

2013 年夏秋季黄、渤海悬浮颗粒物粒径分布特征

吴昊^{1,2}, 丘仲锋^{2,3}, 张艳萍¹, 孙德勇^{2,3}, 王胜强^{2,3}

(1. 南京信息工程大学 电子信息工程学院, 江苏 南京 210044; 2. 南京信息工程大学 海洋科学学院, 江苏 南京 210044; 3. 江苏省海洋环境探测工程技术研究中心, 江苏 南京 210044)

摘要: 悬浮颗粒物及粒径是水质重要参数, 研究其分布特征有助于加深对海洋生态环境的了解。利用 2013 年 6 月和 2013 年 11 月 LISST-100 观测数据, 研究了黄、渤海区域悬浮物粒径和浓度的分布情况, 浓度分布整体上近岸高远岸低, 粒径分布呈现近岸细远岸粗的特征, 季节分布特征明显。通过典型断面分析发现, 悬浮物粒径和浓度随着水深变化明显, 连续站数据分析结果表明, 大风对底层颗粒物的再悬浮作用显著, 潮流对悬浮物的时空分布有着重要影响; 水体衰减系数随着体积浓度变化明显。此外, 还研究了悬浮颗粒物粒径 Junge 分布在黄、渤海区域的适用性。

关键词: 黄、渤海; 悬浮物; 粒径分布; 体积浓度分布; LISST-100

中图分类号: P733.3

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2015)12-0091-09

doi: 10.11759/hyxx20141219002

水体中的悬浮颗粒物包括有机颗粒物和无机颗粒物^[1-2], 无机颗粒物中的大颗粒泥沙易沉降并淤积, 对航道、海岸工程造成影响, 而有机颗粒物中的悬浮藻类漂浮于水中, 直接影响光束穿透^[3], 进而影响海洋的初级生产力。因此, 监测悬浮颗粒物、研究其粒径的时空变化特征是非常必要的。

国外学者在悬浮颗粒粒径分布的监测和反演方面已经开展了大量的研究。Winterwerp^[4]提出了细颗粒的絮凝、沉降和再悬浮等动力过程与颗粒粒径的大小具有直接关系; Bowers 等^[5]基于前人的工作, 利用单位散射系数与悬浮颗粒粒径之间的关系, 建立了颗粒物中值粒径的遥感反演模型; Lee 等^[6]基于 Bowers 等^[5]的方法, 利用 MODIS 月平均数据产品, 分析研究爱尔兰海悬浮颗粒浓度、粒径及其动力特征的时空变化。

国内学者已经开展了一些关于悬浮颗粒粒径时空分布的研究, 主要是基于现场观测资料。张志忠^[7]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, 并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; 李伯根等^[8]基于实测的悬沙粒径观测资料, 分析研究椒江河口最大浑浊带悬沙粒径分布的区域变化; 王爱军等^[9]分析研究 2003 和 2004 年枯季在长江口测量的悬沙浓度和粒度数据, 发现 2003 年 11 月小潮期间和 2004 年 2 月大潮期间, 中值粒径(D_{50})与悬沙浓度之间存在显著的指数关系; 虞兰兰等^[10]分析了黄、东海悬

浮物的 LISST-100(Laser In-Site Scattering and Transmissometry)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; 沈芳等^[11]以长江口和黄河口的悬浮泥沙颗粒物作为研究对象, 基于实测数据集和 Mie 散射理论, 分析了悬浮物粒径与后向散射系数、遥感反射率的定量关系, 其研究结果可为河口二类水体悬浮物遥感建模及悬沙粒径在遥感模型中的参数化提供依据。

上述研究对悬浮颗粒物粒径的性质进行了初步介绍, 但对于整个黄、渤海不同季节悬浮颗粒物粒径的分布特征以及悬浮颗粒物粒径与水体光学参数的关系, 尚缺乏深入了解^[12]。本文针对这个问题, 利用两个航次的观测数据, 分析了黄、渤海悬浮颗粒物粒径夏季和秋季分布特征。

1 数据与方法

1.1 观测站位

用 LISST-100 现场激光粒度仪分别于 2013 年 6 月

收稿日期: 2014-12-19; 修回日期: 2015-02-04

基金项目: 国家自然科学基金(41276186); “全球变化与海气相互作用”专项资助(GASI03030101); 南京信息工程大学人才启动基金资助(2243141501007); “江苏高校优势学科建设工程资助项目(PAPD)”资助; 国家海洋公益性行业专项(201005030)

作者简介: 吴昊(1990-), 男, 安徽滁州人, 硕士生, 从事海洋水色遥感研究, 电话: 18751976457, E-mail: 18751976457@163.com; 丘仲锋, 通信作者, 教授, 从事海洋光学与水色遥感等方面研究, E-mail: zhongfeng.qiu@nuist.edu.cn

和 2013 年 11 月两个航次对黄、渤海区域 16 个断面进行了悬浮物浓度和粒径的测量, 其中黄海 11 个, 渤海 5 个。夏季共测量了 86 个站, 秋季共测量了 88 个站, 其中秋季测量了 2 个连续站(图 1)。

