向舟山群岛流去。“洁净”的台湾暖流水阻隔了近岸高浓度悬浮物向外海的输运，使大量悬浮物滞留在近岸。而夏季浙闽沿岸附近的近岸盐度比冬季高，说明夏季台湾暖流的影响范围比冬季大，它更贴近岸边流动，故夏季对近岸悬浮物向深海输运的阻隔作用比冬季更强，这一点与郭志刚等(2002)的结论一致。

夏季的航次调查受到了强台风“艾云尼”的影响。“艾云尼”于 2006 年 6 月 29 号形成，具体移动路径及相应日期见(宁海新闻网 <http://www.nhnews.com.cn/gb/nhnews/xwzt2/node2164/node2169/userobject1ai161654.html>)，强台风中心附近最大风力 15 级(50 m/s)，以 10—15 km/h 的速度向西北偏北方向移动，于 6 月 8 号—11 号严重影响了东海、黄海海域。庄丽(1998)通过对 1986—1996 年有代表性的西行及转向北上的 35 个台风进行统计分析，认为强台风在距离中心 11 个纬距时会出现约 5—6 m 的浪高和 8—9 m 的涌高，且大风持续时间越长，产生的波浪场越大，涌的作用自然也越强。即使减弱成热带风暴，距中心 11 个纬距处仍能出现 4 m 风浪和 6 m 涌浪。

夏季航次 2006 年 6 月 28 号开始对 10 断面进行观测，然后由南向北进行测量，在 7 月 8 号之前基本都保持了与台风中心十几个纬距以上的距离，受台风的影响较小。为躲避台风，8 号晚—10 号停止测量，

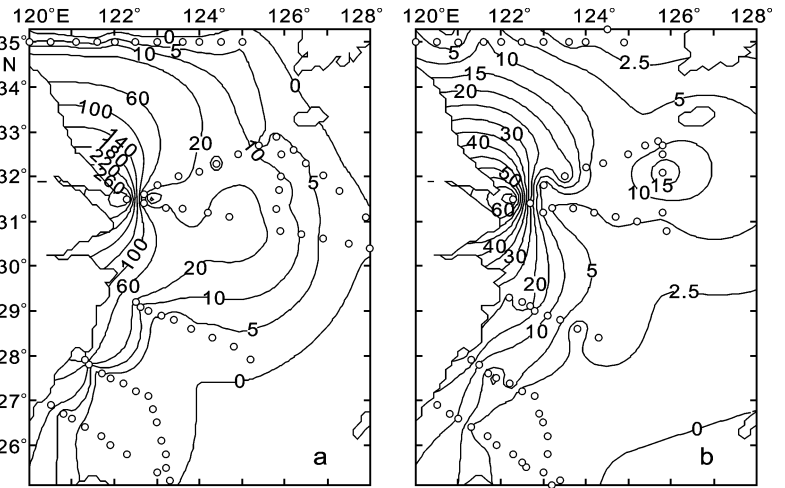


图 7 冬(a)、夏(b)季黄、东海表层体积浓度(μL/L)分布
Fig.7 Distribution of volume concentration in the surface of the Yellow Sea and East China Sea in winter (a) and in summer (b)

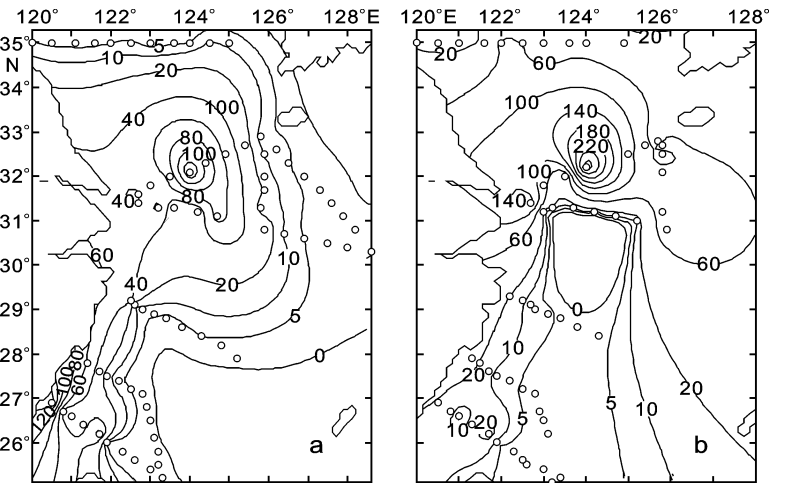


图 8 冬(a)、夏(b)季黄、东海底层体积浓度(μL/L)分布图
Fig.8 Distribution of volume concentration in the bottom of the Yellow Sea and East China Sea

