

文章编号: 1000-0550(2011)02-0254-09

黄河口及邻近渤海海域悬浮体和沉积物中有机碳、氮的分布特征及其影响因素^①

乔淑卿 石学法 白亚之 熊林芳 朱爱美 刘焱光 方习生

(海洋沉积与环境地质国家海洋局重点实验室 国家海洋局第一海洋研究所 山东青岛 266061)

摘要 利用元素分析仪对 2007 年获取的黄河口及邻近渤海海域悬浮体和沉积物进行了有机碳、氮含量分析。结果表明,在同一站位有机碳大体上的分布为:表层沉积物中 TOC 含量 \leq 底层悬浮体中 POC 含量 $<$ 表层悬浮体中 POC 含量;依据表层沉积物中 TOC、TN 含量和悬浮体中 POC 的分布,研究区可划分为 5 个区,依次为莱州湾西部靠近黄河口区(I 和 II 区)、莱州湾南部(III 区)、莱州湾东南部(IV 区)和莱州湾北部(V 区)。I 区位于清 8 分汉口外,以 POC、C/N 值高和 TOC、TN 值低为特征;II 区位于现代黄河口近岸区域,以 TOC、TN、C/N 值高和 POC 值低为主要特征;III、IV 和 V 区位于 119.5°E 以东的区域,这些区域 POC 值较高,而 TOC、TN 和 C/N 值较低。各区 POC、TOC、TN 的含量和分布主要受河流排放、排污口输入、海洋生物生产力和沉积动力环境的影响。

关键词 沉积物 黄河 渤海 悬浮体 有机质 物源

第一作者简介 乔淑卿 女 1979 年出生 博士后 海洋沉积学 E-mail: qiaoshuqing@fio.org.cn.

通讯作者 石学法 E-mail: xfshi@fio.org.cn

中图分类号 P593 **文献标识码** A

黄河是我国第二大河,平均每年携带大约 1.1×10^9 t 泥沙进入海洋,占世界河流入海沉积物的 5.5% 左右^[1]。黄河入海泥沙中有机碳含量介于 0.16% ~ 0.74%,其每年入海的颗粒有机碳通量大约为 $1.76 \times 10^6 \sim 8.14 \times 10^6$ t,占世界入海河流总有机碳的 0.4% ~ 1.9%^[2,3]。黄河携带的陆源有机碳进入海洋后,受多种动力因素影响在中国东部海区扩散,其影响范围不仅包括渤海和黄海,甚至还对东海和邻近的西北太平洋等海域的生态系统产生较大的影响^[4-6]。对黄河口及邻近海域有机碳组成和分布的研究,有助于了解该区域有机碳的来源和黄河入海物质的影响范围,深入认识有机碳在黄河口及邻近海域的传输和演化。

近 30 年来,许多学者对黄河口及邻近海域悬浮体中有机碳的分布、运移以及黄河入海有机碳通量等方面进行了研究,如秦蕴珊等初步分析了渤海沉积物中有机碳的分布和来源^[7];Bigot 等探讨了黄河口及邻近渤海海域沉积物有机质的来源和河流输入泥沙与河口沉积物中有机碳之间的关系^[8];Zhang 等研究了黄河口区悬浮体中有机碳含量的季节性差异,并对

有机碳浓度与悬浮体含量的关系和黄河年均入海有机碳通量进行了阐述^[9,10];Cai 进一步利用有机碳同位素和悬浮体中有机碳含量等参数对黄河口区有机碳的来源、分布的季节性差异和黄河入海后的运移方式做了详细的研究^[2];Yuan 等、刘立芳等、张龙军等对近年来黄河入海水沙大幅减少情况下黄河口底质沉积物和悬浮体中有机碳的分布和影响因素(如粒度、盐度、悬浮体浓度、浮游植物等)进行了研究^[11-14]。上述研究均表明黄河口及邻近渤海海域悬浮体和沉积物中有机碳的分布受到物源供应量和沉积动力环境的影响,但两者在近年来都发生了巨大的变化。黄河、小清河等河流入海泥沙从 20 世纪下半叶开始明显下降,而携带入海的污染物逐年增加^[15-18]。同时,黄河口外流场和盐场都发生了较大的变化^[19,20]。这两种主要因素的变化会对悬浮体和沉积物中有机质组成以及输运造成何种影响?对此尚没有系统的报道。本文针对此问题分析了 2007 年在黄河口及邻近渤海海域取得的悬浮体和表层沉积物样品中有机碳、氮含量,并对两者在研究区的分布特征、来源及影响因素进行了探讨。

^①国家自然科学基金项目(批准号:40806026),国家海洋局 908 专项项目(编号:908-02-02-05;908-02-01-04),国家海洋公益项目(编号:200805063)和博士后基金项目资助。