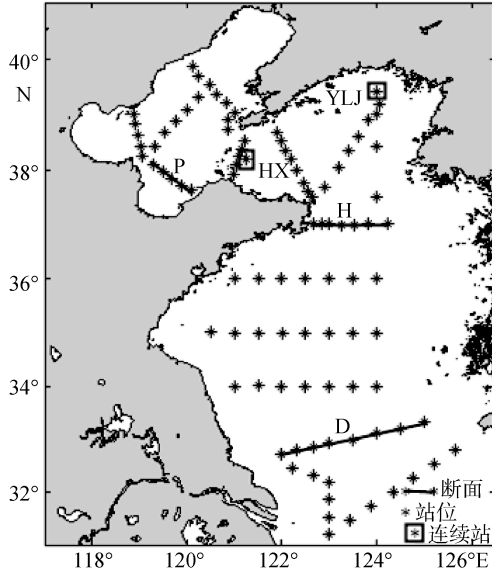


图 1 航次调查站位图

Fig.1 Voyage survey stations

1.2 观测仪器及方法

本实验所使用的观测仪器为 LISST-100C 现场激光粒度仪。它的原理是激光的衍射, 光线照射到粒子上以后衍射光线绕过粒子, 通过一个凸透镜聚焦到一个由 32 个圆环构成的光敏二极管检测器上, 根据每个探测环上接收到的能量换算出该尺寸粒子的浓度, 32 级粒子的浓度总和就是悬浮物的总浓度。LISST-100 运用 Mie 散射理论, 可以区分 32 个呈对数分布的粒径, 测量范围为 2.5~500 μm , 并可给出每个粒级的体积浓度。

观测船每到一个站位, 使用 LISST-100 专用软件激活仪器, 打开触发式开关, 将 LISST-100 仪器下放, 仪器每一秒钟测量一次。下放过程中需先在表层短暂停留一段时间进行温盐校正, 然后缓慢下放至底层, 最后上提仪器直至出水面, 关闭开关。获取原始数据(.DATE)后, 利用 LISST-100 专用软件去除用纯净水对仪器进行矫正的背景噪声(.asc), 将原始数据处理为粒径分布数据(.psd), 最后将它转换为二进制(.asc), 导入 excel 表格内(42 列)。本文所使用的数据为第 42 列的衰减系数以及前 32 列不同粒径粒子的体积浓度, 将前 32 列数据求和即得到悬浮物总的

体积浓度。将该 32 列数据从较小粒径对应的体积浓度值开始相加, 当所加的和等于总的体积浓度值的一半时停止, 此时所对应的粒径即为中值粒径 D_{50} 。根据第 37 列水深数据选取水面以下 1 m 作为表层数据, 仪器下放的最大的水深为底层数据(一般距离水底 3 m 左右)。在此将颗粒物近似为球体, 则尺寸间隔为 $D \pm 0.5\Delta D$, D 表示对应的粒径大小, ΔD 表示每个粒级的尺寸范围, 32 个不同粒级的体积浓度 V 见公式(1), N 表示每单位尺寸、单位体积浓度内的粒子个数(个/($\text{m}^3 \cdot \mu\text{m}$)), 单位体积内所含粒子个数为

$$V(D) = N'(D)(\pi D^3 / 6) \quad (1)$$

$$N(D) = N'(D) / \Delta D \quad (2)$$

2 结果与讨论

2.1 黄、渤海悬浮物整体分布

2.1.1 悬浮物浓度分布

夏季表层体积浓度(图 2a)在渤海区域的值为 10~30 $\mu\text{L/L}$, 北黄海区域的值为 5~10 $\mu\text{L/L}$, 南黄海区域的值为 10~50 $\mu\text{L/L}$; 夏季底层体积浓度(图 2b)在渤海区域的值为 80~200 $\mu\text{L/L}$, 北黄海区域的值为 8~20 $\mu\text{L/L}$, 南黄海区域的值为 40~300 $\mu\text{L/L}$ 。秋季表层体积浓度(图 2c)在渤海区域的值为 40~60 $\mu\text{L/L}$, 北黄海区域的值为 8~20 $\mu\text{L/L}$, 南黄海区域的值为 20~200 $\mu\text{L/L}$; 秋季底层体积浓度(图 2d)在渤海区域的值为 40~100 $\mu\text{L/L}$, 北黄海区域的值约为 30 $\mu\text{L/L}$, 南黄海区域的值为 40~250 $\mu\text{L/L}$; 长江口、黄河口以及鲁苏沿岸夏秋两季均维持较高的浓度值, 海区近岸浓度明显高于远岸, 渤海海峡在夏季表层浓度值较高, 可达到 150 μL , 南黄海 D 断面附近区域夏秋两季均出现浓度高值区。

综上, 海区浓度分布基本为秋季比夏季高(渤海海峡表层和近济州岛底层例外), 近岸浓度高, 远岸浓度低; 渤海海域的浓度明显高于黄海远岸海域的浓度; 近底层的悬浮物浓度比上层高^[13]。

2.1.2 悬浮物粒径分布

夏季表层粒径(图 3a)在渤海区域的值为 150~250 μm , 北黄海区域的值为 150~300 μm , 南黄海区域的值为 250~300 μm ; 夏季底层粒径(图 3b)在渤海区域的值为 80~150 μm , 北黄海区域的值为 80~200 μm , 南黄海区域的值为 50~100 μm 。秋季表层粒径(图 3c)在渤海区域的值为 40~150 μm , 北黄海区域的值为 100~250 μm , 南黄海区域的值为 40~200 μm ; 秋季底

