

文章编号: 1674-5566(2015)02-0249-07

绿华海上散货减载平台附近海域沉积物重金属风险评估

胡益峰, 刘蒙蒙, 李璐璐, 方添坤, 李卫丁

(国家海洋局东海分局舟山海洋工作站, 舟山市海洋环境监测预报中心, 浙江 舟山 316104)

摘要: 根据2012年绿华减载平台附近海域春、夏、秋三个季度沉积物监测结果分析评价表明: (1) 该海域沉积物中汞(Hg)、砷(As)、铜(Cu)、铅(Pb)、镉(Cd)、铬(Cr) 6种重金属元素含量均符合《海洋沉积物质量》第一类标准值; 铁(Fe)元素含量相比2006年明显升高。(2) 地积累指数法和潜在生态危害指数法评价结果均显示, 重金属Hg、As、Pb、Cr均未受到污染, Cu受到轻微污染, 而Cd受到中等程度及以上污染, 2种方法的评价结果一致性较好。(3) 潜在生态危害指数法评价结果显示, 重金属Hg、As、Cu、Pb和Cr为低等程度潜在生态危害, 而Cd为较高程度潜在生态危害。该海域沉积物6种重金属的综合潜在生态危害属于中等程度。(4) 讨论了不同背景参比值对评价结果的影响, 表明采用合适的背景参比值, 对沉积物重金属评价具有重大意义。

研究亮点: 应用被广泛采用的地积累指数法和潜在生态危害指数法, 同时对绿华减载平台附近海域沉积物质量进行评价, 分析了沉积物重金属污染程度和潜在生态危害状况, 并对2种方法评价结果的一致性进行对比分析。就选用不同的沉积物背景参比值对2种评价方法结果的影响进行了分析讨论。

关键词: 地积累指数; 潜在生态危害指数; 重金属污染; 背景参比值; 绿华

中图分类号: X 834

文献标志码: A

绿华海上散货减载平台(简称“绿华减载平台”)位于舟山市嵊泗县西绿华山石子岙南侧海域, 主要用于铁矿石等散货的中转减载作业。水体中的重金属元素极大部分会转移至底泥或悬浮颗粒, 而累积的重金属元素在适宜条件下又会释放进入上覆水造成二次污染, 此外, 通过生物富集和放大作用, 重金属会对生态系统构成直接和间接的威胁^[1]。因此, 具有源和汇双重作用的沉积物在重金属污染评价中相当重要^[2]。评价沉积物重金属污染的方法有很多, 包括潜在生态危害指数法^[3]、地积累指数法^[4]、污染负荷指数法^[5]、回归过量分析法^[6]等。绿华减载平台所处海域位于嵊泗马鞍列岛国家级海洋特别保护区所属的抗风浪深水网箱养殖区和生态养殖区两大核心功能区域, 主要养殖品种为大黄鱼和紫贻贝。平台的营运作业, 能加剧该海域海水富营养化并引起部分重金属元素含量升高、从而破坏浮

游生物群落结构组成和底栖生物生境状况。本文采用国内外科研工作者广泛采用的潜在生态危害指数法和地积累指数法评价该海域表层沉积物重金属的污染状况。

1 材料与方法

1.1 采样站位与样品采集、分析

在绿华减载平台附近海域共布设10个沉积物监测站位(见图1), 分别于2012年5月、8月、10月进行一次表层沉积物采样, 使用0.05 m²的抓斗式采泥器采集表层沉积物后, 刮取抓斗内0~2 cm的表层样品, 以备实验室检测用。

因铁矿石等中转物中同时含有Cu、Pb等重金属元素, 结合绿华减载平台工程环境影响评价中的海域环境现状调查资料和国家海洋局关于海水增养殖区监测实施方案, 本文选取Hg、As、Cu、Pb、Cd、Cr、Fe等7种重金属元素进行分析评