收稿日期:2009-12-04;收修改稿日期:2010-03-19

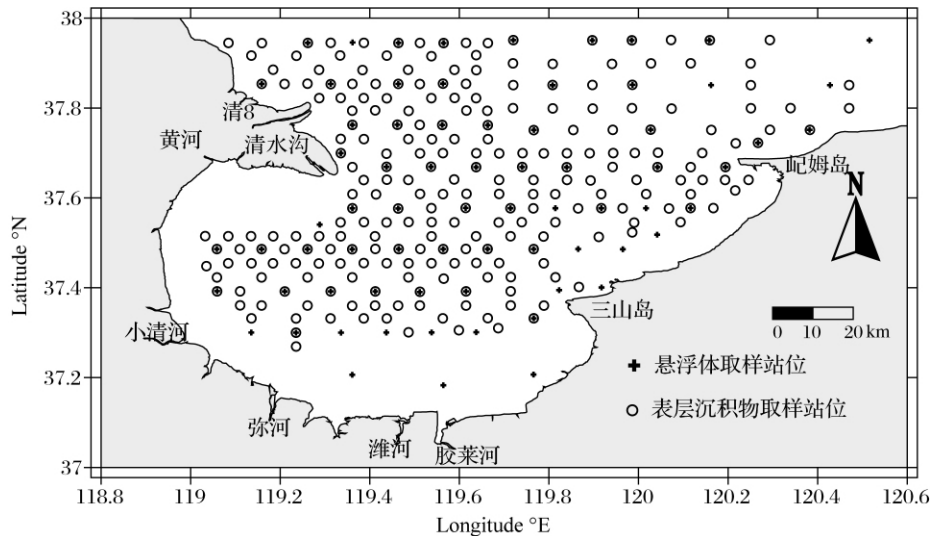


图 1 黄河口及邻近渤海海域悬浮体和表层沉积物样品取样位置

Fig. 1 Sampling locations of suspended and surface sediments off the Huanghe (Yellow River) mouth and the nearby Bohai Sea

1 样品采集与分析方法

2007 年 8—9 月利用上海海洋地质调查局的“勘 407”和江苏省“苏太渔 01155”调查船在黄河口及邻近的渤海南部海域进行了底质和悬浮体取样。本次调查共取得了 245 个表层沉积物样品, 71 个站位共计 227 个悬浮体样品(图 1)。表层沉积物采样使用抓斗和箱式取样器两种方式, 选取每个站位 0~5 cm 的样品为表层沉积物样品。悬浮体采样用 Seabird25 型 CTD 和横式采水器, 对于 5 m 以深的站位, 利用 CTD 进行分层采水; 对于 5 m 以浅的站位, 采用横式采水器取表层和底层的水样^[21]。采取的水样在现场利用真空过滤器过滤, 过滤后滤膜放入冷冻库中低温保存, 直至室内进行分析。所用的滤膜为英国 Whatman 公司生产的 GF/F 玻璃纤维膜(直径 47 mm, 孔径 0.7 μm), 并预先在 400℃ 灼烧后用 Mettler AE163 型(感量为 0.000 1 g)电子分析天平预先称重。

表层沉积物总有机碳(TOC)、总氮(TN)和悬浮体中颗粒有机碳(POC)含量用德国 Elementar 公司生产的 Vario EL 型元素分析仪进行测量。粉末原样或先用 10% 稀分析纯盐酸除去无机碳的样品, 干燥后取 2~3 mg, 用锡船包裹置入元素分析仪中, 采用 CHN 模式分析悬浮体和表层沉积物中的总氮或有机碳含量。仪器测量的有机碳、氮含量单位为%, 根据抽滤水样体积将悬浮体中 POC 单位换算为悬浮体中 POC 质量浓度, 单位为 mg/l; 根据滤膜抽滤前后质量

将仪器测试 POC 含量校正为真实悬浮体 POC 含量(即悬浮中 POC 质量分数), 单位为%。具体计算公式如下:

$$\text{悬浮体中 POC 质量浓度} = \frac{\text{仪器测量有机碳含量} \times \text{测量样品重}}{\text{抽滤水样体积}}$$

$$\text{悬浮体中 POC 含量} = \frac{\text{仪器测量有机碳含量} \times \text{测量样品重}}{\text{抽滤后膜重} - \text{空膜重}}$$

式中: 测量样品重、抽滤后膜重和空膜重, 单位为 mg; 抽滤水样体积, 单位为 l。

测试过程中, 用乙酰苯磺胺(ACET)做标样, 氧化炉温度 950℃, 还原炉温 500℃, 测试结果标准偏差 ≤0.1%, 精度 ≤0.2%。

利用英国生产 Mastersizer 2000 型激光粒度仪对沉积物样品进行粒度分析, 粒度参数计算采用矩阵法^[22], 具体步骤见文献[21]。

2 结果

2.1 悬浮体中 POC 质量浓度分布特征

表层 POC 质量浓度的变化范围为 0.14~1.63 mg/l, 平均值为 0.36 mg/l。高值区主要位于莱州湾北部和南部, 质量浓度在 0.39 mg/l 以上(图 2a)。莱州湾中部和东部沿岸区域, 悬浮体 POC 质量浓度相对较低, 部分低值区在 0.26 mg/l 以下。