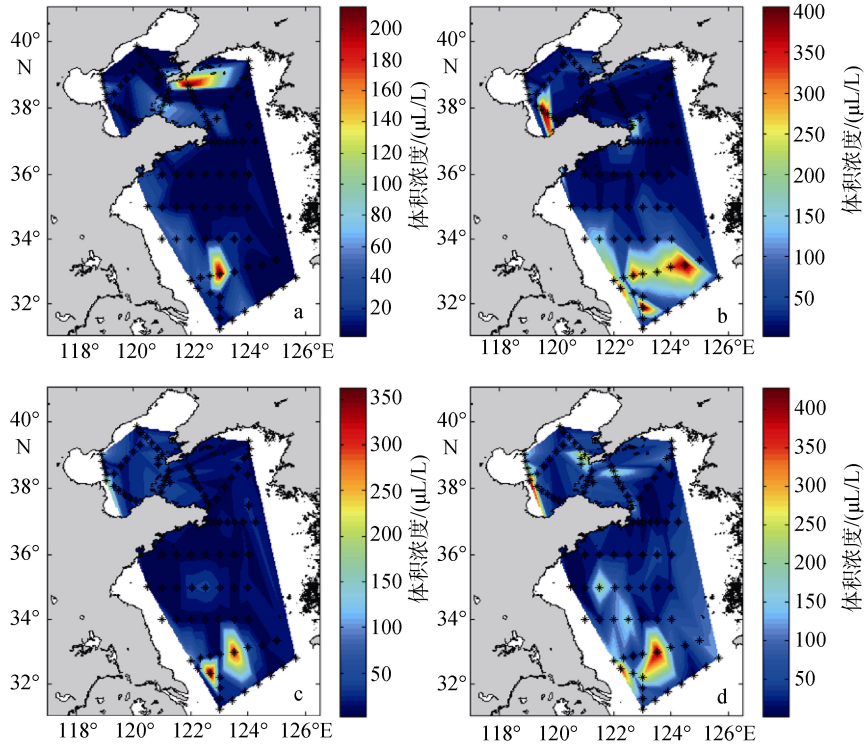


图 2 黄、渤海悬浮物浓度分布图

Fig.2 Yellow and Bohai suspension concentration distribution

a: 夏季表层; b: 夏季底层; c: 秋季表层; d: 秋季底层

a: summer surface; b: summer bottom; c: autumn surface; d: autumn bottom

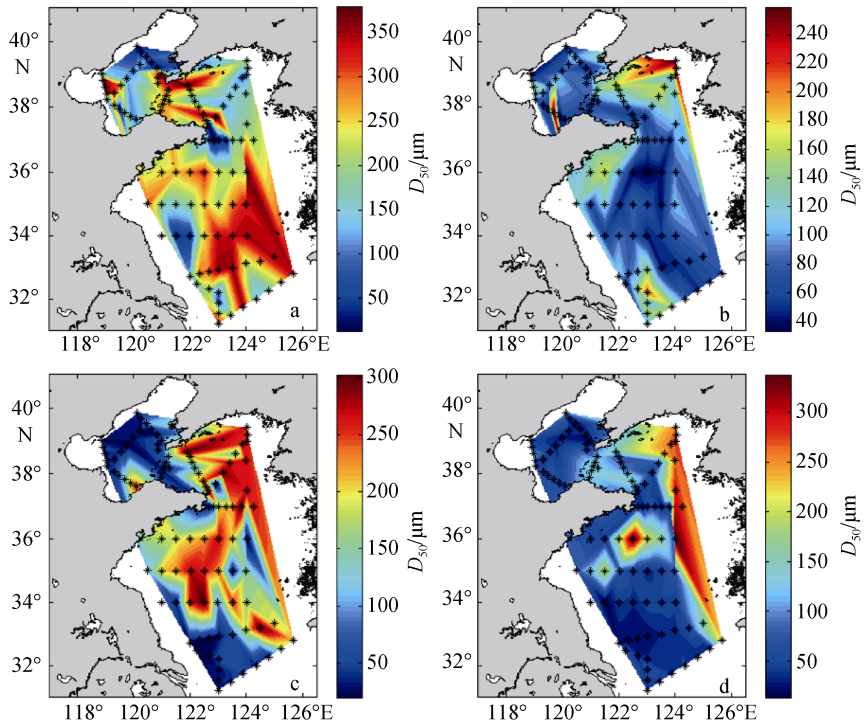


图 3 黄、渤海悬浮物中值粒径分布图

Fig.3 Yellow and Bohai suspension median particle size distribution

a: 夏季表层; b: 夏季底层; c: 秋季表层; d: 秋季底层

a: summer surface; b: summer bottom; c: autumn surface; d: autumn bottom

层粒径(图 3d)在渤海区域的值为 40~60 μm , 北黄海区域的值约为 60~200 μm , 南黄海区域的值为 40~200 μm ; 黄海近岸粒径值明显小于远岸。

综上, 粒径分布特征可概括为表层近岸细, 远岸粗; 夏季上层粒径比下层大, 并且比秋季大; 秋、夏两季表层粒径均大于底层粒径, 这与青松^[14]的研究成果一致。

2.2 断面分布

为了更好地研究黄、渤海区域浓度及粒径随着水深的变化趋势, 在此选取了渤海(P)、北黄海(H)和南黄海(D)3 个典型断面进行分析, 如图 1 所示。

2.2.1 浓度分布

断面 P 夏季浓度(图 4a, 图中底层表示仪器测量的最大水深)分布变化不大, 分布区间为 4~16 $\mu\text{L/L}$ 。秋季浓度(图 4b)高于夏季, 近岸浓度(30~40 $\mu\text{L/L}$)高

于远岸(10~15 $\mu\text{L/L}$), 且分布比较均匀; 断面 H 夏季浓度(图 4c)分布层化现象明显, 近岸底层浓度偏高(20~30 $\mu\text{L/L}$), 远岸底层浓度较小(2~4 $\mu\text{L/L}$)。秋季浓度(图 4d)分布相对均匀, 近岸浓度(20~60 $\mu\text{L/L}$)高于远岸(2~10 $\mu\text{L/L}$), 底层浓度略高于表层; 断面 D 夏季浓度(图 4e)整体偏高, 底层浓度较高(100~250 $\mu\text{L/L}$), 表层相对较低(10~30 $\mu\text{L/L}$), 分布层化现象明显。秋季浓度(图 4f)分布比较均匀, 上下层海水混合的较好, 近岸浓度偏高(50~180 $\mu\text{L/L}$), 远岸浓度较低(5~20 $\mu\text{L/L}$)。

3 个断面悬浮物浓度分布呈现显著的时空差异, 在空间上表现为远岸低、近岸高, 表层低、底层高; 在时间上则是秋季浓度比夏季高(断面 D 底层例外), 且分布比较均匀, 夏季层化现象比较明显。