收稿日期: 2014-07-11

修回日期: 2014-12-11

基金项目: 国家海洋局东海分局青年海洋科学基金(201204)

作者简介: 胡益峰(1980—), 男, 硕士, 高级工程师, 研究方向为海洋环境监测。E-mail: 2046hyf@163.com

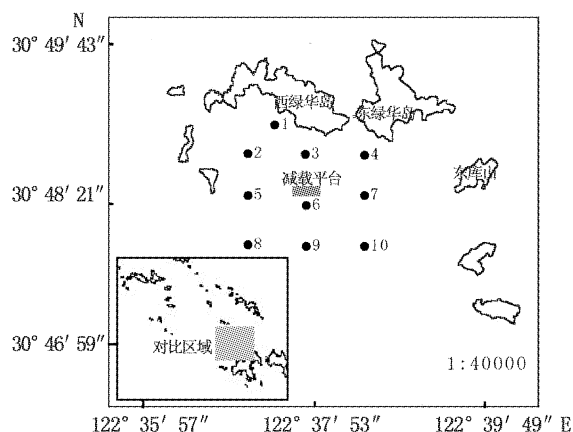


图1 采样站位

Fig.1 Sampling stations

价。沉积物样品经硝酸 + 高氯酸于 180 °C ~ 200 °C 高温消解后^[7], $w(\text{Hg})$ 和 $w(\text{As})$ 采用原子荧光法测定, 使用仪器为 XGY-6060 型原子荧光光度计, $w(\text{Cu})$ 、 $w(\text{Pb})$ 、 $w(\text{Cd})$ 和 $w(\text{Cr})$ 采用原子吸收分光光度法测定, 使用仪器为 TAS-990 原子吸收分光光度计, $w(\text{Fe})$ 采用电感耦合等离子体原子发射光谱法测定, 使用仪器为 AA240 原子吸收光谱仪。

1.2 地积累指数评价方法^[4]

地积累指数的计算公式为:

$$I_{\text{geo}} = \log_2 [C_n / (K \times B_n)] \quad (1)$$

式中: I_{geo} 为地积累污染指数; C_n 为重金属元素 n 的实测含量 (mg/kg); B_n 为沉积岩 (即普通页岩) 中重金属元素 n 的地球化学背景值 (mg/kg); K 为考虑到成岩作用可能会引起的背景值的变动而设定的常数, 取 1.5。根据 I_{geo} 值的大小, 将重金属污染程度分为 7 个等级, 0 ~ 6 级表示污染程度由无至极强^[8] (见表 1)。关于背景值, 目前国内并无统一定论, 本文参考王菊英等^[9] 关于黄海和东海海域沉积物背景值的研究成果。

表1 地积累指数 (I_{geo}) 与污染程度
Tab.1 Index of geo-accumulation (I_{geo}) and the pollution grades

I_{geo} index of geo-accumulation	I_{geo} 分级 classification	污染程度 degree of pollution
≤ 0	0	无
0 ~ 1	1	无 - 中
1 ~ 2	2	中
2 ~ 3	3	中 - 强
3 ~ 4	4	强
4 ~ 5	5	强 - 极强
≥ 5	6	极强

1.3 潜在生态危害指数评价方法^[3]

单个重金属的潜在生态危害参数计算公式为: $E_r^i = T_r^i \times C_f^i = T_r^i \times C^i / C_n^i$ (2)

多种重金属综合潜在生态危害指数计算公式为: $RI = \sum_{i=1}^6 E_r^i$ (3)

式中: E_r^i 为潜在生态危害指数; T_r^i 为重金属元素 i 的毒性响应参数; C_f^i 为重金属元素 i 的污染系数, $C_f^i < 1$ 为非污染, $1 \leq C_f^i < 2$ 为轻微污染, $2 \leq C_f^i < 3$ 为中度污染, $C_f^i \geq 3$ 为重度污染; C^i 为重金属元素 i 的实测浓度, mg/kg; C_n^i 为重金属元素 i 的背景参比值; RI 为多种重金属综合潜在生态危害指数。 C_n^i (与 B_n 取值一致) 和 T_r^i 取值见表 2, 重金属的潜在生态危害指数分级见表 3。