底层悬浮体 POC 质量浓度范围为 0.01~12.53

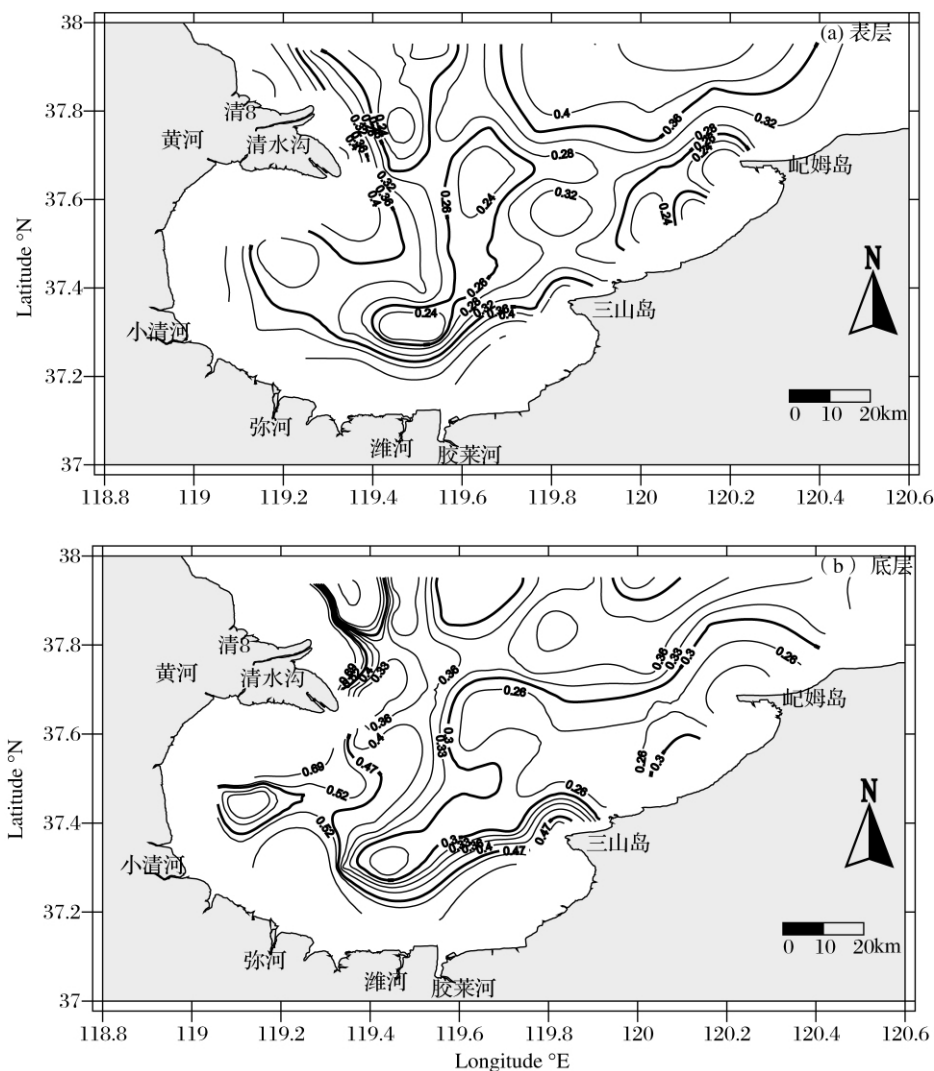


图2 黄河口及其邻近渤海海域表层和底层悬浮体中 POC 质量浓度分布图 (mg/l)

Fig.2 Distribution of surface and bottom POC concentrations off the Huanghe (Yellow River) mouth and the nearby Bohai Sea (mg/l)

mg/l, 平均值为 0.59 mg/l, 明显高于表层平均值。高值区 (>0.43 mg/l) 主要出现在现代黄河口、小清河河口以及莱州湾南岸潍河、弥河和胶莱河等小河河口, 另外莱州湾北部也有零星高值点出现 (图 2b)。总体来说, 莱州湾东部, 底层悬浮体 POC 质量浓度都较低, 尤其是三山岛到妮姆岛一带的近岸区域, POC 质量浓度基本在 0.30 mg/l 以下。

2.2 悬浮体中 POC 含量分布特征

表层 POC 含量介于 0.77% ~ 10.87%, 平均值 2.94% (图 3a)。从表层 POC 含量的分布来看, 高值区也主要分布于莱州湾南部和北部, 含量在 2.87% 以上; 莱州湾的西部沿岸区域, 表层 POC 含量基本在 2.87% 以下; 靠近黄河口的外围海域为研究区的最低

值区, 表层 POC 含量在 1.93% 以下。莱州湾东南部 POC 含量中等, 介于 1.93% ~ 2.87%。

底层 POC 的含量分布范围为 0.02% ~ 9.41%, 平均值为 2.11% (图 3b)。底层 POC 含量比表层的要低, 但其分布特征与表层的大体类似。高值区主要分布在莱州湾南部和北部, POC 含量在 2.34% 以上; 莱州湾东南部和黄河口外围区域, 底层悬浮体 POC 的含量较低, 基本在 2.34% 以下; 尤其是围绕黄河口的外围海域, POC 含量在 1.33% 以下。

2.3 TOC、TN 的分布特征

TOC 的含量范围为 0.06% ~ 1.59%, 平均值为 0.46% (图 4a)。从图 4a 可以看出, 围绕黄河口的邻近海域 TOC 的含量较高, 大于 0.56%; 莱州湾南部、

