

春、秋季黄东海海域悬浮体平面分布特征及海流对其分布的影响

刘芳^{1,2}, 黄海军¹, 郜昂^{1,2}

(1.中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071; 2.中国科学院 研究生院, 北京 100039)

摘要: 利用 2003 年春季 (4 月) 和秋季 (9 月) 两次对南黄海及东海北部海域 II 类水体悬浮体质量浓度的调查资料, 得到了本海域近期悬浮体的平面分布特征, 并分析了海流对本海域悬浮体分布的影响。结果表明, 本海域春季悬浮体质量浓度明显高于秋季; 受黄海沿岸流、黄海暖流及台湾暖流的影响, 春季苏北浅滩悬浮体呈西北-东南舌状向深海运移, 秋季悬浮体以苏北浅滩高值区为中心向外海扩散; 长江及杭州湾入海泥沙基本都沉降在 123°30'E 以西的海域内。

关键词: 黄东海; 悬浮体; 平面分布; 海流

中图分类号: P736 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000 - 3096(2006)01 - 0068 - 05

悬浮体的调查研究是解决边缘海海底沉积作用的一个重要环节, 它与海水理化性质、声的传播及水域生产力有密切的关系, 因此关于海水中悬浮体的调查研究是十分重要的。南黄海及东海北部陆架区包括老黄河入海口、长江入海口以及钱塘江入海口, 悬浮体数量大, 质量浓度高, 物源丰富多样, 季节性变化明显, 影响范围广, 是世界上悬浮体质量浓度最高的海域之一。研究这一区域悬浮体的分布特征及其影响因素具有很重要的理论和实践意义。

Milliman、秦蕴珊、杨作升等中外学者对这一区域悬浮体都做过比较深入的研究^[1-3]。但是, 以往的研究大都将南黄海与东海视为两个独立的区域分别进行调查, 没有将其作为一个整体来考虑, 而且往往偏重于冬、夏季的调查和研究^[2], 对春、秋季悬浮体状况则较少关注。国家海洋卫星应用中心“HY-1 卫星辐射校正与真实性检验分系统”项目于 2003 年 4 月、9 月两次对南黄海及东海北部海域 II 类水体的海面光谱反射率、海流、海水悬浮体质量浓度等进行了调查, 作者基于这两次调查所获取的悬浮体资料, 研究了南黄海及东海北部海域近期春、秋季悬浮体的平面分布特征及本区海流对悬浮体分布和运移的影响。

1 研究方法

本次研究分春季 (4 月)、秋季 (9 月), 两次搭乘国家海洋局北海分局海监大队的“海监 22”号监测船, 对南黄海及东海北部 29°~37°N, 119°~125°E 之间的海域进行了海上资料的采集。根据水深及现场实际情况, 每个测站测量 1~5 层水样不等, 春季航次共完成 85 个站点, 获取水样 342 个; 秋季航次共完成 78 个站点, 获取水样 309 个 (图 1)。整个实验过程是严格按照 GB/T13909-92 海洋调查规范中有关海洋地质地球物理调查的标准来进行的。

采到的水样立即用负压抽滤法经预先称质量的滤膜抽滤并洗盐, 滤膜采用孔径为 0.45 μm 的进口滤膜, 并按 20% 设置校正膜。各层水样抽滤量在 500~5 000 mL 间, 平均抽滤量为 2 000 mL。过滤后的滤膜冷冻保存, 在航行结束后进行室内的实验室处理。

收稿日期: 2004 - 07 - 21; 修回日期: 2005 - 02 - 18

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40176021); “HY - 1 卫星辐射校正与真实性检验分系统”项目

作者简介: 刘芳 (1979 -), 女, 湖南沅江人, 硕士研究生, 研究方向: 遥感与地理信息系统, 电话: 13626393043, E-mail: liufangfly_79@163.com