表2 重金属的背景参照值^[9]和毒性响应参数^[3]
Tab.2 Background reference values^[9] and toxicity coefficients^[3] of heavy metals

重金属 heavy metals	C_n^i / (mg/kg) background	T_r^i toxicity coefficients
Hg	0.092	40
As	16.60	10
Cu	10.52	5
Pb	20.27	5
Cd	0.053	30
Cr	67.40	2

2 结果与讨论

2.1 沉积物重金属含量分析

绿岛减载平台附近海域表层沉积物中重金属 Fe、Hg、As、Cu、Pb、Cd、Cr 的含量见表 4。

2.1.1 Fe 含量分析

Fe 是海洋中的痕量金属元素, 和 N、P、Si 三大生源要素一样, 都是浮游植物生长的基本要素, 在藻类代谢中生物能的形成过程起着重要作用^[10], 是浮游植物在生长过程中电子传递、氧的新陈代谢、氮的吸收利用、呼吸作用、光合作用的必需元素, 藻类叶绿素的生物合成、对 C 和 N 的转移与同化作用以及藻类细胞内生化组成比率的变化都受到 Fe 的影响^[11], Fe 是浮游植物生长的潜在性限制因子之一。浮游植物直接吸收利用的溶解态 Fe 在海水中含量很低, 海底表层沉积物中颗粒胶体态 Fe 对于浮游植物来说是一个很重要的储存库, 因此, 了解和掌握其含量, 具有一定意义。

表 3 重金属潜在生态危害指数分级

Tab.3 Indices and grades of potential ecological risk of heavy metals

E_r^i potential ecological risk	危害程度分级 harm classification	RI comprehensive potential hazards	危害程度分级 harm classification
$E_r^i < 40$	低	$RI < 150$	低
$40 \leq E_r^i < 80$	中	$150 \leq RI < 300$	中
$80 \leq E_r^i < 160$	较高	$300 \leq RI < 600$	较高
$160 \leq E_r^i < 320$	高	$RI \geq 600$	很高
$E_r^i \geq 320$	很高		

表 4 不同重金属元素含量

Tab.4 The content of heavy metals

元素 heavy metals	Fe	Hg	As	Cu	Pb	Cd	Cr
含量 content	12894 ~ 25944 18546 ± 5336	0.046 ~ 0.055 0.049 ± 0.004	9.8 ~ 13.1 11.0 ± 1.00	18.8 ~ 20.8 19.9 ± 0.70	12.1 ~ 19.9 16.1 ± 3.20	0.10 ~ 0.37 0.20 ± 0.10	53.2 ~ 63.6 59.6 ± 4.10

注:“—”上表示含量范围,“—”下表示平均值和标准差;平均值为 3 个航次所有样品的测定值。

Note: Content range/(average ± standard deviation). The average values were from the sample of three voyage.

绿华减载平台附近海域表层沉积物重金属 Fe 平均含量为 18 546 mg/kg,与减载平台工程海洋环境影响评价报告书^[12]的本底调查值相比升高了近 13 倍,而该海域并无陆源输入补充 Fe,正常的大气气溶胶沉降远不能达到这个水平,表明减载平台作业时引起的铁矿石直接遗落海底和含铁粉尘的入海沉降,是附近海域沉积物 Fe 含量升高的主要原因。相比 2006 年的本底值,该海域表层沉积物中累积了丰富的 Fe 元素,在适宜条件下,Fe 溶解进入上覆海水,而 Fe 作为浮游植物生长的潜在性限制因子,该海域海水在获得 Fe 元素补充后,春夏季节适宜的水文气象和营养条件下,造成浮游植物大量繁殖,从而诱发赤潮,导致近年来该海域在春夏季节赤潮频繁发生。

