

北海湾悬浮颗粒物的分布及其与环境因子间的关系*

The Migration and Distribution of Suspended Particles in Beihai Bay and Its Relationship to Environmental Factors

何本茂¹, 童万平², 韦蔓新¹

He Benmao¹, Tong Wanping², Wei Manxin¹

(1. 广西红树林研究中心, 广西北海 536000; 2. 广西海洋研究所, 广西北海 536000)

(1. Guangxi Mangrove Research Center, Beihai, Guangxi, 536000, China; 2. Guangxi Institute of Oceanography, Beihai, Guangxi, 536000, China)

摘要: 在北海湾近岸内湾, 设 9 个测站, 选取 4 个有代表性的季度月, 即 1998 年 10 月 (秋季) 和 1999 年 1 月 (冬季)、4 月 (春季)、8 月 (夏季), 采集海水样品分析测定悬浮颗粒物 (SS), 同时还同步测定水温、盐度、pH 值、化学需氧量 (COD)、透明度、叶绿素 a 及 5 种不同形态的氮、磷和溶解性硅, 研究北海湾悬浮颗粒物的分布特征及其与环境因子之间的关系。结果表明, 北海湾悬浮颗粒物含量具有春季较高, 秋季次之, 冬夏季较低分布特点。在陆源影响较小的秋冬季节, 悬浮颗粒物与环境因子之间的关系均不显著; 而在陆源影响较大的春夏季节, 悬浮颗粒物在与盐度、透明度呈显著负相关的同时, 与 COD 和不同形态的氮、磷亦具有显著的正相关关系。

关键词: 悬浮颗粒物 分布特征 环境因子

中图分类号: P731 文献标识码: A 文章编号: 1005-9164(2005)04-0323-04

Abstract Based on the investigation in four typical seasons from October 1998 to August 1999, in Beihai Bay, the migration and distribution characteristics of the suspended particles and its relationship to environmental factors were studied. The investigation was carried out at the shore area of inner bay of Beihai, with 9 sample stations, taking sea-water for analyzing SS, and simultaneously measuring water temperature, salinity, pH value, COD, transparency chlorophyll a, and 5 different types of nitrogen and phosphorus and soluble silicon. The results show that the amount of the suspended particles is the highest in Spring, higher in Autumn, lowest in Winter and Summer. The correlation analysis showed that there is no evident relation between the suspended particles and the environmental factors during Autumn and Winter in which the land-source effect was less important; while in Spring and Summer, the suspended particles were evidently negative-correlated to salinity and transparency, and positive-correlated to COD, nitrogen and phosphorus in different types.

Key words suspend particle, distribution characteristic, environmental factors

悬浮颗粒物是水质污染在外观上的重要指标, 其来源复杂而广泛, 包括由地壳物质侵蚀风化而来的岩成颗粒和水相生成的水生颗粒, 也包括由发生在河口

内的生物过程产生的, 从相邻陆地、淡水源和邻近沿岸海洋环境中搬运来的生源颗粒物。悬浮颗粒物在河口运动和潮汐作用影响下不断发生沉降作用、混合稀释作用和絮凝作用, 以及在迁移过程中由于化学和生物作用, 常常使水质环境发生变化而造成局部污染^[1-4]。为了探讨北海湾悬浮颗粒物的分布特征及其与环境因子之间的关系, 本文根据 1998 年 10 月~ 1999 年 8 月 4 个季度月的调查资料进行了分析研究。

收稿日期: 2005-01-11

修回日期: 2005-06-24

作者简介: 何本茂 (1953-), 男, 广西合浦县人, 工程师, 主要从事海洋化学的研究工作。

* 广西自然科学基金 (No. 9811018) 资助项目。

1 调查与分析

本次调查主要以北海湾近岸内湾为主,共布设9个测站(见图1),选取4个有代表性的季度月,即1998年10月(秋季)和1999年1月(冬季)、4月(春季)、8月(夏季)进行调查,样品均为表层采集,测定项目除悬浮颗粒物(SS)外还同步测定了水温、盐度、pH值、化学需氧量(COD)、透明度、叶绿素a及五种不同形态的氮、磷和溶解性硅,除按《海洋监测规范》^[5]中的分析方法分析一般监测项目外,还采用过硫酸钾氧化法分析测定总氮(TN)、总磷(TP)及溶解态氮(DTN)、溶解态磷(DTP)、有机态氮(DON)、有机态磷(DOP)为DTN、DTP与无机氮(DIN)、无机磷(DIP)之差值;颗粒态氮(PN)、磷(PP)为TN、TP与DTN、DTP之差值。