近岸水深较浅, 受风、波浪和流影响, 水体底层动力比较活跃, 易造成底质的再悬浮, 使得近岸浓

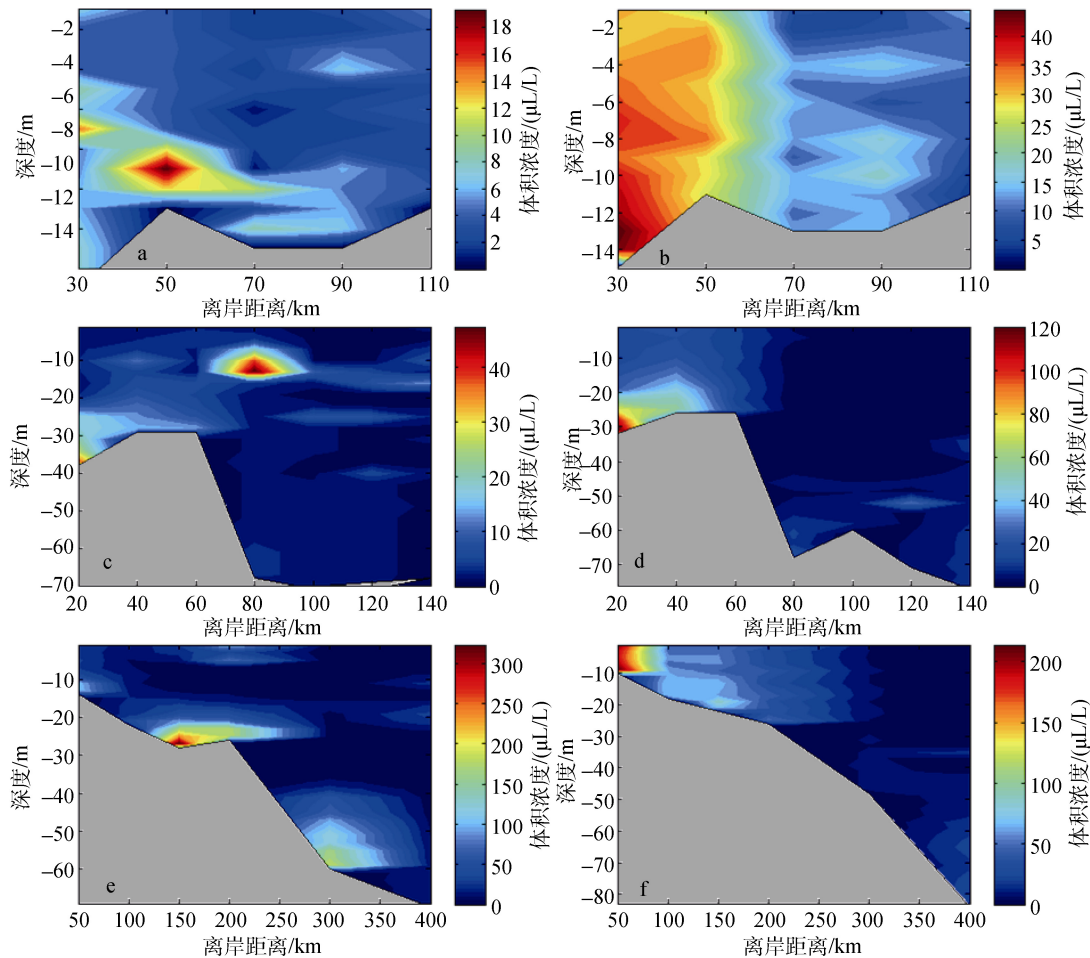


图 4 断面浓度分布图

Fig.4 Sectional concentration distribution

a: 夏季 P; b: 秋季 P; c: 夏季 H; d: 秋季 H; e: 夏季 D; f: 秋季 D
a: summer P; b: autumn P; c: summer H; d: autumn H; e: summer D; f: autumn D

度高于远岸、近岸近底层浓度高于表层；当水深较大时，风和波浪对水体底层动力的影响变小，底质受到扰动产生再悬浮的现象减弱，浓度相应变低(例如 H 断面夏季)。夏季表层 P、H 断面存在浓度高值区漂浮在水体中上层的现象，跟浮游植物的漂浮区域及水深有一定的关系。

秋季浓度比夏季高，可能是由于风导致而成。特例断面 D 底层与本文 3.1.1 节中近济州岛底层的特殊情况相符合。秋季风变大，由于风的驱动，加上温度降低导致表层水体密度变大而下沉，使得上下层水体混合比较均匀；夏季则由于有跃层的存在，表、底层水体交换不畅，所以夏季垂向分布不均，层化现象较明显(例如 P 断面)。

2.2.2 粒径分布

断面 P 夏季(图 5a)粒径分布比较均匀，近岸底层粒径较小(30 μm)，远岸表层粒径较大(300 μm)。秋季(图 5b)粒径分布分层明显，近岸粒径较小(50 μm)，

远岸表层(140~200 μm)粒径大于底层(50 μm)，夏季粒径大于秋季粒径；断面 H 夏(图 5c)、秋(图 5d)两季粒径分布均为近岸粒径较小，远岸表层粒径大于底层粒径，夏秋两季粒径无明显的大小变化；断面 D 夏季(图 5e)粒径分布为近岸粒径较小，远岸表层粒径大于底层粒径。秋季(图 5f)粒径分布为近岸粒径较小(20 μm)，远岸底层(20 μm)粒径小于表层(200 μm)，夏季粒径大于秋季粒径。

3 个断面悬浮物粒径的空间分布呈现近岸粒径小、远岸大的特点。时间上与悬浮物浓度类似，秋季粒径垂向分布更加均匀，夏季则主要是层化分布。此外，从图 5 可以看出，夏季上层粒径比下层大，也比秋季粒径大，与虞兰兰^[10]2011 年研究成果一致。