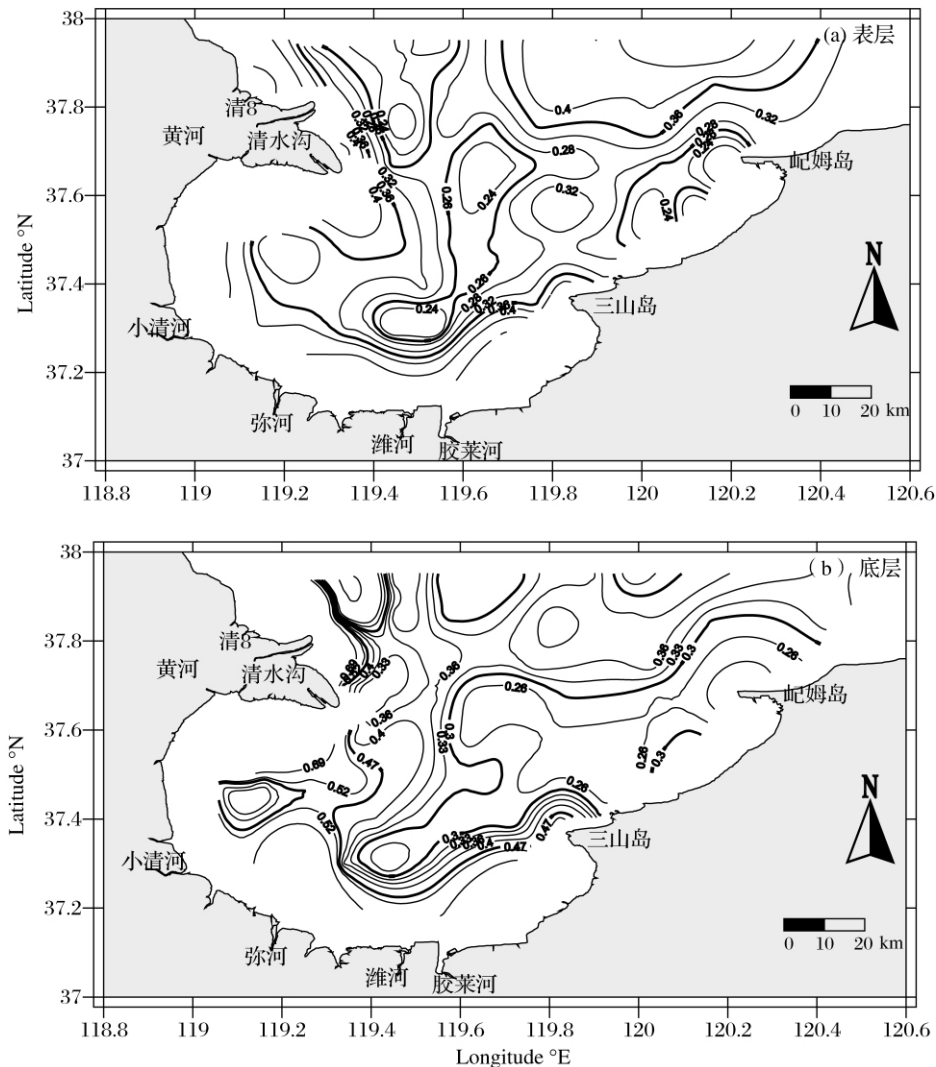


图3 黄河口及其邻近渤海海域表层和底层悬浮体中 POC 含量分布 (%)

Fig. 3 Distribution of surface and bottom POC contents off the Huanghe (Yellow River) mouth and the nearby Bohai Sea (%)

东部和北部 TOC 较低,基本在 0.24% 以下;其中妮姆岛和三山岛西部海域零星出现高值,含量基本在 0.24% ~ 0.56% 之间。

TN 的含量介于 0.01% ~ 0.08% 之间,平均值为 0.04% (图 4b)。TN 的分布特征与 TOC 的类似,TN 含量比较高的区域主要分布在围绕黄河口的近岸海域,在 0.05% 以上;同时,妮姆岛至黄河口一条带状分布的海域,TN 的含量为研究区最高值区,含量在 0.06% 以上;莱州湾南部和东部 TN 较低,TN 含量在 0.03% 以下;另外,莱州湾北部和黄河口区域也出现小范围的 TN 低值区。

C/N 比值的分布与 TOC 和 TN 类似,在围绕黄河口的外围邻近海域 C/N 值较高,在 14 以上。而莱州

湾北部、南部和东部大部分区域,C/N 值都在 6.9 以下(图 4c)。

3 讨论

从图 2、图 3 和图 4 可以看出,悬浮体中 POC 和表层沉积物中 TOC、TN 的分布特征存在很大的差异,最显著的差异就是现代黄河口外围的环形海域为本次研究 POC 含量最低值区,而 TOC 和 TN 的含量在此区域最高。另外,在同一站位表层沉积物中 TOC 的含量低于悬浮体中 POC 的含量(图 2 和 4),这说明悬浮体和表层沉积物有机质含量分布受物源和沉积动力过程等因素影响的程度不同。换言之,悬浮体 POC 含量和质量浓度能代表最新的河流输入和其它

来源有机质组成,而表层沉积物 TOC 含量是河流入海悬浮体经历过动力分选、化学分解和生物作用等过程,且和其它来源的有机质混合的结果^[23 24]。

依据 POC、TOC、TN 和 C/N 的分布特征,结合沉积物平均粒径的资料,我们可以把研究区分为 5 个区,分别为围绕现代黄河口的近岸区域(I 区)、现代

黄河口外围的环形海域(II 区)、莱州湾南部(III 区)、莱州湾东南部(IV 区)和莱州湾北部(V 区)(图 5)。各区 POC、TOC、TN 含量,C/N 比值和平均粒径范围等特征值列于表 1。下面就对各区悬浮体和底质沉积物有机碳、氮的分布特征及其影响因素进行详细讨论。