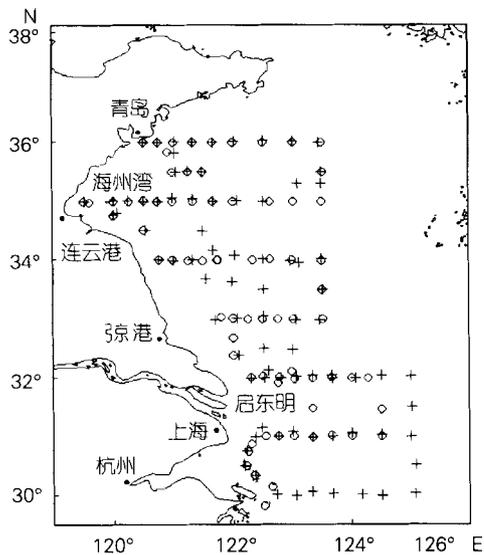


图1 研究区及各航次站位分布

Fig.1 Study area and distribution of survey stations

+代表春季站位; ◇代表秋季站位

+denote stations in spring; ◇denote stations in autumn

冷却-称质量的过程,直至前后两次称质量的误差在0.01 mg之内。烘干时采用40℃恒温,称质量的电子天平精度为0.01 mg。

经过实验室处理后得到研究区春、秋两季各站位的悬浮体质量浓度。

2 春、秋季黄东海悬浮体的分布

2.1 春季研究区悬浮体平面分布特征

图2为研究区春季悬浮体平面分布图,其中虚线表示海流方向(A为黄海暖流、B为黄海沿岸流、C为闽浙沿岸流、D为台湾暖流)。表层悬浮体质量浓度的高值区位于杭州湾外(图2a),其值大于500 mg/L,最高值达1762 mg/L,出现在杭州湾外;苏北浅滩弭尚港外海域为悬浮体质量浓度次高值区,其质量浓度范围大于200 mg/L;南黄海中部及杭州湾外31°N, 123°E以东海域为低值区,悬浮体质量浓度小于2 mg/L。悬浮体质量浓度总体变化趋势是由沿岸向外海方向递减。

底层悬浮体的分布趋势和表层基本一致,但其质量浓度增大,达到表层的5~10倍(图2b)。杭州湾外高值区的悬浮体质量浓度大于600 mg/L,最高值

冷冻保存的滤膜在室内实验室中要经过多次烘干-

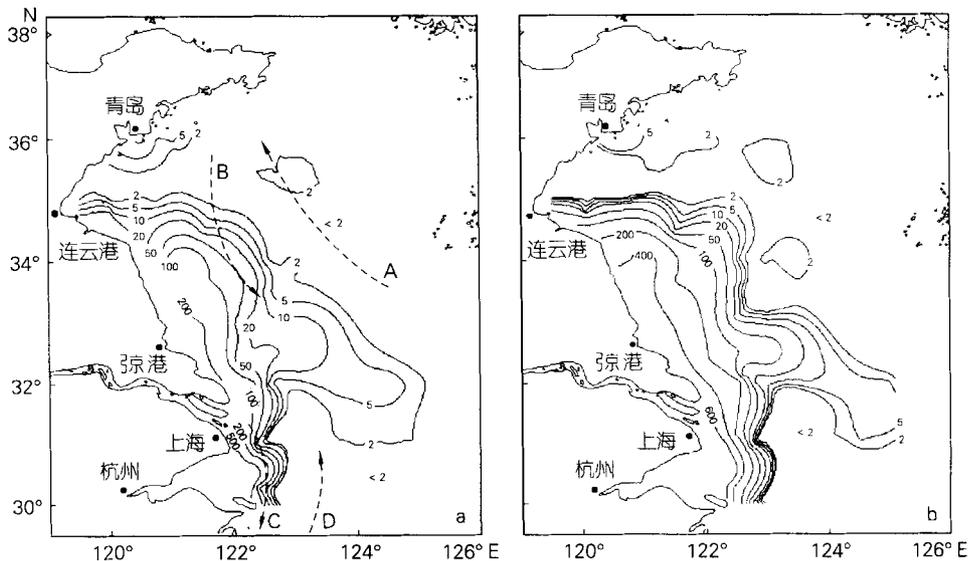


图2 春季研究区表层(a)及底层(b)悬浮体质量浓度的平面分布

Fig. 2 Distribution of suspended matter on the surface(a) and bottom(b) of study area in spring

(2 314 mg/L) 位于杭州湾外; 苏北浅滩的底层悬浮体质量浓度增至 400~600 mg/L; 南黄海中部及杭州湾外 31°N, 123°45'E 以东海域的悬浮体质量浓度依然很低, 小于 2 mg/L。