由于近岸水深较浅，较活跃的底层动力导致底质再悬浮作用显著，而再悬浮物质中小粒径占优^[15]，因此使得近岸悬浮物粒径比远岸小(例如 D 断面夏季)。

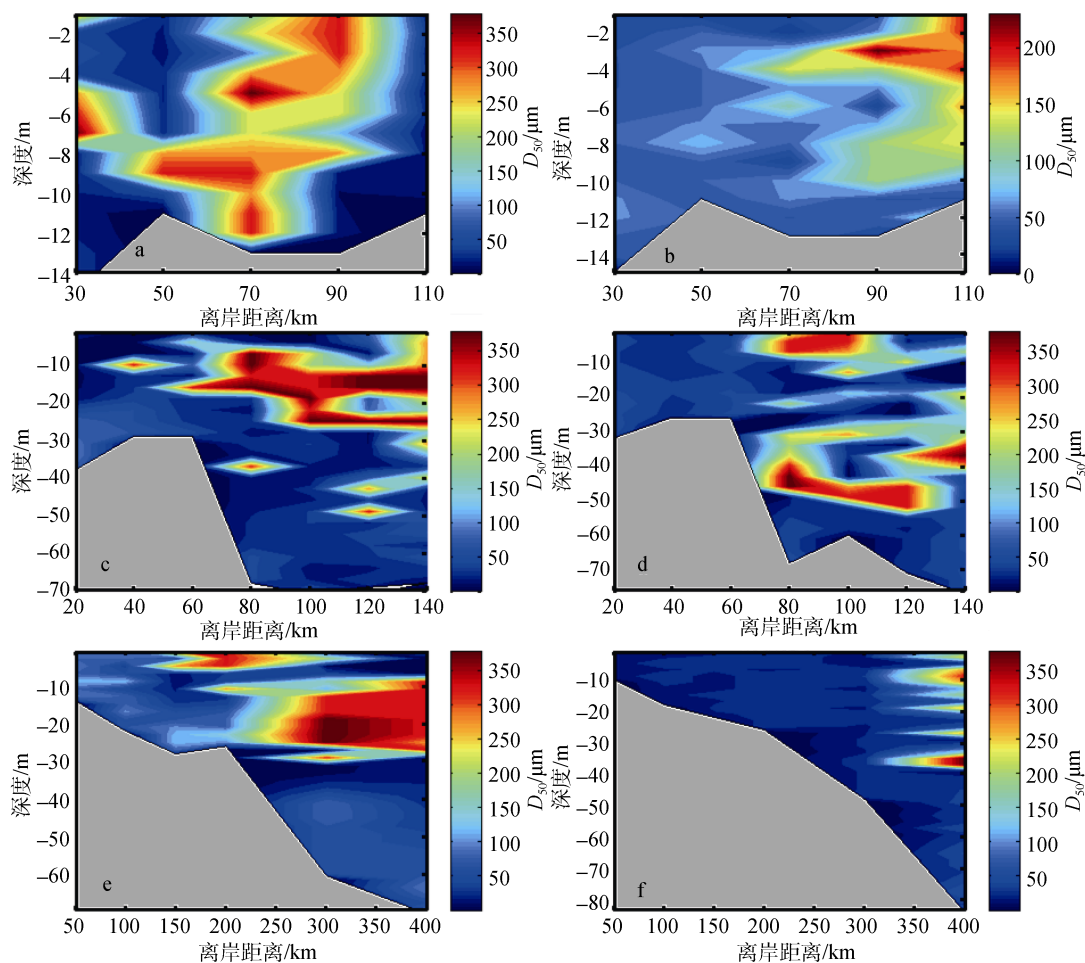


图 5 断面中值粒径 D_{50} 分布图

Fig.5 Median particle size distribution of the section

a: 夏季 P; b: 秋季 P; c: 夏季 H; d: 秋季 H; e: 夏季 D; f: 秋季 D
a: summer P; b: autumn P; c: summer H; d: autumn H; e: summer D; f: autumn D

2.3 连续站

秋季航次在渤海海峡和鸭绿江两处设置了两个连续站, 分别是 HX 和 YLJ(图 1), 水深分别为 22 m 和 47 m, 期间恰逢大风, 起风前风速范围是 5~8 m/s, 而连续站期间的风速达到 12~18 m/s。

HX 站表、底层中值粒径(图 6b)在起风前夕分别为 78 μm 和 122 μm , 起风后粒径均变小; YLJ 站表、底层体积浓度(图 6c)起风前夕分别为 6 $\mu\text{L/L}$ 和 4 $\mu\text{L/L}$, 起风后体积浓度均明显增加。由此可推断: 在一定的

水深范围内, 大风可导致底层细小颗粒物再悬浮, 从而改变悬浮物的空间分布格局。这与崔廷伟等^[16]研究结果相一致, 即大风在短时间(1~3 d)可改变悬浮物的空间分布格局, 尤其是底层。

从图 6 还可以看出, YLJ 站的粒径及体积浓度均出现约 12 h 的周期变化特征, 考虑到研究区域的潮型属于半日潮, 可以得出潮流对悬浮物的时空分布有着重要影响, 特别在近岸潮流作用显著的区域。

