

杭州湾及其邻近海域表层沉积物的沉积环境分区及重金属污染特征分析

柴小平¹, 魏娜¹, 任世军¹, 母清林¹, 胡序朋¹, 杜晓琴²

(1. 浙江省舟山海洋生态环境监测站, 浙江 舟山 316021; 2. 浙江海洋大学, 浙江 舟山 316000)

摘要: 于2017年春季和2018年春季, 分两个航次, 在杭州湾及其邻近海域采集了表层沉积物样品, 并对其粒度组成及重金属含量进行了测定。结果表明, 研究区域表层沉积物的粒度组成以砂和粉砂为主, 平均占比分别为38.0%和55.4%。根据粒度组成的区域分布特征, 将研究区域分为长江河口现代沉积区(I-1)、钱塘江河口现代沉积区(I-2)、长江羽状锋面积聚区(II-1)、长江次级锋面积聚区(II-2)、岛屿风化影响区(III)、残留砂混合沉积区(IV)等4大类6个亚区。通过比较不同区域重金属含量发现, 总体分布趋势为II-1区和II-2区含量较高, I-1区和IV区含量较低, I-1区和IV区相对居中。单因子污染指数评价结果显示, II-1区和II-2区的Cu、Pb、Zn、As、Cd、Hg已呈现出污染态势, 需引起关注; Cr则未呈现出污染态势。

关键词: 杭州湾; 粒度; 沉积环境分区; 重金属

中图分类号: X145 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2019)08-0029-07

DOI: 10.11759/hyxx20190212004

杭州湾是典型的喇叭形强潮河口, 北连长江口, 西接钱塘江, 东部经舟山群岛之间的水道与东海相通。湾内物质来源复杂多样, 不仅有长江、钱塘江、甬江、姚江等众多入海河流的泥沙, 还有驾潮而入的海沙以及来自舟山群岛的风化产物^[1]。近年来, 沿岸开发力度不断加强, 陆源污染排放持续加剧, 杭州湾生态环境受到了较大冲击。2019年4月, 浙江省生态环境厅制定了《杭州湾污染综合治理攻坚战实施方案》, 对杭州湾生态环境提出了明确治理目标。沉积环境是生态环境重要组成部分, 为提供更精准的科学依据和技术支持, 有必要根据物源和沉积物实际情况对杭州湾进行详细的环境分区。

粒度是沉积物的基本属性之一, 蕴含了水动力条件、物质运移方式、物质来源等重要信息。通过粒度分析, 可对沉积环境进行有效分区, 这对理清污染状况, 加强治理的针对性具有重要意义。尽管Chen等^[2]和章伟艳等^[3]在研究长江口及其邻近海域时对杭州湾的沉积环境分区已有所涉及, 但其研究重点在长江口, 就杭州湾而言研究还不够深入。因此本研究拟通过粒度分析进一步对杭州湾海域进行更详细的沉积环境划分, 并在划分基础上探讨各个区域的污染状况, 分析各个区域的不同物源和影响因素, 以期加快杭州湾生态环境的改善和治理。

1 材料与方法

1.1 样品采集

本文根据杭州湾地形地貌及水动力条件, 在研究区域设置38个点位, 如图1所示。采样点H01和H04的采样时间为2018年春季, 其他站位为2017年春季。样品的采集、贮存、制备、前处理和分析严格按照《海洋调查规范》(GB12763-2007)和《海洋监测规范》(GB17378-2007)有关要求实行。表层沉积物的采集使用抓斗式采泥器, 用木勺仔细刮取表层0~2 cm沉积物, 如遇砂砾层, 则采集0~3 cm沉积物。

1.2 样品分析与表征

粒度分析使用Microtrac S3500型激光粒度仪, 测量范围0.243~1 408 μm。沉积物分类和命名采用福

收稿日期: 2019-02-12; 修回日期: 2019-04-29

基金项目: 浙江省环保厅科研计划项目(2017A011); 舟山市科技计划项目(2017C32076)

[Foundation: Research Program of Zhejiang Environmental Protection Bureau, No.2017A011; Research Program of Bureau of Science and Technology of Zhoushan, No.2017C32076]