2.1.2 其他重金属含量分析

绿华减载平台附近海域沉积物重金属 Hg、As、Cu、Pb、Cd、Cr 平均含量分别为 0.049 mg/kg、

11.0 mg/kg、19.9 mg/kg、16.1 mg/kg、0.20 mg/kg、59.6 mg/kg,均小于《海洋沉积物质量》^[13](GB18668—2002)第一类标准限值,标准指数(实测值/第一类标准限值)分别为 0.24、0.55、0.57、0.27、0.40、0.74,表明该区域沉积物重金属质量良好,与胡益峰等^[14]在嵛泗绿华岛养殖区海域沉积物重金属研究成果基本一致。

2.2 地积累指数评价结果

地积累指数法综合考虑了人为活动对环境的影响,并同时也考虑了由于自然成岩作用可能引起的背景值变动的因素,但没有考虑各种重金属毒性效应对环境影响。海底沉积物在短期内是一种稳定的介质,而重金属又是含量相对稳定的元素,故本文取 3 个航次重金属测定值的平均值,代入公式(1)计算出各重金属元素的地积累指数及分级。同步进行对比区域的地积累指数计算及分级,见表 5。

表 5 地积累指数法评价结果

Tab.5 Evaluation results of Geo-accumulation index method

I_{geo}	Hg	As	Cu	Pb	Cd	Cr
最小值 the minimum value	-1.58	-1.34	0.25	-1.33	0.33	-0.93
最大值 the maximum value	-1.33	-0.92	0.40	-0.61	2.21	-0.67
平均值 average	-1.48	-1.17	0.33	-0.91	1.31	-0.76
污染分级 pollution classification	0	0	1	0	2	0
对比区域 contrast area	-1.06	-1.08	0.22	-1.29	0.33	-0.67
污染分级 pollution classification	0	0	1	0	1	0

注:对比区域数据来源为嵛泗马鞍列岛海洋特别保护区专项调查,采样时间为 2012 年 7 月,站位 3 个。

Note: The data of comparative area came from special investigation of marine reserve of Shengsi Ma'an islands, sampling time was 2012/7, station number was three.

由表 5 可以看出,绿华减载平台附近海域沉积物重金属 Hg、As、Pb、Cr 的地积累指数分级为 0 级,污染程度为无污染级别;Cu 的地积累指数分级为 1 级,污染程度为无-中污染级别;Cd 的地积累指数分级为 2 级,污染程度为中等污染级别。从受污染程度上看,Hg 受到的污染程度最轻,Cd 受到的污染程度最重,污染程度从大到小顺序为: Cd > Cu > Cr > Pb > As > Hg。

对比区域距减载平台东南方向约 15 km,与减载平台所在区域同位于嵊泗马鞍列岛国家级海洋特别保护区(图 1 左下角),属枸杞岛北部生态养殖区。比较本研究区域与对比区域重金属的地积累指数及污染分级可以看出,本研究区域 Cd 为 2 级污染,达到了中等强度污染,而对比区域为 1 级污染,属无-中污染,污染程度明显高于对比区域;而其他 5 种重金属的污染分级一致,Hg、As、Pb、Cr 均为 0 级,属无污染,Cu 为 1 级,属无-中污染;从污染程度上看,绿华减载平

台附近海域沉积物重金属 Hg、As、Cr 的污染程度明显低于对比区域,但 Cu、Pb、Cd 的污染程度明显高于对比区域,本研究区域和对比区域均为生态养殖区,并无其他陆源输入的影响,表明减载平台的营运、铁矿石等的中转作业是导致污染加重的主要因素。