进港避风。7 月 11 号开始对 04 断面、35°N 断面及 125.8°E 断面的进行测量。此时台风已持续 10 天时间，当时的台风中心离这三个断面比较近，所以它们受台风影响较大，主要是受强台风产生的涌浪影响。04 断面的温、盐分布，可以看出台风的影响。近底层的温、盐度几乎垂直均匀分布，说明台风产生的涌浪直接作用于近底层。有些站位出现了底层水增温或者降盐的现象，显然是受其上覆水层的混和作用所致。

台风产生的涌浪对底层沉积物的扰动形成较强的再悬浮作用，应该是导致这三个断面的夏季近底层悬浮物浓度比冬季高的主要原因；温、盐跃层受到破坏，强度变得很弱，但仍然存在，故再悬浮对表层

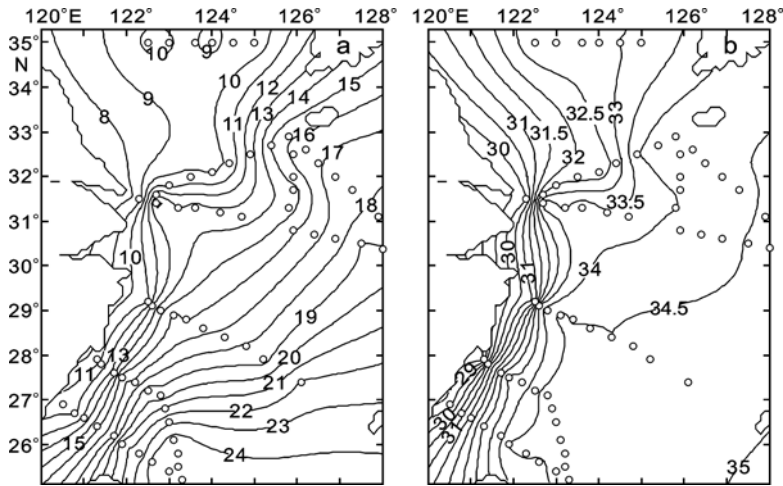


图9 冬季表层温度(a)、表层盐度(b)分布

Fig.9 Distribution of temperature (a) and salinity (b) in the surface of the Yellow Sea and East China Sea in winter

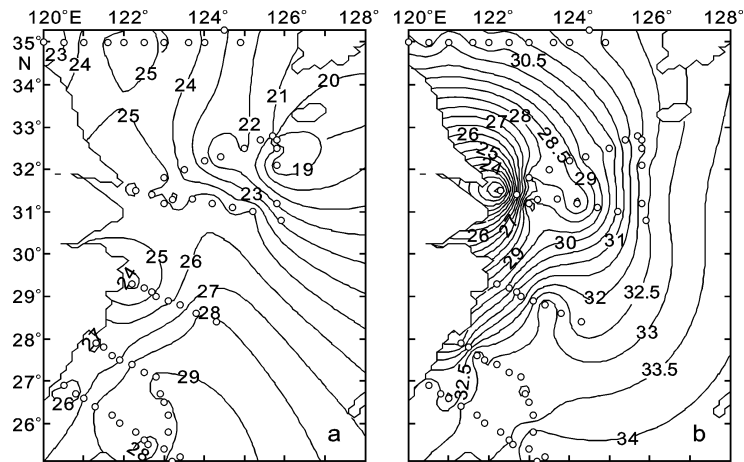


图10 夏季温度(a)、表层盐度(b)分布

Fig.10 Distribution of temperature (a) and salinity (b) in the surface of the Yellow Sea and East China Sea in summer

的影响不大。台风对底质较粗的 35°N 断面再悬浮作用相对弱一些, 但由台风引起的悬浮物浓度仍然比冬季高。0404 站(124.0°E , 32.1°N)位于济州岛西南泥质区, 易发生再悬浮, 又离台风路径很近, 受到的影响最大, 故底层出现了非常高的浓度, 为该站冬季底层浓度的 2 倍。

对这三个断面的分析, 除了台风的影响外, 作者还做了一些假设。由于缺乏不受台风影响的夏季悬浮物浓度资料, 无法进行进一步的论证, 暂时列举出来有待以后的检验。

(1) 对于 125.8°E 断面 冬季有一股高温高盐水(温度大于 10°C , 盐度大于 33.0)从济州岛西边流向黄海, 该水体夏季仍维持高盐(图 9—10), 为黄海暖流水, 它阻隔了近岸悬浮物向外海的运输。黄海沿岸