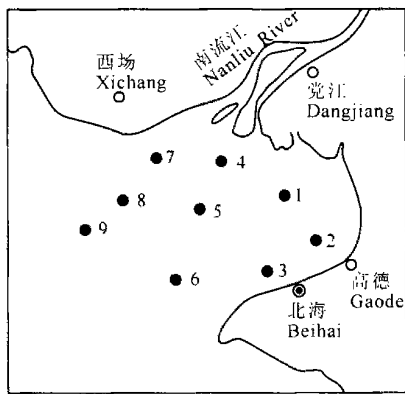


图1 调查站位
Fig. 1 Sampling station
1-9 测站 Station

2 结果与分析

2.1 悬浮颗粒物的分布特征

北海湾悬浮颗粒物的含量以春季最高(17.21 mg · L⁻¹),秋季次之(9.49 mg · L⁻¹),冬夏季较低(分别为4.21 mg · L⁻¹和6.70 mg · L⁻¹)。由南流江输入北海湾的河水径流量以夏季为最高(36.4 × 10⁸ m³),春秋季节适中(分别为13.6 × 10⁸ m³和13.4 × 10⁸ m³),冬季最低(4.9 × 10⁸ m³) (国家海洋局南海分局北海海洋环境监测中心站.广西入海污染源调查研究报告.1998)。显然,北海湾悬浮颗粒物含量与陆源供应及海河水的物理混合作用和水体内部的生物化学作用有关。

从图2的悬浮颗粒物平面分布图可知,在不同季节,随着悬浮颗粒物的来源不同,其分布规律呈现出明显的差异。

秋季,由于陆源水的影响明显减弱,而外海潮汐的影响明显加强,整个海湾的盐度值变化不大,悬浮颗粒物的最高值(21.00 mg · L⁻¹)和次高值(19.40

mg · L⁻¹)均出现于江口两侧的7号测站和1号测站,而且呈明显的梯度递减趋势(图2(a));而江口中部的4号测站却为全海域最低值(4.20 mg · L⁻¹)。前者可能与两测站以细颗粒粉沙及粘土为主的沉积特征有关,后者则可能与该测站以粗颗粒沙堆积为主的沉积特征有关;因为在沿岸水的冲击作用及较强潮流的顶托相互作用影响下,以细颗粒粉沙及粘土为主的7号及1号测站,其表层沉积物出现再悬浮现象,从而使悬浮颗粒物出现高值分布,而以粗颗粒沙为主要沉积表面的4号测站出现再悬浮现象较少,从而出现悬浮颗粒物的低值分布。显然,本季度月悬浮颗粒物的分布主要受沿岸水及潮流控制下的沉积物再悬浮的影响。

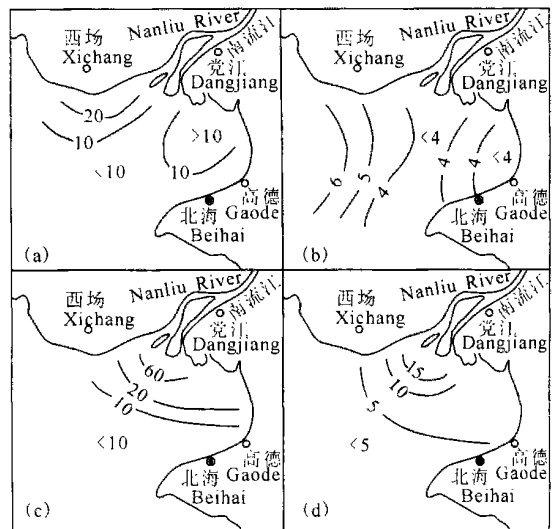


图2 悬浮颗粒物的平面分布(mg · L⁻¹)

Fig. 2 The plane distrion of suspend particles contents (mg · L⁻¹)

(a)秋季;(b)冬季;(c)春季;(d)夏季

(a) Autumn; (b) Winter; (c) Spring; (d) Summer.