2.3 潜在生态危害指数评价结果

沉积物中重金属元素的含量越高,对生态环境的潜在危害性就越大^[15]。潜在生态危害指数法综合考虑了重金属元素的毒性、敏感性以及区域背景值的差异,消除了区域差异和异源污染的影响,并给出了重金属元素潜在生态风险程度的定量划分,是综合反映沉积物重金属对生态环境影响潜力的指标。由公式(2)、(3)计算出各重金属元素的污染系数(C_r^i)和潜在生态危害指数(E_r^i),同步进行对比区域的潜在生态危害指数计算,见表 6。

表 6 不同重金属元素的污染系数(C_r^i)和潜在生态危害指数(E_r^i)

Tab. 6 Individual pollution index and potential ecological risk factors of heavy metals

	Hg	As	Cu	Pb	Cd	Cr	区域 area
C_r^i	0.53	0.66	1.89	0.79	3.77	0.88	本研究区域
E_r^i	21.30	6.63	9.46	3.97	113.21	1.77	本研究区域
E_r^i	28.69	7.11	8.75	3.06	56.6	1.88	对比区域

注:对比区域数据来源为嵊泗马鞍列岛海洋特别保护区专项调查,采样时间为 2012 年 7 月,站位 3 个。

Note: The data of comparative area came from special investigation of marine reserve of Shengsi Ma'an islands, sampling time was 2012/7, station number was three.

由表 6 可以看出,绿华减载平台附近海域表层沉积物重金属 Hg、As、Pb、Cr 的 C_r^i 值小于 1,为非污染状态;Cu 为轻微污染状态;Cd 的污染最严重,达到重度污染水平;污染程度从大到小顺序为: Cd > Cu > Cr > Pb > As > Hg,与地积累指数的评价结果排序完全一致。而潜在生态危害指数评价结果显示,绿华减载平台附近海域沉积物重金属 Hg、As、Cu、Pb 和 Cr 为低等潜在生态危害,而 Cd 为较高潜在生态危害,各重金属元素对海洋生态系统潜在危害的影响程度从大到小顺序为: Cd > Hg > Cu > As > Pb > Cr,与各重金属元素污染程度的大小排序不一致,这是因为赋予了各重金属元素不同的毒性系数。6 种重金属的综合潜在生态危害指数 RI 值为 156.34,属于中等潜在生态危害程度。

比较对比区域可以看出,各重金属元素的潜在生态危害大小排序一致,分级上除了 Cd 由较高降为中等程度的潜在生态危害,其余各重金属元素的潜在生态危害分级不变,为低等潜在生态危害;从潜在生态危害的程度上看,绿华减载平台附近海域沉积物重金属 Hg、As、Cr 低于对比区域,而 Cu、Pb、Cd 则明显高于对比区域;对比区域重金属综合潜在生态危害指数 RI 值为 106.09,明显低于本文研究区域。表明减载平台营运、铁矿石等的中转作业是造成邻近海域表层沉积物重金属污染、潜在生态危害加重的主要原因。

2.4 两种方法评价结果的比较

由表 7 可以看出,绿华减载平台附近海域沉积物重金属 Hg、As、Pb、Cr 均未受到污染;Cu 为轻微污染;Cd 的污染评级有一定差别,但都达到

中等污染程度。比较地积累指数和潜在生态危害指数,可以看出其评价结果有较好的一致性,表明两种评价方法均适宜绿华减载平台附近海域沉积物污染程度的评价。但地积累指数法只考虑重金属元素的实际含量,相应的其背景参比值,是人为污染在沉积环境中的累积,只能直观反映外源重金属在沉积物中的累积程度^[16]。潜在生态危害指数法是对重金属生物毒性的加权计算,包含了浓度效应、毒性效应、协同效应和敏

感性等 4 个方面,将重金属环境效应、生态效应和毒理学联系起来^[17],来评价重金属对于生态环境潜在危害性。总体评价结果表明,绿华减载平台营运、铁矿石等的中转作业对邻近海域表层沉积物重金属 Cu、Pb、Cd 造成一定程度的污染影响,是其污染加重和潜在生态危害性升高的主要原因,而对 Hg、As、Cr 则无明显影响。两种方法结合起来,能比较合理地评价沉积物重金属的污染状况^[18]。