在表层和底层的悬浮体质量浓度分布图上都可以清楚地看到, 春季, 长江口及杭州湾外为悬浮体质量浓度高值区, 向海其值迅速降低, 至 123°E 以东海域减少至 2 mg/L 以下。可见, 长江及钱塘江携带入海的悬浮泥沙均在河口附近迅速沉降。苏北浅滩较高悬浮体质量浓度的水体呈舌状沿东南方向延伸, 最远达到 31°N, 125°E。

2.2 秋季研究区悬浮体平面分布特征

图 3 为研究区秋季悬浮体平面分布图, 其中虚线为海流方向 (A 为南黄海环流、B 为黄海暖流、C 为长江冲淡水)。表层悬浮体质量浓度高值区出现在苏北浅滩而不是杭州湾 (图 3a), 其质量浓度大于 20 mg/L, 最高值仅为 23.85 mg/L; 南黄海中部及杭州湾外 30°N, 124°E 以东海域为悬浮体质量浓度低值区, 其质量浓度小于 1 mg/L。悬浮体质量浓度总体变化趋势是由沿岸向外海方向递减。长江口东面 124°E 附近海域有一悬浮体质量浓度相对较高的区域。

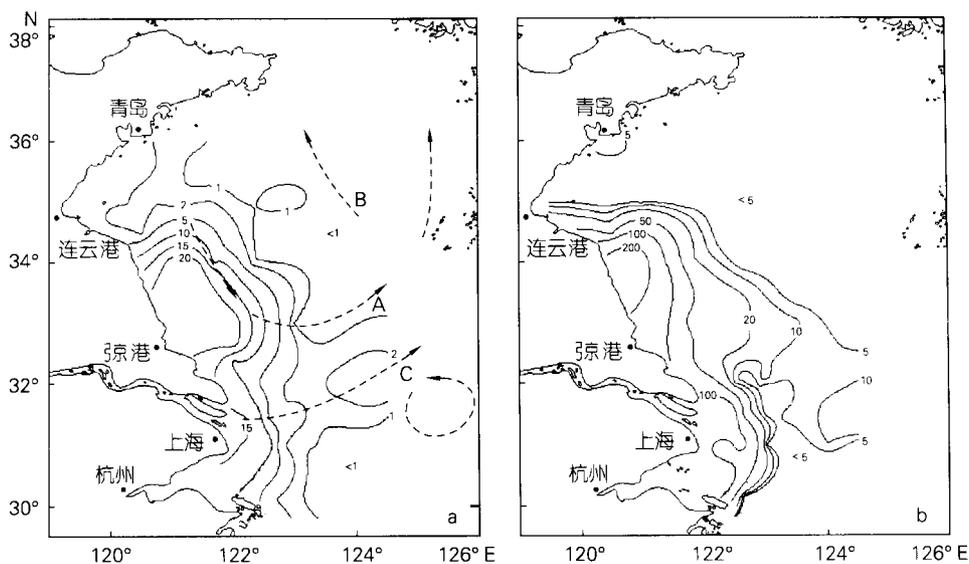


图 3 秋季研究区表层(a)及底层(b)悬浮体质量浓度平面分布

Fig. 3 Distribution of suspended matter on the surface(a) and bottom(b) of study area in autumn

秋季底层悬浮体质量浓度达到表层的 10 倍左右 (图 3b)。悬浮体质量浓度高值区位于苏北浅滩, 其值大于 200 mg/L, 最高达 336.5 mg/L; 低值区范围与表层基本一致, 悬浮体质量浓度小于 5 mg/L; 长江口东面 124°E 附近海域同样有一悬浮体质量浓度相对较高的区域。

可见, 在秋季, 苏北浅滩是本海域悬浮体质量浓度的高值区, 悬浮体分布由沿岸向外海扩散, 向北不超过 35°N, 向东南方向运输的相对高质量浓度水舌

仅在底层有所显示, 且不如春季明显; 长江口外 124°E 附近有一相对高值水舌伸入本区。

3 海流对研究区悬浮体分布的影响

以往的研究表明, 黄、东海海域悬浮体质量浓度的分布具有明显的季节性^[2,3], 冬、夏两季分别为悬浮体质量浓度最多和最少的两个季节, 春、秋两季则为过渡季节, 这主要是研究区的气候条件影响所致^[2]。苏北浅滩老黄河沉积物的侵蚀、海底沉积物再