作者简介: 柴小平(1982-), 女, 浙江江山人, 硕士, 高级工程师, 主要从事海洋环境科学研究, E-mail: 46968738@qq.com; 母清林, 通信作者, 高级工程师, 主要从事海洋化学方面的研究, 电话: 13957206147, E-mail: m_qinglin@163.com

克-沃克三角图解法^[4], 详见图 2。粒级标准采用尤登-温德华氏等比制 ϕ 值, 粒径与 ϕ 值的转换关系如下:

$$\phi = -\log_2 d \quad (1)$$

式中: d 为颗粒直径(mm), ϕ 值越小, 颗粒越粗。

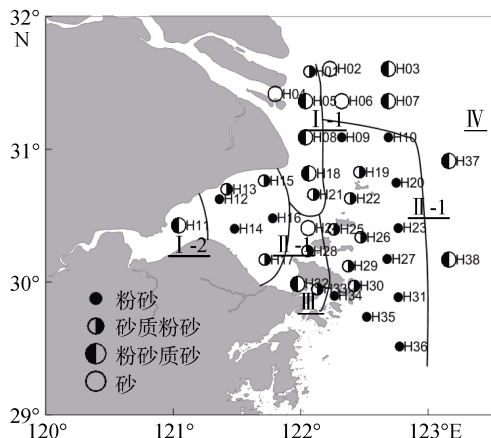


图 1 采样站位、底质类型及沉积环境分区

Fig. 1 The sampling stations, sediment types and divisions in the study area

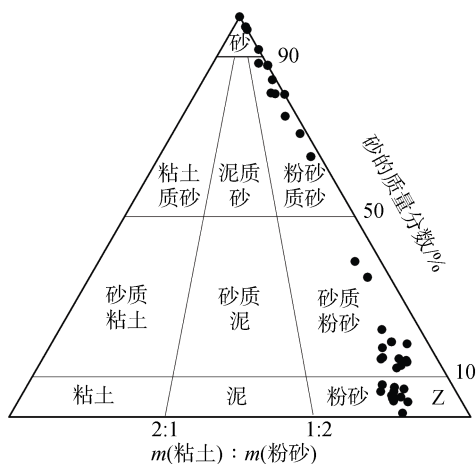


图 2 沉积物类型 Folk 分类

Fig. 2 Sediment types by Folk's classification

重金属分析首先将样品冷冻干燥后在球磨仪研磨至全部通过 160 目, 然后 Cu、Pb、Zn、Cr 采用电感耦合等离子体发射光谱法分析, Cd 采用无火焰原子吸收法分析, Hg、As 采用原子荧光法分析。重金属污染评价采用单因子污染指数法, 计算公式如下:

$$P_i = C_i / S_i \quad (2)$$

式中: C_i 为污染元素 i 实测值; S_i 为污染元素 i 评价基准。本研究采用污染元素在研究区域的背景值作为评价基准。当 $P_i \leq 1$ 为非污染, $1 < P_i \leq 2$ 为轻污染, $2 < P_i \leq 3$ 为中度污染, $P_i > 3$ 为重污染。

1.3 质量控制

粒度分析采用 Microtrac 公司 Glass1、Glass2、BCR66 三个不同粒径的标准物质控制准确度, 采用平行样分析控制精密密度, 测试的相对偏差均小于 5%。各重金属含量均采用 GBW07314 和 SRM1646a 标准物质分析控制准确度, 采用平行样分析控制精密密度, 测试的相对偏差均小于 5%。

2 结果与讨论

2.1 粒级组成及分布

研究区域表层沉积物砂含量范围 0.98%~100%, 均值 $38.0\% \pm 36.0\%$; 粉砂含量范围 0.01%~84.8%, 均值 $55.4\% \pm 31.0\%$; 粘土含量范围 0.01%~16.3%, 均值 $7.49\% \pm 5.52\%$ 。总体上, 粒级组成以粉砂和砂为主, 粘土含量较低。

各粒级含量平面分布如图 3(a), 3(b), 3(c)所示, 可以看出具有明显的区域特征。

首先, 在长江南支入海口, 砂含量随远离入海口逐渐递减, 粉砂和粘土逐渐递增; 等值线向东南方向呈舌状凸出, 粒级组成以砂为主。与其相似, 在钱塘江入海口附近, 砂含量也随远离入海口逐渐递减, 粉砂和粘土逐渐递增, 但等值线呈条带状分布。