流携带大量古黄河口再悬浮物质沿 $40\text{—}50\text{ m}$ 等深线(图 1)南下, 在 32°N 附近流向东南, 正好可以影响到该断面。作为补偿流的黄海暖流, 冬季比夏季强, 导致夏季阻隔作用比冬季弱。所以夏季黄海沿岸流可以往 125.8°E 断面输送更多物质, 这有可能导致夏季该断面底层悬浮物浓度更高。

(2) 对于 0404 站 夏季, 长江冲淡水势力最强, 它先向东北再转向东南, 大致在 0404 站附近可与黄海沿岸流相遇, 能量发生碰撞, 使一部分泥沙被截留下来, 从而可能会加大 0404 站近底层的浓度。冬季长江冲淡水直接贴岸南流, 对 04 断面的影响不如夏季大。这也可能导致冬季 04 断面底层浓度比夏季低。

2.2.2 表、底层粒径分布 35°N 断面夏季粒径比冬季小(图 11 和图 12), 而长江口、杭州湾、浙闽沿岸等近岸处粒径冬、夏季都比较小。另外, 黄、东海表层粒径分布基本上为冬季近岸细, 远岸粗; 夏季由于生物的增加, 粒径变大, 且呈斑块状分布, 总的分布大体上为外围细, 内部粗。台湾岛北部和东北部的一小块黑潮表层水域中, 冬季粒径大于夏季, 具体原因有待进一步查证。台湾暖流、东海黑潮流经的区域, 底层粒径较大。

这种粒径分布现象与悬浮物浓度、底质和环流密切相关。近岸浑浊水体中较细的矿物源悬浮物受暖流的阻隔作用, 难以运输到远岸清洁水体, 相对而言生物源对清洁水体的影响较大, 颗粒就较粗, 即清洁水体对应粗颗粒(生物源), 浑浊水体对应细颗粒(矿物源)。相应地, 长江口、杭州湾、浙闽沿岸等近岸处粒径也较小。 35°N 断面处于海州湾及其外围, 夏季粒径比冬季细, 正好和夏季该断面浓度比冬季大相对应。这一点作者的推测是, 沉在海底的絮凝体受到外力扰动, 发生破碎产生细颗粒, 从而再悬浮, 夏季由于台风影响, 再悬浮的细颗粒较多; 也可能是夏季黄河径流大, 由沿岸流的平流作用输入的可能多会一些, 正确与否有待进一步考查。

水动力强的海区对应粗颗粒的底质, 水动力弱则底质的颗粒较细(孙湘平, 2006)。台湾暖流、东海黑潮流经的海域底层, 水体清洁, 细颗粒会被

水流带走,从而留下粒径相对较大的颗粒。由于夏季台湾暖流和东海黑潮比冬季强,水动力的作用就更强,所以夏季这些区域粒径更粗。另外,底层海水还受海底沉积物再悬浮的影响,从海底底质分布图(李广雪等,2005)可以看出,冬季和夏季底层中值粒径高的地方基本对应着细砂和粉砂质砂的底质。09和10断面交界处的中值粒径很高,它对应的底质却是粉砂质黏土,是因为这个地区水太深,实际所测的底层离海底很远,水较清澈。

3 结论

(1) 黄、东海悬浮物浓度分布空间上呈现上层低、下层高的特点,时间上冬季浓度比夏季高。长江口、杭州湾、浙闽沿岸等近岸浓度高,远岸浓度低。其中长江口浓度达到最大,冬、夏都处于高浓度状态,以它为中心的高浓度舌向外海方向扩展。由于强台风的影响,在底层分布中,35°N断面、125.8°E断面和04断面处夏季浓度大于冬季。

(2) 35°N断面夏季粒径比冬季细。除去该断面,黄、东海冬季表层粒径近岸细,远岸粗;夏季粒径呈斑块状分布,大体呈现外围细,内部粗的格局。受悬浮物物源的影响,夏季上层粒径比下层大,并且比冬季大。台湾暖流、东海黑潮流经区域的底层分布着较大的粒径。

(3) 本文中所用数据是采水器采上水样后,在船上的实验室测量各层水样所得,破坏了大颗粒絮凝物的絮凝结构,只能研究基本的小颗粒。进一步的观测应考虑把该仪器放进水里测现场的剖面悬浮物分布,再结合基本粒子的研究,会更全面。另外,本文中所用的部分夏季数据是在强台风过程影响下测量的,若能获取不受台风作用的夏季资料,可进一步考查本文中一些推测的正确性。