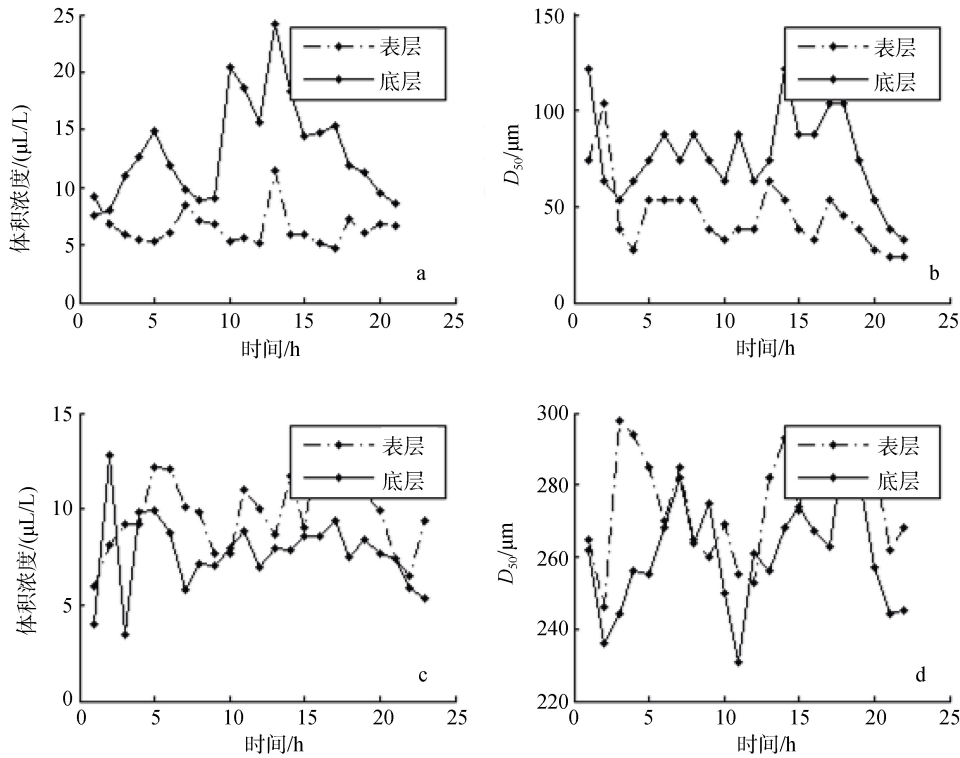


图 6 连续站 HX(a, b)和连续站 YLJ(c, d)的数据

Fig.6 Data from continuous station HX (a, b) and YLJ (c, d)

2.4 衰减系数

衰减系数是衡量水体光场的重要参数, 对于了解水下光场变化具有重要作用, 与水体悬浮物性质密切相关。本文使用的 LISST-100 传感器感应的为 670 nm 波长处的能量^[17], 因此所测衰减系数为 $C_p(670)$ 。

图 7 给出了衰减系数与体积浓度 V_c 及中值粒径的关系(以秋季航次 D2 站点为例), 从中可以看出, V_c 和 $C_p(670)$ 具有很好的一致性, 而 D_{50} 与 $C_p(670)$ 相关性较差, 说明衰减系数与体积浓度密切相关, 受粒径影响较小。此外, 我们取秋季航次 88 个站位的表层 V_c 和 $C_p(670)$ 进行拟合(图 8), 从中也可以看出, V_c 和 $C_p(670)$ 具有显著的正相关性。

2.5 粒径的尺度分布

粒径的尺度分布(PSD)在海洋生态系统研究中被广泛提及, 目前已有一些数学模型用来描述 PSD, 包括 Junge 分布, 高斯分布、对数正态分布和伽玛函数等^[18-20]。相比其它模型, Junge 分布能够更加直接推导出 PSD 的相关特性^[21]。其表达式为

$$N(D) = N_0 \cdot (D/D_0)^{-j} \quad (3)$$

其中, N 表示每单位尺寸、单位体积浓度内的粒子个数(个/($\text{m}^3 \cdot \mu\text{m}$)), D_0 为参考粒径(μm), N_0 表示 D_0 处的 N , j 为粒径分布的斜率(也称为 Junge 指数)。

本文根据实测粒径资料, 计算了 Junge 指数, 以 H2 站为例(图 9), 从中可以看出, 采用 Junge 分布可

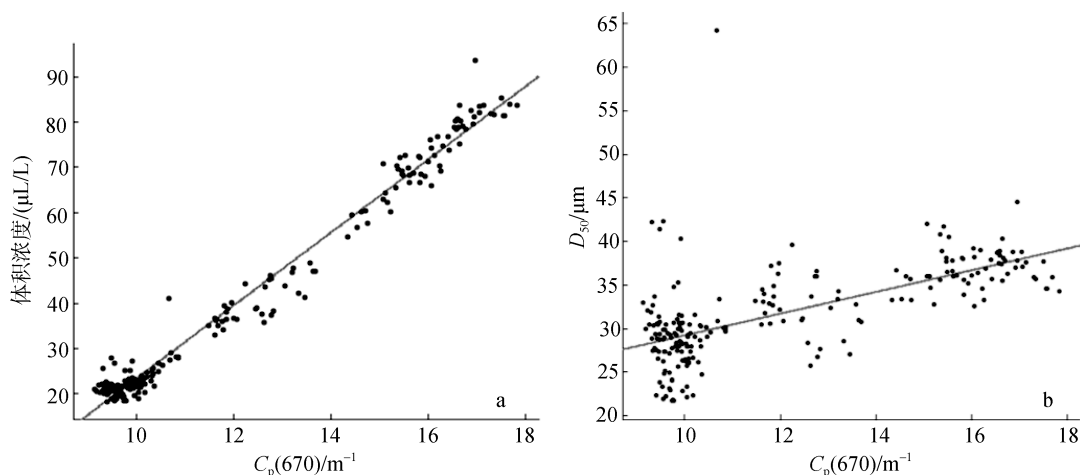


图7 秋季站点 B2 衰减系数与变量的关系图

Fig.7 Autumn station B2 attenuation coefficient and variable

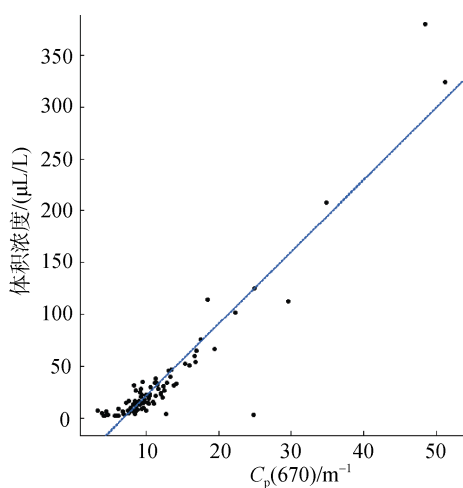


图8 秋季 88 个站点表层衰减系数与体积浓度的关系图

Fig.8 Autumn 88-station attenuation coefficient and surface volume concentration diagram