在 $122.2^\circ\text{E} \sim 122.8^\circ\text{E}$, 31.2°N 以南海域, 各粒级含量等值线呈倒“U”形分布; 该区域是粉砂和粘土含量高值区、砂含量低值区; 粒级组成中粉砂占绝对优势, 最高达 75%以上。在“乍浦-庵东”连线以东的杭州湾, 各粒级含量等值线呈封闭环状, 该区域与“U”形区相似, 是粉砂和粘土含量高值区、砂含量低值区。

在舟山本岛西侧, 有两个直径较小的环形等值线, 该区域砂含量明显高于周边海域。仔细观察环状中心区域的沉积物样品, 发现有少量极粗的砾石, 且颗粒磨圆度较差, 表明其搬运距离不远, 应为附近岛屿随潮流作用输入的风化产物。

在约 123°E 以东海域, 砂含量等值线自西向东条带状递增, 最高达 75%以上, 明显高于邻近的“U”形区, 沉积物样品中含有较多的贝壳类物质。

根据砂、粉砂、粘土的百分含量, 采用福克-沃克三角图解法, 可将研究区域沉积物划分为砂、粉砂质砂、砂质粉砂、粉砂等 4 类(图 2)。三角分类图总体呈现两个显著特点, 一是在粘土和粉砂比例中粉砂占绝对优势, 沉积物类型集中分布在三角图右侧;

二是砂含量波动较大, 沉积物类型在三角图自上到下都有分布。从平面分布上看(图 1), 砂和粉砂质砂这两类主要分布在研究区域 31.2°N 以北及南汇嘴附

近, 另在 123°E 以东、钱塘江入海口、舟山群岛西侧也有零星分布; 粉砂和砂质粉砂这两类则基本覆盖了整个杭州湾以及舟山群岛周边海域。

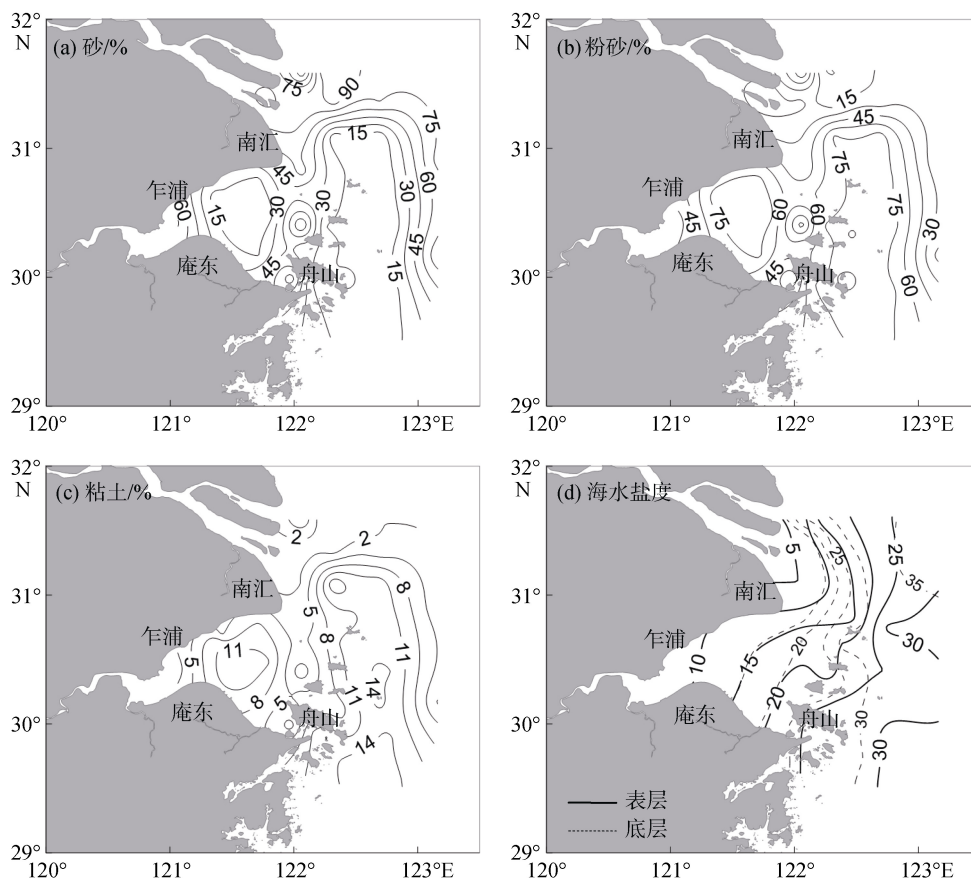


图 3 表层沉积物中砂、粉砂及粘土百分含量及海水盐度平面分布

Fig. 3 The percentage content distribution of sand, silt, clay in the surface sediment and salinity in the seawater