悬浮以及长江等河流的入海泥沙是研究区悬浮体的主要来源^[2]，吴晓涛研究认为，潮流是决定本海域悬浮体平面分布的主要影响因子^[4]。作者重点探讨的是海流对研究区悬浮体平面分布的影响。

3.1 春季海流对悬浮体分布的影响

据黄海海流研究分析，研究区在春季的主要海流包括：黄海中部北上的黄海暖流、黄海两侧南下低温低盐的沿岸流、长江冲淡水在强劲偏北风驱动下顺岸南下形成的闽浙沿岸流、以及台湾北部北上的台湾暖流^[5,6]，见图 2a。

春季，黄海暖流沿东南-西北方向进入黄海中部^[7]，表层暖水团前沿达到约 34°45' N，122°30' E，底层暖水团前沿达到约 34°30' N，123° E（图 1），其水团边缘线与 2 mg/L 等值线形态基本一致，可见，苏北浅滩高质量浓度悬浮体向东面的运移受到了黄海中部北上暖流的阻隔，再加上南黄海中部随着水深加大海浪对底作用的减小，使得南黄海中部海域为悬浮体质量浓度的低值区。同时，台湾暖流由东南-西北向进入本区，其最前缘可达到长江口外海域，由于其北向的作用，使得苏北悬浮体不能进一步向南扩散，而是在约 32° N，123° E 附近拐向东南，呈舌状沿东南方向往深海运移。

长江入海悬浮泥沙除沉降在口门附近海域外，大部分在沿岸流的携带下到达杭州湾，参与杭州湾的环流并随潮运移^[8]，其影响可达舟山岛附近。如舟山外测站 63（30°20' N，122°22' E）和 64（30° N，122°43' E），前者悬浮体质量浓度表层 120.5 mg/L、底层 548.4 mg/L，后者就减少到表层 4.3 mg/L、底层 29 mg/L。长江水沙的参与使得春季悬浮体质量浓度最高值不在长江口，而是出现在杭州湾。由台湾海峡北上的台湾暖流及其与东海混合水可以达到杭州湾及长江口外，影响了这里悬浮泥沙向东的进一步扩散。如与 64 号测站相邻的 65 号（30° N，123°2' E）测站，悬浮体质量浓度仅达到表层 0.6 mg/L，底层 2.6 mg/L，可见长江口及杭州湾悬浮泥沙基本都在近岸沉降，少部分随沿岸流向南输运，而不能到达外海。

3.2 秋季海流对悬浮体分布的影响

秋季，研究区主要海流及海流方向都与春季有所不同：苏北地区南下的沿岸流在约 33°N 附近转向东并与黄海东侧北上的沿岸流构成南黄海一个大的逆时针方向的气旋式环流；黄海暖流较春季弱，且其流轴偏东^[9]；长江冲淡水不再顺岸而下，而是流向东北

方向的济洲岛；同时在 30°~32° N，124°~126° E 存在一个小的逆时针方向的气旋式环流^[6]，见图 3a。

秋季黄海中部的北向暖流减弱，且其流轴较春季偏东，对苏北高悬浮体向外海的运移影响降低，但是对比图 2 和图 3，发现南黄海中部仍然是悬浮体质量浓度低值区，出现这种情况，作者认为一个原因是因为苏北近岸秋季悬浮体质量浓度要远低于春季，使得其向外海的扩散范围相对减小；另一个原因是因为这一区域悬浮体浓度受风浪的影响很大，南黄海中部水深的增大，超过了海浪作用的临界深度，风浪对底作用的减弱使得南黄海中部在春、秋季均为悬浮体质量浓度的低值区。

长江口门外相邻测站 91（31°30' N，122°20' E）与 92（31°30' N，122°40' E），表层悬浮体质量浓度由 14.2 mg/L 降至 1.7 mg/L，底层悬浮体质量浓度由 182.6 mg/L 迅速降至 31.9 mg/L，可见，由于沿岸流的消失，长江入海泥沙不再顺岸南下，而是在口门外迅速扩散沉降，因此长江冲淡水只在盐度上区别于海水。同时，由于近岸水深浅，在潮流与海浪的作用下近底悬浮体质量浓度高，可以达到表层质量浓度的 10 倍以上，这在长江口附近表现最为明显。