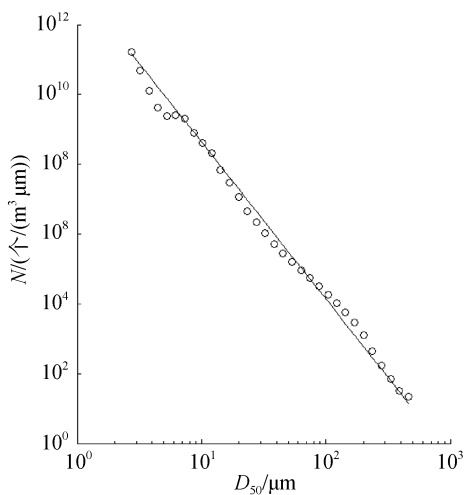


图9 粒径分布的 Junge 分布图(H2 站点)

Fig.9 Junge distribution of particle sizes (H2 station)

以很好拟合 PSD。从 Junge 指数在黄、渤海的分布(图 10)可以看出, 表层 j 值的大小分布区间为 3.5~5, 底层 j 值的大小分布区间为 3~4.5, 其中, 渤海和黄海近岸 j 的取值偏大, 北黄海及南黄海远岸 j 的取值则相对较小。

3 结论

本文研究了黄、渤海区域悬浮物粒径和浓度的整体分布情况, 还分析了渤海、北黄海和南黄海 3 个典型断面的悬浮物粒径和浓度随着水深的变化趋势; 根据连续站数据分析大风对底层颗粒物的再悬浮作用以及潮流对悬浮物时空分布的影响; 研究了衰减系数与体积浓度及中值粒径之间的关系; 探讨了 Junge 分布在黄、渤海区域的适用性。得出以下结论:

- 1) 黄、渤海悬浮物浓度分布特征基本为秋季比夏季高(少数区域例外), 近岸浓度高, 远岸浓度低; 近底层的悬浮物浓度比上层浓度高。粒径分布特征为表层近岸细, 远岸粗; 夏季上层粒径比下层大, 并且比秋季大; 秋、夏两季表层粒径均大于底层粒径。
- 2) 典型断面浓度分布为: 空间上, 近岸高于远岸, 底层高于表层; 时间上, 秋季浓度比夏季高, 分布比较均匀; 夏季层化现象比较明显。粒径分布为近岸粒径小、远岸大; 时间上, 秋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, 也比秋季粒径大。

3) 大风导致底层细小颗粒物再悬浮, 对底层体积浓度和粒径的变化效果明显; 潮流对悬浮物的时空分布有着重要影响, 特别在近岸潮流作用显著的区域。

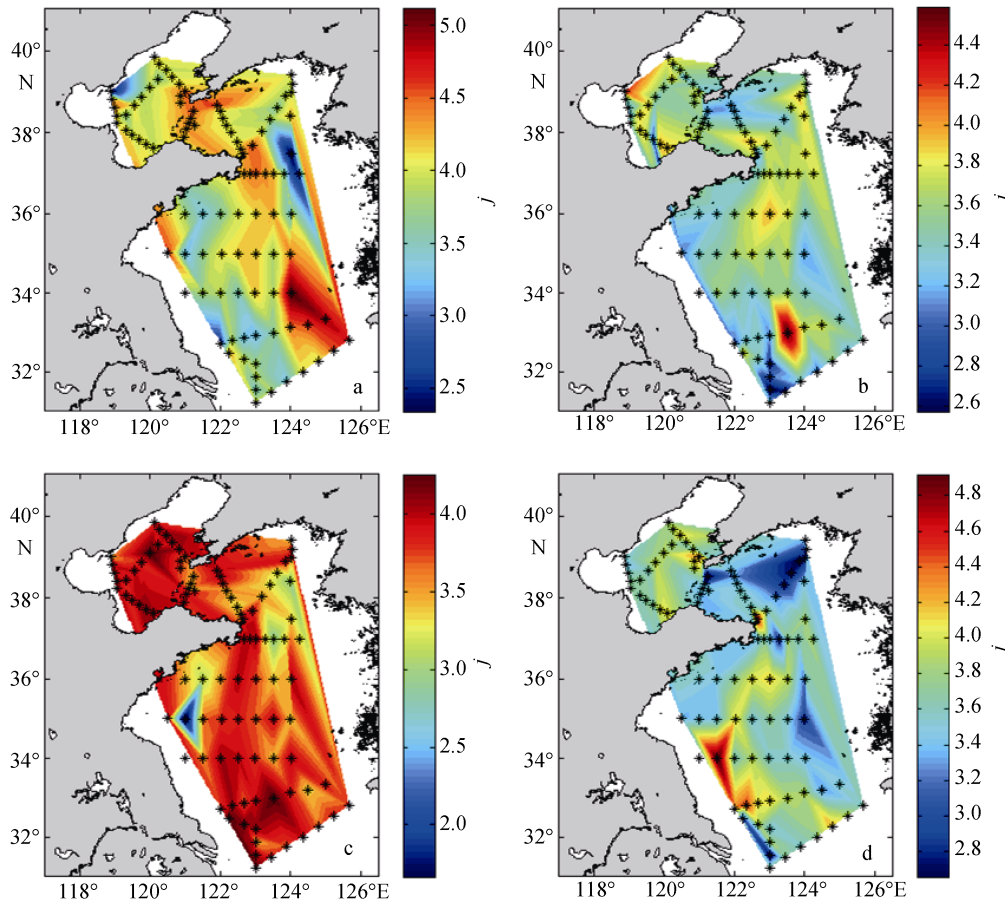


图 10 黄、渤海 Junge 指数 j 的分布图

Fig.10 Yellow, Bohai Junge distribution index of j

a: 夏季表层; b: 夏季底层; c: 秋季表层; d: 秋季底层

a: summer surface; b: summer bottom; c: autumn surface; d: autumn bottom

4) 衰减系数与体积浓度具有显著的正相关性。

5) 黄、渤海区域的粒径分布符合 Junge 分布, Junge 指数 j 与体积浓度和中值粒径之间存在着一定的相关性。这需要以后利用更多有效的实测数据进行验证分析。