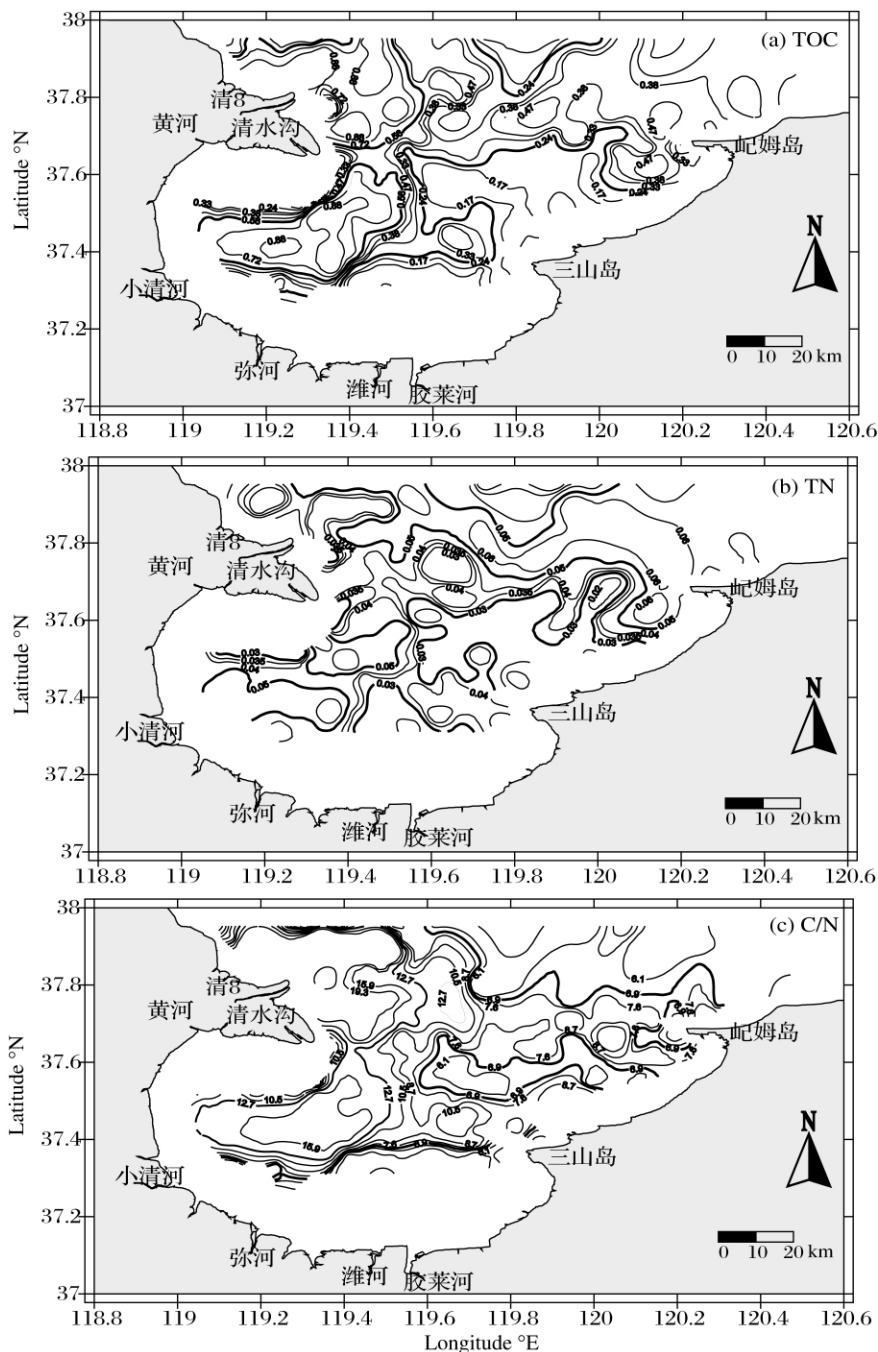


图 4 黄河口及其邻近渤海海域表层沉积物 TOC、TN 含量和 C/N 比值分布图

Fig. 4 Distribution of TOC , TN and C/N in surface sediments off the Huanghe (Yellow River) mouth and the nearby Bohai Sea

表 1 黄河口及其邻近渤海海域各分区 POC、TOC、TN、C/N 和平均粒径的组成

Table 1 Composition of POC, TOC, TN, C/N and mean grain size in the sub-provinces off the Huanghe (Yellow River) mouth and the nearby Bohai Sea

	表层 POC	底层 POC	表层 POC	底层 POC	TOC	TN	C/N	平均粒径
	/%	/%	/(mg/l)	/(mg/l)	/%	/%		/φ
I 区	2.87 ~ 5.79	1.33 ~ 3.80	0.28 ~ 0.71	0.33 ~ 12.53	0.08 ~ 0.56	0.00 ~ 0.03	6.7 ~ 29.2	4.5 ~ 7.7
II 区	0.77 ~ 1.93	0.02 ~ 1.33	0.19 ~ 0.35	0.01 ~ 0.64	0.56 ~ 1.59	0.03 ~ 0.08	12.7 ~ 91.9	6.3 ~ 7.7
III 区	2.87 ~ 10.87	2.34 ~ 9.41	0.36 ~ 1.64	0.3 ~ 1.91	0.06 ~ 0.24	0.02 ~ 0.03	1.4 ~ 6.2	4.1 ~ 5.8
IV 区	1.93 ~ 2.87	1.33 ~ 2.34	0.14 ~ 0.36	0.18 ~ 0.3	0.09 ~ 0.24	0.01 ~ 0.03	5.0 ~ 11.9	3.9 ~ 6.5
V 区	2.87 ~ 9.22	2.34 ~ 4.7	0.36 ~ 0.61	0.26 ~ 0.57	0.24 ~ 0.56	0.02 ~ 0.08	3.6 ~ 8.6	5.0 ~ 6.7

从 POC 的分布可以看出, 黄河口外(I 区), 尤其是表层 POC 含量和质量浓度都较高, 这是黄河高浓度、高含量有机质悬浮体直接输入的结果。并且, 本次研究发现黄河口附近 POC 含量在 1.33% ~ 5.79%, 较以往报道的结果要高(表 1)^[2, 10, 12 ~ 14]。从 20 世纪 70 年代开始, 虽然黄河入海水沙明显减少, 但是黄河流域废污水排放总量却迅速增加, 尤其是 80 年代以后, 黄河废污水每年的排放量从 20 亿吨增加到 40 多亿左右^[16]。黄河入海污染物量增加, 这可能是造成现在河口区悬浮体 POC 含量较高的主要原因。那么, 为什么黄河口邻近的外围海域(II 区) POC 的含量为研究区的最低值区呢? Qiao 等研究结果表明, II 区的悬浮体浓度 > 30 mg/L、盐度 < 29 psu, 是黄河入海细颗粒物质的一个汇^[21]。90% 以上的黄河泥沙来自于中游的黄土高原, 化学组成很大程度上集成了黄土的物质组成, 有机碳含量较低, 在 0.16% ~ 0.74% 之间^[2, 5]。黄河入海泥沙本身有机碳含量低, 这是 II 区 POC 含量比较低的原因之一。另外, 黄河