参 考 文 献

庄 丽, 1998. 西北太平洋台风风场和波浪场特征. 气象, 24(7): 20—24

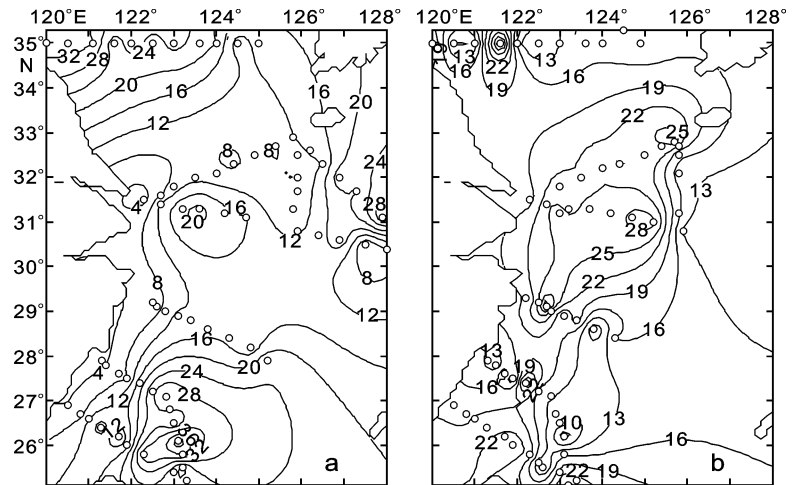


图 11 冬(a)季、夏(b)季黄、东海表层中值粒径(μm)分布

Fig.11 Distribution of medium particle size in the surface of the Yellow Sea and East China Sea in winter (a) and in summer (b)

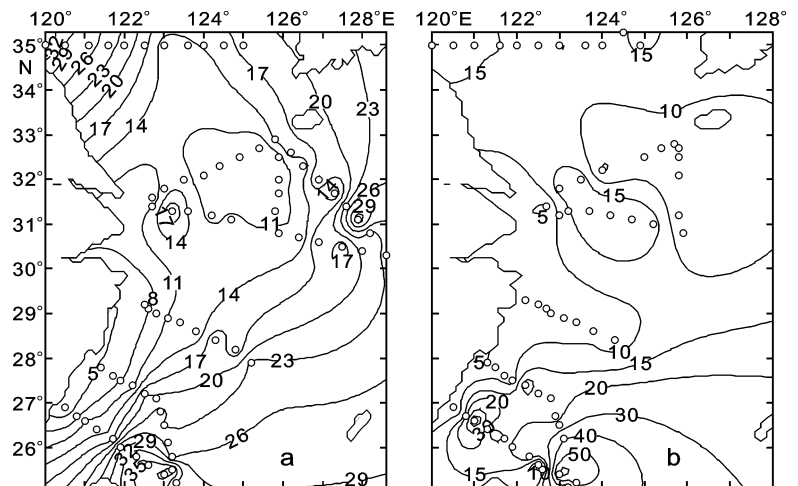


图 12 冬(a)、夏(b)季黄、东海底层中值粒径(μm)分布

Fig.12 Distribution of medium particle size at the bottom of the Yellow Sea and East China Sea in winter (a) and in summer (b)