2.2 沉积环境分区

以粒度分布特征为基础, 结合福克-沃克分类、物源情况以及已有的研究结果, 将杭州湾及其邻近海域分为 4 大类 6 个亚区(图 1, 表 1)。

I-1 区为长江河口现代沉积区, 位于长江南支入海口, 向东南方向延伸, 与 Chen 等^[2]所划的 A 带相似; 平均粒径为 3.82ϕ , 粒度组成以砂为主, 砂含量具有随输送距离增加而递减的特点; 频率曲线以单峰态为主, 峰形较尖, 峰值在 3ϕ 左右(图 4)。该区域沉积物主要来源于长江冲淡水携带的大量泥沙, 其入海后往东南方向运移, 粗颗粒物受制于机械分异首先进行沉积。盐度分布显示了长江冲淡水朝东南向的舌状运移趋势(图 2 d), 但与粒度等值线的舌状方向有些差异, 这可能是因为海水盐度分布一般代表当季趋势, 而沉积物分布特征一般代表多年

平均趋势。

I-2 区为钱塘江河口现代沉积区, 位于钱塘江入海口, 与章伟艳等^[3]所划②区相似。与 I-1 区相似, 该区域粒级组成以砂为主, 并随远离入海口而逐渐递减, 平均粒径和频率曲线特征均与 I-1 区相似。该区域沉积物主要来源于钱塘江泥沙输入, 受长江径流影响较小。

II 区为长江冲淡水锋面积聚区, 与章伟艳等^[4]划分的④区对应, 但结合前文粒度分布特征, 本研究将该区域进一步细分为长江羽状锋积聚区(II-1)和长江次级锋积聚区(II-2)两个亚区, 并将受附近岛屿风化影响较大的海域进行了独立分区。II 区粒级组成以粉砂为主, 平均粒径约为 6ϕ , 明显细于 I 区; 频率曲线以单峰态为主, 与 I 区有所不同, 其峰形平缓且峰值右移至 $5\phi\sim 7\phi$ 之间。长江冲淡水携带的

泥沙在入海口初步沉积后继续向南输运,扩散过程中遇到高盐高密的外海水,混合界面处形成长江口羽状锋。羽状锋前沿的多年平均位置约处于 123°E ^[1],与本文“U”型区东侧基本吻合;羽状锋的盐水入侵位置可达 122.2°E 附近^[1],与“U”型区西侧基本吻合。该锋面的存在,使长江径流携带的泥沙难以穿越

输向外海,而在锋面附近积聚,形成细颗粒物质的高值区^[5-7]。在杭州湾盐度值15附近海域,存在自南汇嘴朝西南走向的长江冲淡水的次级锋面^[8],结合盐度分布可以看出(图2d),该区域粉砂和粘土环状高值区基本沿盐度为15的等值线呈对称分布,这从侧面验证了长江冲淡水次级锋面对附近泥沙的积聚效应。

表1 研究区域沉积环境分区及统计结果

Tab. 1 Sediment environment divisions and statistics in the study area

区域	砂/%	粉砂/%	粘土/%	平均粒径(ϕ)	主要物源及沉积作用
长江河口现代沉积区(I-1)	62.5	34.8	2.71	3.82	长江泥沙机械分异
钱塘江河口现代沉积区(I-2)	80.6	19.4	0.00	3.93	钱塘江泥沙机械分异
长江羽状锋面积聚区(II-1)	9.49	78.3	12.2	6.14	长江冲淡水锋面积聚
长江次级锋面积聚区(II-2)	9.64	80.5	9.85	5.88	长江冲淡水锋面积聚
岛屿风化影响区(III)	47.4	46.4	6.22	4.25	长江细颗粒物沉积、岛屿风化产物
残留砂混合区(IV)	87.0	11.5	1.51	2.80	残留砂改造、现代悬浮体沉积