表 7 各重金属元素在 2 种评价方法中的污染评级

Tab. 7 Pollution rating of elements in two evaluation methods

评价方法 evaluation method	Hg	As	Cu	Pb	Cd	Cr
地积累指数法 geo-accumulation index	无污染	无污染	无 - 中污染	无污染	中度污染	无污染
潜在生态危害指数法 potential ecological risk index	非污染	非污染	轻微污染	非污染	重度污染	非污染

2.5 不同背景参比值对评价结果影响分析

本文采用的 I_{geo} 和 E_r^i 值法均涉及到背景参比值的选择问题,目前国内外学者对参比值的选择差别很大,有的学者以页岩平均重金属含量作为全球统一的沉积物重金属参比值;有的学者以研究区域当地的沉积物重金属背景值作为参比值;

有的学者以全球沉积物重金属的平均背景值作为参比值;而 HANKANSON 则提出以现代工业化前沉积物重金属的最高背景值作为参比值。将本文采用王菊英等^[9]的关于黄海和东海海域沉积物背景值与其他相关背景值同时进行评价比较,所得结果见表 8。

表 8 不同背景值评价结果比较

Tab. 8 Comparison of the evaluation results of different backgrounds

	Hg	As	Cu	Pb	Cd	Cr	背景值 background
I_{geo}	-1.48/0	-1.17/0	0.33/1	-0.91/0	1.31/2	-0.76/0	王菊英 ^[9]
	-2.16/0	-1.03/0	-1.18/0	-1.22/0	-1.91/0	-0.59/0	陈静生 ^[1]
	-2.61/0	-1.45/0	-1.40/0	-2.48/0	-1.91/0	-1.01/0	《海洋沉积物质量》 ^[13]
	-2.94/0	-1.03/0	-1.91/0	-2.71/0	-2.91/0	-1.18/0	HAKANSON ^[3]
E_r^i	21.30/低	6.63/低	9.46/低	3.97/低	113.21/较高	1.77/低	王菊英 ^[9]
	9.80/低	7.33/低	3.32/低	3.22/低	12.00/低	1.99/低	陈静生 ^[1]
	9.80/低	5.50/低	2.84/低	1.34/低	12.00/低	1.49/低	《海洋沉积物质量》 ^[13]
	7.84/低	7.33/低	1.99/低	1.15/低	6.00/低	1.32/低	HAKANSON ^[3]

注:“/”左表示 I_{geo} 和 E_r^i 指数值,“/”右表示污染程度。

Note: Index of I_{geo} and E_r^i /pollution level.

由表 8 可以看出,选择不同的背景参比值进行重金属污染评价时,其 I_{geo} 和 E_r^i 指数值各不相同,各重金属元素污染程度排序也不一致。但在污染程度的定性分级上呈现总体一致性, I_{geo} 指数法中,除了本文采用王菊英等^[9]的研究成果作为背景参比值进行评价的 Cu、Cd 的污染分级分别为 1 级、2 级,各重金属元素采用不同的背景值进

行评价的污染程度分级均为 0 级; E_r^i 指数法中,除了本文采用王菊英等^[9]的研究成果作为背景参比值进行评价的 Cd 的污染危害程度分级为较高,各重金属元素采用不同的背景参比值进行评价的污染危害程度分级均为低。表明地积累指数法和潜在生态危害指数法在沉积物重金属污染评价中具有很强的科学性和普遍的适用性。

通过比较可以看出,采用陈静生^[1]、《海洋沉积物质量》^[13]、HAKANSON^[3]等的研究成果,其背景参比值均具有大尺度、大区域的性质,并不能客观地反映特定的、小区域的污染状况。本文采用王菊英等^[9]的东海沉积物中重金属的背景值做参比进行评价,能反映特定区域的差异性,可以定量反映出污染程度,从而有效避免采用大尺度平均参比值带来的偏差,在评价中更具合理性。