入海泥沙受潮流和环流等海洋动力作用在 II 区富集, 经历了一定改造, 所以其 POC 的含量要较黄河直接入海区(I 区) 的低(表 1 和图 5)^[25, 26]。

莱州湾西南和南部小清河、弥河、潍河和胶莱河等近岸区域(III 区), 悬浮体中 POC 的含量也较高, 在 2.34 ~ 10.87% 之间(表 1 和图 5)。这主要有三方面的原因: 一是河流输入污染物质的影响, 例如小清河年平均排放大约 1.7 万吨入海, 为黄河的 38.4%, 但污染物浓度却比黄河高 5 倍^[15]; 二是莱州湾南岸分布了多个对海域环境影响严重的排污口, 占渤海监测 A 和 B 级排污口总数的 28%^[27]; 另外, 大量的人类排污, 可能导致该区域水质富营养化, 进而造成海洋生产力提高^[28]。莱州湾北部 POC 的含量较高(V 区) 推测可能与砮姆岛附近分布的排污口、倾倒区以及海洋生产力较高有关。莱州湾东南部悬浮体 POC 含量相对较低(IV 区), 这主要是与近岸河流输入较少, 并且没有严重的排污口有关^[27]。

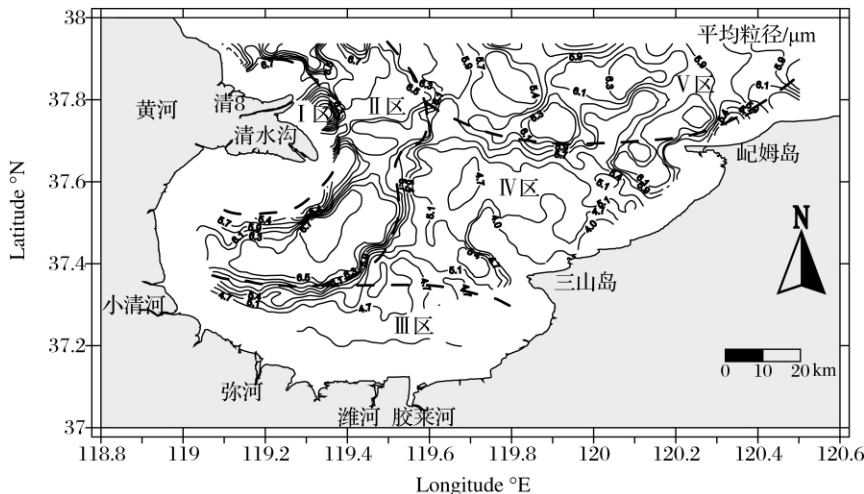


图 5 黄河口及其邻近渤海海域表层沉积物平均粒径及分区图

Fig. 5 Distribution of mean grain size of surface sediments and sub-provinces off the Huanghe (Yellow River) mouth and the nearby Bohai Sea

以上是针对悬浮体 POC 分布及其影响因素的讨论。那么经历过动力分选、化学分解和生物作用等过程后沉降下来的表层沉积物中 TOC 和 TN 分布特征及其影响因素是怎样的呢? C/N 比值能够在一定程度上反映有机物的物源, C/N 比值大于 12 时, 一般认为其物源是来自陆源的植物和腐殖质; 而比值小于 12 时, 物源主要是来自河口、河流的水生植物^[29]。从图 3 和 5 可以看出, 研究区表层沉积物 C/N 比值大于 12 的区域主要分布在 119.5°E 以东和小清河以南的海域, 并且集中在现代黄河口两侧(Ⅰ和Ⅱ区), 这也再次证明黄河入海物质主要分布在上述区域。与以往的研究结果相比较, 黄河入海物质控制范围内表层沉积物中 TOC 的含量变化不大, 在 0.7% 左右(表 1)^[11]。随着离黄河口距离的增加, C/N 比值逐渐降低, 尤其是莱州湾北部和东部区域(图 4)。这说明一是黄河入海物质对该区域的影响减弱, 而周边小河流天然陆源输入有机质的影响有限; 二是海洋生物在莱州湾东部, 尤其是莱州湾南部和北部的影响增强。

该区域水动力不仅影响着研究区表层沉积物的有机质来源, 还通过对沉积物进行分选影响着 TOC 和 TN 的分布。比较图 2、3 和 4 可以看出, TOC 和 TN 的含量与沉积物平均粒径有着明显的相关关系, 沉积物越细, TOC、TN 的含量越高。所以, 在黄河口潮流和环流的控制下, 黄河入海细粒级沉积物在Ⅱ区富集和沉降, TOC 和 TN 含量较其它区域要高。而沉积物粒度相对较粗, 这是造成莱州湾南部和东南部沉积物中 TOC 含量很低的主要原因。另外, 与海洋源有机质相比陆源有机质的保存率要高^[24]。黄河口附近 POC 含量的保存率大约在 50% 左右, 而莱州湾北部保存率仅为 1% 左右, 这是为什么莱州湾东部(Ⅲ、Ⅳ和Ⅴ区)悬浮体中 POC 含量为研究区最高, 而表层沉积物中 TOC 的含量较低的另外一个原因(图 2 和图 4)^[24]。