III区为岛屿风化影响区,位于岱山-舟山本岛附近海域,在II-1和II-2区域中间。该区域沉积物主要来源于长江冲淡水泥沙输入,但因位于多岛屿地区,且海域潮流强、流速大,对岛屿的不断冲刷导致在粉砂区内出现少量粗颗粒物^[4]。粒级组成波动较大,有些以粉砂为主,有些以砂为主,频率曲线没有固定的特征,有单峰或双峰,这与该区域沉积物中粗颗粒物分布不均匀有关。

IV区为残留砂混合区,与章伟艳等^[4]所划⑤-I区相似,位于研究区域东侧和北侧。粒级组成以砂为主,但与I区相比,平均粒径更粗,砂含量更高,长江入海口外侧H02几乎达到了100%,不仅高于邻近的I-1区,且砂含量也不符合随输送距离减少的特征,因此认为该区域沉积物来源与I-1区有所不同。比较刘锡清所划分的“中国残留砂沉积分布略图”^[9],IV区正位于“长江口外大沙滩”、“东海外陆架区”两个典型残留沉积区的西侧缘。残留砂粒度频率曲线往往出现双峰或多峰现象^[10],从图4可以看出,IV区典型频率曲线呈双峰分布。研究认为,末次冰期淹没的残留砂在浪流冲刷下继续进行粗化和去泥改造^[11],同时现代沉积作用较弱,仅接受悬浮体细粒沉积^[12]。以H37为例,其频率曲线 2ϕ 左右的粗峰占显著优势,表明改造残留砂可能的重要影响; 7ϕ 左右的细峰不显著则可能对应于较弱的现代沉积作用。

2.3 不同沉积环境分区域重金属污染特征

以典型的重金属污染为代表,选取Cu、Pb、Zn、Cr、As、Cd、Hg等7个元素,比较各区域污染物含

量。可以看出(图5),总体趋势为长江锋面积聚区(II区)含量较高,钱塘江河口现代沉积区(I-2区)和残留砂沉积区(IV区)含量较低,长江河口现代沉积区(I-1区)和岛屿风化影响区(III区)相对居中。与杭州湾滨岸^[13]相比,长江口及其邻近海域Zn含量大幅偏低,Cu、Pb、Cd含量小幅偏低,Cr含量接近,这可能是因为滨岸海域受人类活动影响更强烈所致;与长江口外海域^[14]相比,Cu、Pb、Zn、As、Cd、Hg含量接近,Cr含量小幅偏低。