冬季为陆源径流影响最小的季节,也是悬浮颗粒物含量最低的季节,变化范围为2.90~6.40 mg · L⁻¹,其分布规律与各季度月明显不同,呈湾外高,湾中及湾内低的分布趋势(图2(b)),与余流的流向相一致,即使受合浦、北海沿岸污水影响较大的1、3号测站,其含量也明显低于远岸测站,很明显,该季度月的悬浮颗粒物主要受海洋自身生源颗粒物的影响,而风海流在其中起了重要作用。

春季,虽然陆源径流量远低于夏季,但却为悬浮颗粒物含量最高的季节,也是南流江水携带悬浮颗粒物入海最高的季节,从图2(c)中我们可以明显看到,南流江口的4号站悬浮颗粒物高达65.50 mg · L⁻¹,在沿岸水和潮汐的综合作用下,悬浮颗粒物在向湾外海域迁移的过程中,由于不断发生涡动扩散作用、垂直沉降作用、混合稀释作用及絮凝作用,从而呈现出江

口到湾外极为显著的浓度梯度变化特征,变化幅度高达 $61.35 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。显然这与该季度月悬浮颗粒物的供应源主要以农田排放的极细颗粒粘土为主,在河海水的相互作用下沉降速度较快,沉降程度较高有关。说明该季度月由江河水携带的悬浮颗粒物主要对近岸局部海域产生重大影响,而潮流影响下的残余迁移对湾外测站影响不大。

夏季是南流江径流量最大的季节,但悬浮颗粒物含量并不高,除个别测站外均在 $7.16 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 以下,仅略高于枯水期的冬季,但其平面分布具有极好的梯度变化趋势(图 2(d))。最高值仍出现于南流江口的 4 号测站(为 $17.07 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$),只是江口到湾外的变化幅度较春季小得多,仅为 $13.19 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。这是因为高的径流量通常以搬运异常的大量颗粒物质为主,一般情况下,颗粒物质输入的最大部分可能是在大的降雨期间或其后当河水猛涨的短期内供给的,当河流输入占优势的情况下,潮汐的再悬浮作用受到抑制,由于残余环流而处于悬浮态的沉积物质,通常被由于潮汐控制的沉积和悬浮状态之间不断循环的物质所淹没^[2],从而出现悬浮颗粒物明显偏低的分布特征。显然,沿岸水的物理迁移过程对本季度月悬浮颗粒物的含量分布起到了主导控制作用。

2.2 悬浮颗粒物与基本环境因子的关系

由表 1 的相关分析结果表明,悬浮颗粒物与环境因子之间具有显著的相关关系,只是随着季节的变化差异较大。在陆源影响较小的秋冬季节,悬浮颗粒物与各因子之间的相关性均不显著,潮汐在其中起了重要作用。在陆源影响较大的春夏季节,悬浮颗粒物与各因子之间均具有不同程度的相关性,其中与盐度和透明度的负相关性较为显著($r = 0.01$),说明陆源水的大量输入,使海水的稀释作用加强。盐度值下降的同时,漂浮于水体表面的大量悬浮颗粒物又使海水透明度下降,从而减少浮游植物的光合作用,影响海洋生物的繁殖和生长;但由于悬浮颗粒物携带大量有机物入海,又给浮游植物提供了丰富的营养来源,在透明度显著下降的情况下,代表现存浮游植物量的叶绿

表 2 悬浮颗粒物与不同形态氮、磷及溶解性硅的相关系数

Table 2 Correlation coefficients between suspended particles, various states of nitrate and phosphate and dissolved Si