致谢: 感谢中科院海洋所、中国海洋大学等单位同仁辛苦的数据采集工作。

参考文献:

[1] Babin M, Morel A, Fournier-Sicre V, et al. Light scattering properties of marine particles in coastal and open ocean waters as related to the particle mass concentration[J]. *Limnology and Oceanography*, 2003, 48(2): 843-859.
 [2] Alpine A E, Cloern J E. Phytoplankton growth rates in a light-limited environment, San Francisco Bay[J]. *Marine ecology progress series*. Oldendorf, 1988, 44(2): 167-173.
 [3] 杨生光, 张坤诚. 海洋“生物学-光学状态”[J]. *海洋*

科学, 1984, (4): 44-47.

[4] Winterwerp J C. On the flocculation and settling velocity of estuarine mud[J]. *Continental Shelf Research*, 2002, 22(9): 1339-1360.
 [5] Bowers D G, Binding C E, Ellis K M, et al. Satellite remote sensing of the geographical distribution of suspended particle size in an energetic shelf sea[J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2007, 27: 457-466.
 [6] Lee E M, Bowers D G, Kyte E, et al. Remote sensing of temporal and spatial patterns of suspended particle size in the Irish Sea in relation to the Kolmogorov micro-scale[J]. *Continental Shelf Research*, 2009, 29: 1213-1225.
 [7] 张志忠. 长江口细颗粒泥沙基本特性研究[J]. *泥沙研究*, 1996, (1): 67-73.
 [8] 李伯根, 谢钦春, 夏小明, 等. 椒江河口最大浑浊带悬沙粒径分布及其对潮动力的响应[J]. *泥沙研究*, 1999, (1): 18-26.
 [9] 王爱军, 汪亚平, 高抒, 等. 长江口枯季悬沙粒度与浓度之间的关系 [J]. *海洋科学进展*, 2005, 23(2): 159-167.

- [10] 虞兰兰, 江文胜, 黄, 东海悬浮细颗粒物浓度和粒径分布变化研究[J]. 海洋与湖沼, 2011, 42(4): 474-481.
- [11] 沈芳, 周云轩, 李九发, 等. 河口悬沙粒径对遥感反照率影响的理论分析与实验观测[J]. 红外与毫米波学报, 2009, 28(3): 168-172.
- [12] 王芳, 李国胜. 海洋悬浮泥沙二元特征参数 MODIS 遥感反演模型研究[J]. 地理研究, 2007, 26(6): 1186-1196.
- [13] Dong L X, Guan W B, Chen Q, et al. Sediment transport in the Yellow Sea and East China Sea[J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2011, 93(3): 248-258.
- [14] 青松. 渤海盐度和悬浮颗粒粒径的遥感反演及应用研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2011.
- [15] 雷坤, 杨作升, 郭志刚, 等. 东海陆架北部泥质区悬浮体的絮凝沉积作用[J]. 海洋与湖沼, 2001, 32(3): 288-295.
- [16] 崔廷伟, 张杰, 马毅, 等. 渤海悬浮物分布的遥感研究[J]. 海洋学报, 2009, 31(5): 10-18.
- [17] Astoreca R, Doxaran D. Influence of suspended particulate concentration, composition and size on the variability of inherent optical properties of the Southern North Sea[J]. Continental Shelf Research, 2012, 35: 117-128.
- [18] Bader H. The hyperbolic distribution of particle sizes [J]. J Geophys Res, 1970, 75: 2822-2830.
- [19] Jonasz M. Particle size distribution in the Baltic [J]. Tellus B, 1983, 35: 346-358.
- [20] Risovic D. Two-component model of sea particle size distribution[J]. Deep-Sea Res, 1993, 40: 1459-1473.
- [21] Reynolds R A, Stramski D, Wright V M, et al. Measurements and characterization of particle size distributions in coastal waters[J]. Journal of Geophysical Research: Oceans (1978–2012), 2010, 115: C08024.

Distribution characteristics of suspended particle size in the Yellow and Bohai Seas in summer and autumn 2013

WU Hao^{1, 2}, QIU Zhong-feng^{2, 3}, ZHANG Yan-ping¹, SUN De-yong^{2, 3}, WANG Sheng-qiang^{2, 3}

(1. College of Electronic & Information Engineering, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China; 2. School of Marine Sciences, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China; 3. Jiangsu Research Center for Ocean Survey Technology, NUIST, Nanjing 210044, China)

Received: Dec., 19, 2014

Key words: Yellow Sea and Bohai Sea; suspended particle size; particle size distribution; volume concentration distribution; LISST-100 instrument

Abstract: The concentration and size of suspended particulate matter are important parameters of water quality because knowledge about the distribution characteristics of these two parameters can yield a better understanding of the marine ecological environment. In this study, we investigated the distributions of the concentration and size of suspended particulate matter in the Yellow and Bohai Seas based on *in situ* data collected during June and November 2013. The results reveal that the concentration decreased from coastal regions to offshore while the size increased, and both showed clear seasonal variations. In addition, the profile distributions of concentration and size showed obvious changes with depth. The analysis results of data measured at a continuous station suggest that the wind significantly influences the re-suspension of bottom particles and that tidal forcing affects the spatiotemporal distributions of particle concentration and size. The attenuation coefficient also significantly changes with the volume concentration of particles. We also examined the applicability of the Junge distribution model in the Yellow and Bohai Seas.

(本文编辑: 李晓燕)