3 结论

(1) 绿华减载平台附近海域沉积物重金属 Hg、As、Cu、Pb、Cd、Cr 含量符合《海洋沉积物质量》第一类标准值;Fe 含量相比 2006 年明显上升。

(2) 采用两种不同的方法进行沉积物重金属污染状况评价,其结果一致性较好, Hg、As、Pb、Cr 均未受到污染,Cu 受到轻微污染,而 Cd 污染最严重,达到中等污染程度以上,这与绿华减载平台营运、铁矿石等的中转有关,污染程度的排序为 Cd > Cu > Cr > Pb > As > Hg。

(3) 潜在生态危害指数法评价结果显示, Hg、As、Cu、Pb 和 Cr 为低等程度的潜在生态危害,而 Cd 为较高等度的潜在生态危害。该海域沉积物重金属综合潜在生态危害属于中等程度。

(4) 选用不同的背景参比值进行地积累指数和潜在生态危害指数评价,对污染程度的分级、污染程度的排序有很大影响。因此选用合适的背景参比值,应引起科研工作者的重视。

参考文献:

- [1] 陈静生,邓宝山,陶澍,等. 环境地球化学[M]. 北京:海洋出版社,1990.
CHEN J S, DENG B S, TAO S, et al. Environmental Geochemistry[M]. Beijing: Ocean Press, 1990.
- [2] CHAPMAN P M, WANG F Y. Appropriate applications of sediment quality values for metals and metalloids [J]. Environ Sci Technol, 1999, 33(22): 3937-3941.
- [3] HAKANSON L. An ecology risk index for aquatic pollution control—a sediment logical approach [J]. Water Research, 1980, 14(8): 975-986.
- [4] MULLER G. Index of geo-accumulation in sediments of the Rhine River [J]. Geochemical Journal, 1969, 2(3): 108-118.
- [5] 贾振邦,周华. 应用污染负荷指数法评价太子河(本溪市市区段)沉积物中重金属污染[J]. 环境科技, 1992, 12(6): 55-61.
- [6] JIA Z B, ZHOU H. Assessment the pollution on Heavy Metals in the sediments of Taizi River in Benxi Area by Pollution Load Index [J]. Environmental Science and Technology, 1992, 12(6): 55-61.
- [7] HILTON J. A mathematical model for analysis of sediment coke data; implications for enrichment factor calculations and trace-metal transport mechanisms [J]. Chemical Geology, 1985, 48(1/4): 281-291.
- [8] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB17378.5—2007, 海洋监测规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. GB17378.5—2007, The specification for marine monitoring[S]. Beijing: Standard Press of China, 2008.
- [9] LOSKA K. Metal Contamination of Farming Soils Affected by Industry [J]. Environment International, 2004, 30(2): 159-165.
- [10] 王菊英, 马德毅, 鲍永恩, 等. 黄海和东海海域沉积物的环境质量评价[J]. 海洋环境科学, 2003, 22(4): 21-24.
WANG J Y, MA D Y, BAO Y E, et al. Evaluation on sediment quality in Yellow Sea and East China Sea [J]. Marine Environmental Science, 2003, 22(4): 21-24.
- [11] RUETER J G, ADES D R. The role of iron nutrition in photosynthesis and nitrogen assimilation in scenedesmus quadricauda (Chlorophyceae) [J]. Journal of Phycology, 1987, 23(3): 452-457.
- [12] CARDENAS J R. Effect of iron supply on the activities of the nitrate-reducing system from Chlorella [J]. Archives of Microbiology, 1972, 81(3): 260-263.
- [13] 中国水产科学研究院东海水产研究所. 绿华海上散货减载平台工程海洋环境影响评价报告书[R]. 上海, 中国水产科学研究院东海水产研究所, 2006.
East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences. The environmental impact statement of LvHua offshore bulk unloading platform [R]. Shanghai, East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, 2006.
- [14] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB18668—2002, 海洋沉积物质量[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. GB18668—2002, Marine sediment quality[S]. Beijing: Standard Press of China, 2002.
- [15] 胡益峰, 蒋红, 李卫丁, 等. 嵊泗绿华岛养殖海域环境质量综合评价[J]. 上海海洋大学学报, 2013, 22(4): 603-608.
HU Y F, JIANG H, LI W D, et al. The comprehensive evaluation of sea area environmental quality for breeding in Shengsi lvhua island [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2013, 22(4): 603-608.
- [16] 王增焕, 柯常亮, 王许诺, 等. 流沙湾贝类养殖海域环境质