秋季在 32°N，124°E 附近出现伸入研究区内相对高悬浮体质量浓度的水舌，作者认为是由位于 30°~32° N，124°~126° E 海域逆时针方向的气旋式小环流造成的。

4 结论

综合研究区春、秋季悬浮体平面分布图及主要海流分布图可以看出，研究区春季悬浮体质量浓度高于秋季，海流是影响研究区春、秋季悬浮体分布及运移的主要因素。春季悬浮体质量浓度高值区位于杭州湾外，苏北浅滩为次高值区，其悬浮体在黄海沿岸流、黄海暖流及台湾暖流的共同作用下呈西北-东南舌状向深海运移。悬浮体质量浓度减少以及主要海流的改变使得秋季悬浮体质量浓度分布格局不同于春季，悬浮体质量浓度高值区不再位于杭州湾而是出现在苏北浅滩，并以苏北浅滩高值区为中心向外海扩散。由于海底地形在一定的条件下控制了海浪作用的临界深度，使得南黄海中部深水区受海流影响较小，在春秋两季均为悬浮体质量浓度低值区。长江及杭州湾悬浮泥沙春、秋两季均在近岸迅速沉降，基本不能到达

123°30'E 以东的海域。

参考文献：

- [1] Milliman J D, Li Fan, Zhao Yi-yang, *et al.* Suspended matter regime in the Yellow Sea [J]. *Prog Oceanog*, 1986, 17: 215 - 227.
- [2] 秦蕴珊, 李凡, 徐善民, 等. 南黄海海水中悬浮体的研究 [J], 海洋与湖沼, 1989, 20 (2): 101 - 112.
- [3] 杨作升, 郭志刚, 王兆祥, 等. 黄东海陆架悬浮体向其东部深海区输送的宏观格局[J]. 海洋学报, 1992, 14 (2): 81 - 89.
- [4] 吴晓涛. 南黄海海水中悬浮体分布的水动力因素统计分析[J]. 海洋科学, 1995, 1: 59 - 63.
- [5] 汤毓祥, 邹娥梅. 南黄海环流的若干特征[J]. 海洋学报, 2000, 22 (1): 1 - 16.
- [6] 林葵, 汤毓祥, 郭炳火, 黄海、东海表、上层实测流分析[J]. 海洋学报, 2002, 24 (2): 9 - 19.
- [7] 张启龙, 翁学传, 杨玉玲. 南黄海春季水团分析[J]. 海洋与湖沼, 1996, 27 (4): 421 - 428.
- [8] 陈吉余, 陈沈良, 丁平兴, 等. 长江口南汇水下沙咀的泥沙输移途径[J]. 长江流域资源与环境, 2001, 10 (2): 166 - 172.
- [9] 许东禹, 刘锡清, 张训华, 等. 中国近海地质[M]. 北京: 地质出版社, 1997. 41 - 46.

Distribution of suspended matter on the Yellow Sea and the East China Sea and effect of ocean current on its distribution

LIU Fang^{1,2}, HUANG Hai-jun¹, GAO Ang^{1,2}

(1. Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Received: Jul., 21, 2004

Key word: the Yellow Sea and the East China Sea; suspended matter; surface distribution; ocean current

Abstract: The concentration data of total suspended matter (TSM) in the southern Yellow Sea and the northern East China Sea were collected in April and September, 2003. According to the information of TSM and ocean current, this paper got the distributions of surface and bottom of suspended matter in the study area, and analyzed the connection between them. The analysis result shows that the concentration of TSM in spring is higher than that in autumn. Because of the affection of the Yellow Sea Longshore Current, the Yellow Sea Warm Current and the Taiwan Warm Current, suspended matter of Subei has been transported from northwest to southeast in spring. And in autumn, suspended matter diffused from Subei which is the highest concentration of TSM to open sea. The suspended matter coming from the Yangtze Estuary and Hangzhou Bay can not cross to the east of 123°30'E both in spring and autumn.

(本文编辑：刘珊珊)