4 结论

黄河口及邻近渤海海域表层和底层悬浮体中 POC 含量变化范围分别为 0.77% ~ 10.87% 和 0.02% ~ 9.41%, POC 质量浓度的变化范围分别为 0.14 ~ 1.63 mg/l 和 0.01 ~ 12.53 mg/l。相比 POC 含量, 表层沉积物中 TOC 的含量较低, 介于 0.06% ~ 1.59%。

依据 POC、TOC、TN 数据和表层沉积物平均粒径的资料, 整个研究区可以划分为 5 个具有不同分布特征的区, 依次为直接受黄河径流和输入物质影响的Ⅰ

区, 受黄河入海陆源物质和环流控制的Ⅱ区, 受人类排污和海洋生物生产力影响的Ⅲ和Ⅴ区以及中间过渡区(Ⅳ区)。整体上而言, POC、TOC 和 TN 的含量受不同物源影响明显, 其分布受控于该区的沉积动力环境。

黄河、小清河、潍河等沿岸的河流输入是研究区表层沉积物中 TOC、TN 的主要来源, 并且与往年研究结果变化不大。然而, 现代河口输入、莱州湾南部的污染排放以及莱州湾北部的垃圾倾倒造成悬浮体中 POC 含量明显升高, 说明这些地区人为因素影响是很大的, 存在污染影响。

致谢 衷心感谢“勘 407”和“苏太渔 01155”调查船全体出海人员。

参考文献(References)

- 1 Milliman J, Syvitski J. Geomorphic/tectonic control of sediment discharge to the ocean: the importance of small mountainous rivers [J]. *The Journal of Geology*, 1992, 100(5): 525-544
- 2 Cai Deling, Cai Aizhi. Geochemistry studies on organic carbon isotope of the Huanghe River (Yellow River) estuary [J]. *Science in China, Series B*, 1994, 37(8): 1001-1015
- 3 Schlünz B, Schneider R. Transport of terrestrial organic carbon to the oceans by rivers: re-estimating flux and burial rates [J]. *International Journal of Earth Sciences*, 2000, 88(4): 599-606
- 4 Milliman J, Beardsley R, Zuo-Sheng Y, et al. Modern Huanghe-derived muds on the outer shelf of the East China Sea: identification and potential transport mechanisms [J]. *Continental Shelf Research*, 1985, 4: 175-188
- 5 Ren M, Shi Y. Sediment discharge of the Yellow River (China) and its effect on the sedimentation of the Bohai and the Yellow Sea [J]. *Continental Shelf Research*, 1986, 6: 785-810
- 6 Cai D, Shi X, Zhou W, et al. Sources and transportation of suspended matter and sediment in the southern Yellow Sea: Evidence from stable carbon isotopes [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2003, 48: 21-29
- 7 秦蕴珊, 赵松龄, 赵一阳, 等. 渤海地质[M]. 北京: 科学出版社, 1985: 122-433 [Qin Yunshan, Zhao Songling, Zhao Yiyang, et al. *Geology of Bohai Sea* [M]. Beijing: Science Press, 1985: 122-433]
- 8 Bigot M, Saliot A, Cui X, et al. Organic geochemistry of surface sediments from the Huanghe estuary and adjacent Bohai Sea (China) [J]. *Chemical Geology*, 1989, 75(4): 339-350
- 9 Zhang S, Gan W, Ittekkot V. Organic matter in large turbid rivers: the Huanghe and its estuary [J]. *Marine Chemistry*, 1992, 38(1-2): 53-68
- 10 Cauwet G, Mackenzie F. Carbon inputs and distribution in estuaries of turbid rivers: the Yangtze and Yellow rivers (China) [J]. *Marine Chemistry*, 1993, 43(1-4): 235-246
- 11 Yuan H, Liu Z, Song J, et al. Studies on the regional feature of organic carbon in sediments off the Huanghe River Estuary waters [J].