- 量评价[J]. 南方水产科学,2011,7(3):24-30.
- WANG Z H, KE C L, WANG X N, et al. Marine environmental quality assessment of shellfish culture in Liusha Bay[J]. South China Fisheries Science, 2011, 7(3): 24-30.
- [16] 柴世伟,温琰茂,张亚雷,等. 地积累指数法在土壤重金属污染评价中的应用[J]. 同济大学学报:自然科学版, 2006,34(12):1657-1661.
- CAI S W, WEN Y M, ZHANG Y L, et al. Application of Index of Geoaccumulation (Igeo) to Pollution Evaluation of Heavy Metals in Soil [J]. Journal of Tongji University (Natural Science), 2006, 34(12): 1657-1661.
- [17] 许振成,杨晓云,温勇,等. 北江中上游底泥重金属污染及其潜在生态危害评价[J]. 环境科学,2009,30(11):3262-3268.
- XU Z C, YANG X Y, WEN Y, et al. Evaluation of the Heavy Metals Contamination and Its Potential Ecological Risk of the Sediments in Beijiang River's Upper and Middle Reaches [J]. Chinese Journal of Environmental Science, 2009, 30(11): 3262-3268.
- [18] 彭景,李泽琴,侯家渝. 地累积指数法及生态危害指数评价法在土壤重金属污染中的应用及探讨[J]. 广东微量元素科学,2007,14(8):13-17.
- PENG J, LI Z Q, HOU J Y. Application of the Index of Geo-accumulation Index and Ecological Risk Index to Assess Heavy Metal Pollution in Soils [J]. Guangdong Trace Elements Science, 2007, 14(8): 13-17.

The risk assessment of heavy metals in surface sediments near Lvhua offshore bulk unloading platform

HU Yifeng, LIU Mengmeng, LI Lulu, FANG Tiankun, LI Weiding

(Zhoushan Marine Workstation of East China Sea Branch of SOA, Oceanic Environmental Monitoring and Forecasting Center of Zhoushan City, Zhoushan 316104, Zhejiang, China)

Abstract: Based on sediment monitoring results of the sea area around Lvhua relieving platform in spring, summer, autumn of 2012, this paper educes the following conclusion: (1) In this area, the content of mercury (Hg), arsenic (As), copper (Cu), lead (Pb), cadmium (Cd) and chromium (Cr) accorded with the first class evaluation criterion in the marine sediment quality; Compared with 2006, the content of iron (Fe) increased significantly. (2) Both evaluation results of the geoaccumulation index and the potential ecological risk index led to the same conclusion that Hg, As, Pb and Cr were not contaminated, while Cu was slightly polluted and the situation of Cd was even worse. (3) According to the potential ecological risk index evaluation, for potential ecological hazards, Hg, As, Cu, Pb and Cr were of low levels while Cd was of higher degree. The comprehensive potential hazards of the above 6 kinds of heavy metal were of moderate levels in this area. (4) The discussion of different effects with various background parameters indicated that an appropriate choice of parameters was of great meaning in heavy metal pollution assessment.

Key words: geo-accumulation index; potential ecological risk index; heavy-metal contamination; the value of background; Lvhua