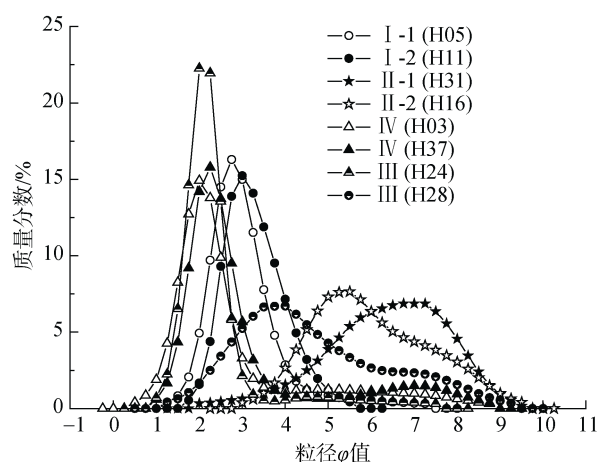


图4 研究区域典型粒度频率曲线

Fig. 4 Frequency curves of grain size distribution in the study area

沉积物粒度和物源供应是这些元素在各个分区分布特征的共同影响因素。颗粒越细,富集作用越强,污染物含量越高;从表2可以看出,除Cd外,各因子

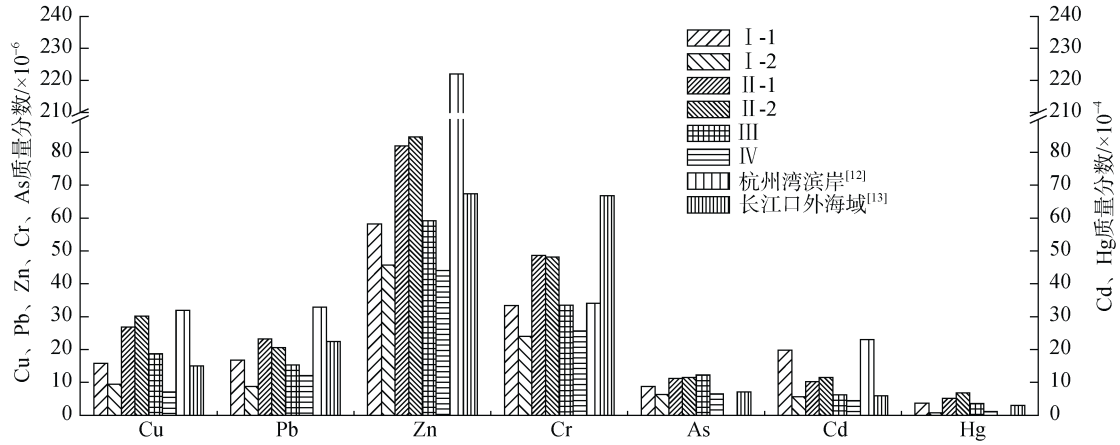


图 5 不同区域表层沉积物重金属含量比较

Fig. 5 The contents of heavy metals in surface sediments of different regions

表 2 表层沉积物中各污染物含量与各粒级组分的相关性分析

Tab. 2 Linear correlation coefficients of the pollutant contents with sand, silt and clay

项目	Cu	Pb	Zn	Cr	As	Cd	Hg
砂/%	-0.926**	-0.818**	-0.905**	-0.919**	-0.504**	-0.098	-0.649**
粉砂/%	0.922**	0.798**	0.896**	0.907**	0.504**	0.098	0.656**
粘土/%	0.863**	0.854**	0.874**	0.897**	0.458**	0.090	0.549**

注: ** $P < 0.01$; * $P < 0.05$

与砂含量呈显著负相关, 与粉砂、粘土含量呈显著正相关。研究区域的主要物源有长江径流、钱塘江径流以及岛屿风化产物和残留砂沉积。

II 区重金属含量相对较高是因为长江污染负荷较大且沉积物颗粒较细所致。I-2 区和 III 区的重金属含量较低, 是因为这两个区域沉积物颗粒较粗, 对污染物的富集作用较弱。与 I-2 区相比, I-1 区同为颗粒较粗的河口现代沉积区, 但重金属含量明显偏高, 这是由两个区域的主要污染源负荷差异所致。IV 区与 II 区一样, 受控于长江冲淡水的

锋面积聚影响, 但同时又有附近岛屿粗颗粒的风化产物输入, 因此其重金属含量低于积聚区、高于砂质区。

采用单因子污染指数法对各区域重金属含量进行进一步评价。选择不同区域的元素背景值作为评价基准, 评价结果差异较大, 为减少区域偏差, 尽可能选择评价区域已有的环境背景值结果。本研究中 Cu、Pb、Zn、As、Cd、Hg 选用杭州湾及其邻近海域背景值作为评价基准^[15], Cr 选用浙北海域背景值^[16]作为评价基准, 评价结果见表 3。

表 3 各区域表层沉积物重金属单因子污染指数评价结果

Tab. 3 Single factor pollution index of heavy metals in surface sediments of different regions

区域	P_i						
	Cu	Pb	Zn	Cr	As	Cd	Hg
长江河口现代沉积区(I-1)	0.74	0.86	0.73	0.43	0.87	1.84	0.94
钱塘江河口现代沉积区(I-2)	0.46	0.42	0.57	0.32	0.64	0.55	0.21
长江羽状锋面积聚区(II-1)	1.30	1.11	1.02	0.65	1.13	1.00	1.33
长江次级锋面积聚区(II-2)	1.46	0.98	1.05	0.64	1.16	1.12	1.75
岛屿风化影响区(III)	0.91	0.73	0.74	0.45	1.22	0.61	0.92
残留砂混合沉积区(IV)	0.34	0.58	0.55	0.34	0.65	0.43	0.29

可以看出, 在 II-1 区和 II-2 区, 除 Cr 以外的 6 种重金属元素 P_i 大于或接近 1.00, 已呈现出污染态

势; I-1 区的 Cd 以及 III 区的 As 也呈现出了污染态势, 尤其 I-1 区 Cd 含量接近背景值两倍, 需引起关

注; 其他区域 Cu、Pb、Zn、As、Cd、Hg 6 个金属元素的 P_i 均小于 1.00。Cr 的 P_i 在 6 个区域均小于 1.00, 含量低于背景值, 未呈现出污染态势。