- Acta Oceanologica Sinica, 2004, 23(1): 129-134
- 12 刘立芳, 张龙军, 张向上. 黄河利津水文站不同粒径悬浮颗粒物中有机碳含量的研究[J]. 中国海洋大学, 2006, 36(增刊): 126-130 [Liu Lifang, Zhang Longjun, Zhang Xiangshang. Particulate organic carbon content in size-fractionated total suspended solids at Lijin hydrographic station of the Huanghe River [J]. Periodical of Ocean University of China, 2006, 36(Sup.): 126-130]
- 13 张龙军, 张向上, 王晓亮, 等. 黄河口有机碳的时空输运特征及其影响因素分析[J]. 水科学进展, 2007, 18(5): 674-682 [Zhang Longjun, Zhang Xiangshang, Wang Xiaoliang, et al. Spatial and temporal distribution of particulate and dissolved organic carbon in Yellow River estuary [J]. Advances in Water Science, 2007, 18(5): 674-682]
- 14 张龙军, 姜波, 张向上, 等. 基于泥沙中碳含量的变化表征黄河调水调沙入海泥沙的扩散范围 [J]. 水科学进展, 2008, 19(2): 153-159 [Zhang Longjun, Jiang Bo, Zhang Xiangshang, et al. Study of carbon content tracing sediment diffusion bound after water-sediment regulation in the Yellow River estuary [J]. Advances in Water Science, 2008, 19(2): 153-159]
- 15 马绍赛, 辛福言, 崔毅, 等. 黄河和小清河主要污染物入海量的估算[J]. 海洋水产研究, 2004, 25(005): 47-51 [Ma Shaosai, Xin Fuyan, Cui Yi, et al. Assessment of main pollution matter volume into the sea from Yellow River and Xiaoqing River [J]. Marine Fisheries Research, 2004, 25(005): 47-51]
- 16 黄河水利委员会. 黄河水资源公报[M/OL]. 1998-2007 (<http://www.yellowriver.gov.cn/other/hhgb>) [Yellow River Water Conservancy Commission. River water Bulletin of the Yellow River [M/OL], 1998-2007, available at <http://www.yellowriver.gov.cn/other/hhgb>]
- 17 Wang H, Yang Z, Saito Y, et al. Interannual and seasonal variation of the Huanghe (Yellow River) water discharge over the past 50 years: Connections to impacts from ENSO events and dams [J]. Global and Planetary Change, 2006, 50(3-4): 212-225
- 18 Wang H, Yang Z, Saito Y, et al. Stepwise decreases of the Huanghe (Yellow River) sediment load (1950-2005): Impacts of climate change and human activities [J]. Global and Planetary Change, 2007, 57(3-4): 331-354
- 19 黄大吉, 苏纪兰. 黄河三角洲岸线变迁对莱州湾流场和对虾早期栖息地的影响[J]. 海洋学报, 2002, 24(6): 104-111 [Huang Daji, Su Jilan. The effects of the Huanghe River delta on the circulation and transportation of larvae [J]. Acta Oceanologica Sinica, 2002, 24(6): 104-111]
- 20 吴德星, 牟林, 李强, 等. 渤海盐度长期变化特征及可能的主导因素[J]. 自然科学进展, 2004, 14(002): 191-195 [Wu Dexing, Mou Lin, Li Qiang, et al. Long-term changes of salinity and temperature of the Bohai Sea and the controlling factors [J]. Progress in Natural Science, 2004, 14(2): 191-195]
- 21 Qiao S, Shi X, Zhu A, et al. Distribution and transport of suspended sediments off the Yellow River (Huanghe) mouth and the nearby Bohai Sea [J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2010, 86: 337-344
- 22 McManus J. Grain size determination and interpretation [C] // Tucker, Techniques in Sedimentology. Blackwell, Oxford, 1988: 63-85
- 23 Valier G, Christian F-L, Olivier B, et al. Efficient organic carbon burial in the Bengal fan sustained by the Himalayan erosional system [J]. Nature, 2007, 450: 407-410
- 24 Burdige D. Burial of terrestrial organic matter in marine sediments: A re-assessment [J]. Global Biogeochemical Cycles, 2005, 19(4): 1-7
- 25 赵保仁, 庄国文, 曹德明. 渤海的环流, 潮余流及其对沉积物分布的影响 [J]. 海洋与湖沼, 1995, 26(005): 466-473 [Zhao Baoren, Zhuang Guowen, Cao Deming. Circulation, tidal residual currents and their effects on the sedimentations in the Bohai Sea [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1995, 26(5): 466-473]
- 26 中国海湾志编纂委员会. 中国海湾志(14) [M]. 北京: 海洋出版社, 1998: 1-93 [Edition Committee of the Bay Chorography in China. The Bay Chorography in China (14) [M]. Beijing: Ocean Press, 1998: 1-93]
- 27 国家海洋局北海分局. 2008 渤海海洋环境质量公报[M/OL]. 2009 (<http://www.coi.gov.cn/hygb/dfhjzl/2008/bh>) [North Sea Branch of State Oceanic Administration. Marine Environmental Quality Bulletin of the Bohai Sea, 2009, Available at <http://www.coi.gov.cn/hygb/dfhjzl/2008/bh>]
- 28 孙军, 柴心玉. 莱州湾及潍河口夏季浮游植物生物量和初级生产力的分布[J]. 海洋学报, 2002, 24(5): 81-90 [Sunjun, Chai Xinyu. The distribution of phytoplankton biomass and primary productivity in the Laizhou Bay and estuary of the Weihe River in summer [J]. Acta Oceanologica Sinica, 2002, 24(5): 81-90]
- 29 Meybeck M. Carbon, nitrogen, and phosphorus transport by world rivers [J]. American Journal of Science, 1982, 282(40): 1-450

Distribution of Organic Carbon , Nitrogen in Suspended and Surface Sediments and Their Controlling Factors off the Huanghe (Yellow River) Mouth and the Nearby Bohai Sea

QIAO Shu-qing SHI Xue-fa BAI Ya-zhi XIONG Lin-fang

ZHU Ai-mei LIU Yan-guang FANG Xi-sheng

(Key Laboratory of Marine Sedimentology & Environmental Geology , First Institute of Oceanography ,
State Oceanic Administration , Qingdao , Shandong 266061)

Abstract A large-scale hydrological and sedimentological investigation was carried out off the Huanghe (Yellow River) mouth and the nearby Bohai Sea during August-September 2007. Approximately 227 suspended sediments and 245 surface sediments samples were selected to determine organic carbon and nitrogen contents using an elemental analysis instrument. The analyzed data show that the TOC content in surface sediment is lower than POC content in bottom suspended sediments and especially lower than that in surface suspended sediments in the same sampling stations. The study area can be classified into five provinces based on TOC , TN and POC data. Province I located near the Qing8 outlet is characterized by higher POC content in suspended sediments , while lower TOC , TN contents and higher C/N values in surface sediments. In contrast , the POC contents in suspended sediments are lower , while TOC , TN contents and C/N values in surface sediments are higher in the province II , which covers on both sides of the modern Huanghe mouth. Provinces III , IV and V are distributed east of 119.5°E , where the POC contents are higher , while TOC , TN contents and C/N values are lower. The results demonstrate that the contents of POC , TOC , TN and their distribution are mainly controlled by sources and sedimentary dynamic environment.

Key words sediments; Huanghe (Yellow River) ; Bohai Sea; suspended sediments; organic material; sources