邢 飞, 汪亚平, 高建华等, 2010. 江苏近岸海域悬沙浓度的时空分布特征. 海洋与湖沼, 41(3): 459—468

孙效功, 方 明, 黄 伟, 2000. 黄、东海陆架区悬浮体运输的时空变化规律. 海洋与湖沼, 31(6): 581—587

孙湘平, 2006. 中国近海区域海洋(第一版). 北京: 海洋出版社, 1—376

李广雪, 杨子赓, 刘 勇, 2005. 中国东部海域海底沉积物成因环境图. 北京: 科学出版社, 附图: 中国东部海域海底沉积物分布图, 1—76

杨作升, 郭志刚, 王兆祥等, 1992. 黄东海陆架悬浮体向其东部深海区输送的宏观格局. 海洋学报, 14(2): 81—90

张志忠, 1996. 长江口细颗粒泥沙基本特性研究. 泥沙研究, 1: 67—73

庞重光, 白学志, 胡敦欣, 2004. 渤、黄、东海海流和潮汐共同作用下的悬浮物运输、沉积及其季节变化. 海洋科学集刊,

- 46:32—41
- 秦蕴珊, 李凡, 徐善民等, 1989. 南黄海海水中悬浮体的研究. *海洋与湖沼*, 20(2):101—112
- 高抒, 程鹏, 汪亚平等, 1999. 长江口外海域 1998 年夏季悬沙浓度特征. *海洋通报*, 18(6):44—50
- 郭志刚, 杨作升, 张东奇等, 2002. 冬、夏季东海北部悬浮体分布及海流对悬浮体输运的阻隔作用. *海洋学报*, 24(5):71—80
- 曹祖德, 王桂芬, 1993. 波浪掀沙、潮流输沙的数值模拟. *海洋学报*, 15(1):107—108
- 程江, 何青, 王元叶, 2005. 利用 LISST 观测絮凝体粒径、有效密度和沉速的垂线分布. *泥沙研究*, 1:33—39
- 雷坤, 杨作升, 郭志刚, 2001. 东海陆架北部泥质区悬浮体的絮凝沉积作用. *海洋与湖沼*, 32(3):288—295
- 翟世奎, 张怀静, 范德江等, 2005. 长江口及其邻近海域悬浮物浓度和浊度的对应关系. *环境科学学报*, 25(5): 693—699
- 樊辉, 黄海军, 2010. 黄、东海二类水体春季表观光谱特性与表层悬浮体浓度反演模式. *海洋与湖沼*, 41(2): 161—166
- 魏建伟, 石学法, 方习生等, 2006. 胶州湾悬浮颗粒现场剖面测量与结果分析. *海洋科学进展*, 24(1): 74—82
- Agrawal Y C, Pottsmith H C, 2000. Instruments for particle size and settling velocity observations in sediment transport. *Marine Geology*, 168: 89—114
- Jiang Wensheng, Thomas Pohlmann, Jurgen Suendermann *et al*, 2000. A modelling study of SPM transport in the Bohai Sea. *Journal of Marine System*, 24(3/4):175—200
- Mikkelsen O A, Pejrup M, 2000. In situ particle size spectra and density of particle aggregates in a dredging plume. *Marine Geology*, 170: 443—459
- Mikkelsen Ole A, Paul S.Hill, Timothy G.Milligan *et al*, 2005. In situ particle size distributions and volume concentrations from a LISST-100 laser particle sizer and a digital floc camera. *Continental Shelf Research*, 25: 1959—1978
- Riegman R, Noordeloos A A M, 1998. Size-fractionated uptake of nitrogenous nutrients and carbon by phytoplankton in the North Sea during summer 1994. *Marine Ecology Progress Series*, 173: 95—106

SEASONAL VARIATIONS IN THE DISTRIBUTIONS OF SUSPENDED FINE PARTICULATE MATTER IN THE YELLOW SEA AND THE EAST CHINA SEA

YU Lan-Lan, JIANG Wen-Sheng

(Key Laboratory of Physical Oceanography, Ocean University of China, Qingdao, 266100)

Abstract In order to understand seasonal variations in the distributions of suspended particulate matter (SPM), laser in-situ scattering and transmissometry was used in two cruises in the Yellow Sea and The East China Sea in July, 2006 and January 2007, respectively. Distributions of volume concentration and particle size were investigated, based on this information we present explanations according to hydrodynamic conditions.

The inshore volume concentration of SPM was larger than the offshore, and they were also larger in winter (January) than in summer (July), due to strong wind during the winter time. Settling and tidally-induced resuspension of SPM accounted for the high turbidity above the seabed. The volume concentrations near the seabed were larger than in the water column. In addition, variation in the inshore particle distribution was smaller than that in the offshore for the surface layer; while at the bottom layer it was smaller in the inshore areas than the offshore, where the Taiwan Warm Current and Kuroshio moved through. The particle size was smaller in winter than in summer. This was caused by the high concentration of the plankton in summer, as the size of biogenic detritus material was relatively large compared to the abiotic SPM. Therefore, during the summer, as there was more plankton in the shallow waters than in the deep water, the particles were larger in the upper layer than lower layer, while they were also larger in the upper layer in summer than in winter.

Because of the strong typhoon "Ewiniar", the volume concentration of Section 04 and 35°N was higher in July 2006. The concentration of the 0404 site was very high above the seabed, and the 0404 site was in a mud area based on the bottom sediment graph. The particle size of Section 35°N, which was located near the Haizhou Bay, was larger in winter than in summer, whereas the volume concentration was lower in winter than in summer.

Key words The Yellow Sea and East Sea, Suspended particulate matter, Grain size distribution, Volume concentration distribution, Liss-100 instrument