3 结论

(1) 研究区域表层沉积物的粒度分布呈现出明显的区域特征。粒级组成等值线在舟山群岛东侧呈倒“U”型分布, 在杭州湾“乍浦-庵东”以东呈封闭环状, 在长江南支入海口呈东南向舌状凸出, 在舟山群岛西侧呈斑块状, 在钱塘江入海口和 123°E 以东、31.1°N 以南均呈条带状分布。

(2) 研究区域表层沉积物可划分为砂、粉砂质砂、砂质粉砂和粉砂 4 种类型, 粒级组成总体上以砂和粉砂为主, 平均占比分别为 38.0% 和 55.4%, 粘土含量较少。

(3) 将研究区域划分为 4 大类 6 个亚区, 分别为长江河口现代沉积区(I-1)、钱塘江河口现代沉积区(I-2)、长江羽状锋面积聚区(II-1)、长江次级锋面积聚区(II-2)、岛屿风化影响区(III)、残留砂混合沉积区(IV)。

(4) Cu、Pb、Zn、Cr、As、Cd、Hg 总体趋势均为 II-1 区和 II-2 区含量较高, I-2 区和 IV 区含量较低, I-1 区和 III 区相对居中。单因子污染指数评价显示 II-1 区和 II-2 区均已呈现出污染态势, 需引起关注, Cr 则未呈现出污染态势。

参考文献:

- [1] 陈吉余. 中国河口海岸研究与实践[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007.
Chen Jiyu. The Research and Practice for Estuarine and Coastal of China[M]. Beijing: Higher Education Press, 2007.
- [2] Chen Z Y, Song B P, Wang Z H et al. Late Quaternary evolution of the sub-aqueous Yangtze Delta, China: sedimentation, stratigraphy, palynology, and deformation[J]. Marine Geology, 2000, 162: 423-441.
- [3] 章伟艳, 张霄宇, 金海燕, 等. 长江口-杭州湾及其邻近海域沉积动力环境及物源分析[J]. 地理学报, 2013, 68(5): 640-650.
Zhang Weiyang, Zhang Xiaoyu, Jin Haiyan, et al. Dynamic sedimentary environment and the provenance characteristics in Yangtze River Estuary-Hangzhou Bay and its adjacent waters[J]. Acta Geographica Sinica, 2013, 68(5): 640-650.
- [4] Folk R L, Andrews P B, Lewis D W. Detrital sedimentary rock classification and nomenclature for use in New Zealand[J]. New Zealand journal of geology and geophysics, 1970, 13: 937-968.
- [5] 陈吉宇. 长江口拦门沙及水下三角洲的动力沉积和演变[J]. 长江流域资源与环境, 1995, 4(4): 348-355.
Chen Jiyu. Sediment dynamics and evolution of the mouthbar and subaqueous delta in the Yangtze Estuary[J]. Resources and Environment in the Yangtze Valley, 1995, 4(4): 348-355.
- [6] 胡方西, 胡辉, 谷国传, 等. 长江河口盐度锋[J]. 海洋与湖沼, 1995, 26(S1): 23-31.
Hu Fangxi, Hu Hui, Gu Guochuan, et al. Salinity fronts in the Changjiang River Estuary[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1995, 26(S1): 23-31.
- [7] 陈沈良, 谷国传, 胡方西. 长江口外羽状锋的屏障效应及其对水下三角洲塑造的影响[J]. 海洋科学, 2001, 25(5): 55-57.
Chen Shenliang, Gu Guochuan, Hu Fangxi. The barrier effect of plume front on the submerged delta development of Yangtze River Estuary[J]. Marine Sciences, 2001, 25(5): 55-57.
- [8] 苏纪兰, 王康璋, 李炎. 杭州湾锋面及其物质运输. 中国海洋学文集(2)[M]. 北京: 海洋出版社, 1992, 1-12.
Su Jilan, Wang Kanshan, Li Yan. Fronts and transport of suspended matter in Hangzhou Bay. Oceanography in China(2)[M]. Beijing: Ocean Press, 1992, 1-12.
- [9] 刘锡清. 中国陆架的残留沉积[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1987, 1: 3-16.
Liu Xiqing. Relict sediments in China continental shelf[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 1987, 1: 3-16.
- [10] 秦蕴珊, 赵一阳, 陈丽蓉, 等. 东海地质[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
Qin Yunshan, Zhao Yiyang, Chen Lirong, et al. Geology of the East China Sea[M]. Beijing: Beijing Science Press, 1987.
- [11] 沈华梯, 梁居廷, 王秀昌. 东海陆架残留沉积物的改造[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1984, 4(2): 67-76.
Shen Huati, Liang Juting, Wang Xiuchang. Reworking of relict sediments on the continental shelf of the East China Sea[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 1984, 4(2): 67-76.
- [12] 王中波, 杨守业, 张志珣, 等. 东海陆架中北部沉积物粒度特征及其沉积环境[J]. 海洋与湖沼, 2012, 43(6): 1039-1049.
Wang Zhongbo, Yang Shouye, Zhang Zhixun, et al. The grain size compositions of the surface sediments in the East China Sea: Indication for sedimentary environments[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2012, 43(6): 1039-1049.
- [13] 张弛, 高效江, 宋祖光, 等. 杭州湾河口地区表层沉积物中重金属的分布特征及污染评价[J]. 复旦学报