季节 Season	TN-SS	PN-SS	DTN-SS	DIN-SS	DON-SS	TP-SS	PP-SS	DTP-SS	DIP-SS	DOP-SS	SiO ₃ -SS
秋季 Autumn	0.225	0.188	0.241	0.334	-0.250	-0.287	-0.287	-0.286	0.420	-0.418	0.203
冬季 Winter	-0.368	-0.307	-0.135	-0.211	-0.090	0.095	0.176	0.00045	-0.048	0.039	-0.464
春季 Spring	0.432	-0.209	0.827	0.883	0.031	0.831	0.659	0.712	-0.210	0.727	0.519
夏季 Summer	0.880	0.711	0.887	0.842	0.510	0.337	0.830	-0.324	-0.185	-0.389	0.718

$n = 9; r_{0.05} = 0.666; r_{0.01} = 0.798$

素 a 含量仍呈上升趋势,春季的明显正相关趋势($r < 0.05$)及夏季的良好正相关($r = 0.05$)恰好说明了这一点;而悬浮颗粒物与 COD 的显著正相关($r = 0.01$),一方面体现了悬浮颗粒物作为陆源污染物载体的重要作用,另一方面则体现了悬浮颗粒物与有机物质之间普遍存在吸附作用。李道季等^[4]的研究结果表明,2 μm 以下的悬浮颗粒物能够产生聚集、吸附和缔合作用,且大部分与有机质结合,与本研究的特征变化极为吻合。悬浮颗粒物与水温之间的关系,以春季的正相关性较为显著($r = 0.01$),而夏季只具有明显的正相关趋势($r < 0.05$),前者可能与春季温度较低(22.69°C),吸附量与解吸量较为一致有关,而后者则可能与夏季水温较高(35.50°C),有机物的氧化分解速度加快解吸量远大于吸附量有关。

表 1 悬浮颗粒物与环境因子的相关系数

Table 1 Correlation coefficients between suspended particles and environmental factors

季节 Season	盐度 -SS S-SS	水温 -SS T-SS	透明度 -SS Trans- parency-SS	化学需 氧量 COD -SS	pH 值 -SS pH Value -SS	叶绿素 a Chl. a -SS
秋季 Autumn	0.162	0.134	-0.625	-0.425	0.452	-0.176
冬季 Winter	0.147	0.081	0.027	0.143	-0.484	-0.527
春季 Spring	-0.895	0.806	-0.841	0.886	-0.546	0.545
夏季 Summer	-0.809	0.494	-0.851	0.876	0.596	0.743

$n = 9; r_{0.05} = 0.666; r_{0.01} = 0.798$

2.3 悬浮颗粒物与不同形态氮、磷及溶解性硅的关系

表 2 显示,在陆源影响较小的秋冬季,悬浮颗粒物与不同形态氮、磷及溶解性硅之间的相关性均不显著,说明潮流作用下海洋自身生源颗粒物的形成对不同形态的 N、P 及 Si 影响不大。

春季,由于正值春耕春种时节,虽然陆源径流量不大,但农田排放的废水使悬浮颗粒物显著增加的同时,不同形态的氮、磷和溶解性硅含量也随之增加,它们之间的相关性随吸附—解吸程度不同而改变。对不同形态氮而言,以与 DTN 和 DIN 之间的正相关关系

较为显著 ($r = 0.01$),与 TN 之间只具有明显的正相关趋势 ($r < 0.05$),而与 PN 和 DON 之间则没有相关性。显然,悬浮颗粒物只对溶解态氮和无机氮具有重大贡献作用。对于不同形态磷而言,则以与 TP 的正相关关系较为显著 ($r = 0.01$),与 DTP 和 DOP 的相关性次之 ($r = 0.05$),与 DIP 的相关性最差,而且呈现出负相关的倾向。表明由悬浮颗粒物携带入海的磷是以总磷为主,其中溶解态磷所占比例大于颗粒态磷,而在溶解态磷中又以有机磷占主导地位。对于溶解性硅而言,虽然与悬浮颗粒物之间的相关性并不显著,但正相关趋势却极为明显,说明来自悬浮颗粒物携带的硅含量在水体中占有一定的比例。