- (自然科学版), 2008, 47(4): 535-540.
Zhang Chi, Gao Xiaojiang, Song Zuguang, et al. Heavy metal distribution and pollution assessment in the surface sediments of Hangzhou Bay[J]. Journal of Fudan University (Natural Science), 2008, 47(4): 535-540.
- [14] 密蓓蓓, 蓝先洪, 张志珣, 等. 长江口外海域沉积物重金属分布特征及其环境质量评价[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2013(6): 47-54.
Mi Beibei, Lan Xianhong, Zhang Zhixun, et al. Distribution of heavy metals in surface sediments off Yangtze River Estuary and environmental quality assessment[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2013(6): 47-54.
- [15] 柴小平, 胡宝兰, 魏娜, 等. 杭州湾及邻近海域表层沉积物重金属的分布、来源及评价[J]. 环境科学学报, 2015, 35(12): 3906-3916.
Chai Xiaoping, Hu Baolan, Wei Na, et al. Distribution, sources and assessment of heavy metals in surface sediments of the Hangzhou Bay and its adjacent areas[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2015, 35(12): 3906-3916.
- [16] 张志忠, 李双林, 董岩翔, 等. 浙江近岸海域沉积物沉积速率及地球化学[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2005, 25(3): 15-24.
Zhang Zhizhong, Li Shuanglin, Dong Yanxiang, et al. Deposition rate and geochemical characters of sediments in Zhejiang Offshore[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2005, 25(3): 15-24.

Analysis of surface sediment environment division and heavy metal pollution character in Hangzhou Bay and its adjacent areas

CHAI Xiao-ping¹, WEI Na¹, REN Shi-jun¹, MU Qing-lin¹, HU Xu-peng¹, DU Xiao-qin²
(1. Zhejiang Pvovincial Zhoushan Marine Ecological Environmental Monitoring Station, Zhoushan 316021, China; 2. Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316000, China)

Received: Feb. 12, 2019

Key words: Hangzhou Bay; grain size; sediment environmental division; heavy metal

Abstract: The grain size composition and heavy metal contents were determined in surface sediments of Hangzhou Bay and its adjacent areas. The samples were obtained from two spring cruises in 2017 and 2018. The results showed that the grain size composition of the study area was dominated by sand and silt, with average proportions of 38.0% and 55.4%, respectively. The study area was separated into six regions based on the grain size distributions, including the Yangtze River estuarine modern deposition region (I -1), Qiantang River estuarine modern deposition region (I -2), Yangtze River plume front region (II -1), Yangtze River secondary plume front area (II -2), island weathering related area (III), and sandy relict deposition region (IV). The heavy metal contents were high in regions II -1 and II -2 and low in regions I -2 and IV. A pollution trend was observed based on the contents of Cu, Pb, Zn, Cd, As, and Hg in regions II -1 and II -2, wherein more attentions is needed. However, the Cr content was evidently lower than the background value.

(本文编辑: 康亦兼)