夏季是本海域雨量最为充沛,径流量最大的季节,由于氮、磷、硅营养盐的来源较广,它们与悬浮颗粒物之间的相关性春季相比存在明显的差异。在与不同形态氮的相关关系中,以与 TN 的正相关性较为显著 ($r = 0.01$),其中 DTN 表现为显著正相关 ($r = 0.01$),PN 表现为良好正相关 ($r = 0.05$);在 DTN 中,则以 DIN 的正相关性较为显著 ($r = 0.01$),DON 与悬浮颗粒物之间只具有明显正相关趋势。但总的说来,本季度月各态氮与悬浮颗粒物之间除 DON 外置信水平均在 95% 以上。这一方面说明本季度月的悬浮颗粒物对来源不一的各态氮的吸附—解吸具有相对均等作用;另一方面,则说明由陆源携带入海的不同形态氮多以悬浮颗粒的形式入海并参与了水体中的物理、化学和生物过程,对本湾氮源的供应具有重大影响。对于不同形态磷与悬浮颗粒物之间的关系,除 PP 呈显著正相关 ($r = 0.01$) 外,其余形态磷均不相关,而且除 TP 的正相关趋势较为明显外,其余的溶解态磷均表现出负相关趋势,说明本季度月悬浮颗粒物携带的磷其解吸作用主要以颗粒态为主,而对溶解态磷则主要以吸附过程为主。悬浮颗粒物与溶解性硅的良好正相关关系,则表明该季度月的悬浮颗粒物在硅的补充过程中起了重大作用。

(上接第 322 页 Continue from page 322)

氰酸铬铵,因此 2% 硫氰酸铬铵溶液应过滤后使用。加样回收实验表明,该方法回收率在 98.6% ~ 101.1%,平均回收率为 99.8%,RSD 为 0.94%,证明该方法稳定,可行。

按本实验方法对妇月康胶囊标准改进和提高后,能将该制剂质量控制方法得到完善和提高,有利于进一步控制妇月康胶囊的药品质量。

参考文献:

[1] WS-B-2890-98. 妇月康胶囊 [S].

3 结束语

(1) 北海湾水体中的悬浮颗粒物具有春季较高,秋季次之,冬夏季较低的分布特点,其中春、夏季以河流输入的物理过程影响为主,秋季以河水与潮汐的相互作用影响为主,冬季则以风海流的影响占主导地位。

(2) 悬浮颗粒物与基本环境因子之间具有密切的关系,但随季节变化差异甚大,在陆源影响较小的秋冬季节,它们之间的相关性均不显著,但在陆源影响较大的春夏季节却表现出显著的相关性,其中以与盐度、透明度的负相关性及其与 COD 的正相关性较为显著,与水温 and 叶绿素 a 的相关性次之,与 pH 值的相关性较差。

(3) 在陆源输送影响较小的秋冬季节,悬浮颗粒物与营养盐之间的相关性均不显著,但在陆源输送影响较大的春夏季节,悬浮颗粒物与营养盐之间不仅关系显著,而且在形态上具有明显的变化,对氮而言,无论春季还是夏季,悬浮颗粒物对溶解态氮及无机氮均具有重大贡献作用。而对磷而言,春季以总磷—溶解态磷—有机磷为主;夏季则以颗粒态磷为主。

参考文献:

- [1] 杨维荣,于 岚,张晓瑞. 环境化学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1991. 56-58.
- [2] P C 海德 [英]. 实用河口化学手册 [M]. 北京: 海洋出版社, 1991. 12-17.
- [3] 李飞永,陈金斯. 珠江口海区悬浮颗粒物研究 [J]. 海洋学报, 1989, 11(2): 185-192.
- [4] 李道季,李 军,陈吉余. 长江河口悬浮颗粒物研究 [J]. 海洋与湖沼, 2000, 31(3): 295-301.
- [5] GB17378. 4- 1998. 海洋监测规范 [S].

(责任编辑: 韦廷宗 邓大玉)

- [2] 赵春香,章贵杰. 产复康冲剂部标准鉴别项下存在的问题及改进 [J]. 中成药, 1996, 18(11): 15-16.
- [3] 罗 毅,罗顺德. 益母草煎液中一种类阿魏酸成分的色谱鉴别 [J]. 中药材, 2002, 25(10): 713-7140.
- [4] 秦雪梅,郝旭亮. 益母草中阿魏酸的色谱鉴别 [J]. 中草药, 2001, 32(5): 447-449.

(责任编辑: 韦廷宗 邓大玉)