

# 长江口海域表层沉积物重金属元素的潜在生态风险评价

董爱国<sup>1</sup>, 翟世奎<sup>1</sup>, 于增慧<sup>1</sup>, 韩东梅<sup>2</sup>

(1. 中国海洋大学 海底科学与探测技术教育部重点实验室, 山东 青岛 266003; 2. 沧州市海洋环境监测站, 河北 沧州 061000)

**摘要:** 根据三峡水库一期蓄水 3 a 后(2006 年)长江口海域表层沉积物样品中元素(Cd, Cr, Cu, Pb, Zn, Al, As, Ca 和 Sr 等)质量比和黏土组分百分含量, 采用 Hakanson 潜在生态风险指数法, 分析了长江口海域表层沉积物中重金属元素(Cd, Cr, Cu, Pb, Zn 和 As)的污染程度, 评价了长江口海域表层沉积物的环境质量现状, 定量分析了长江口海域表层沉积物的潜在生态风险程度, 并结合 2003 年的资料, 讨论了三峡水库一期蓄水 3 a 后长江口海域的环境变化。结果表明, 长江口海域表层沉积物环境质量状况良好, 6 种重金属元素的污染程度排序为: As > Cr > Cd > Zn > Cu > Pb; 表层沉积物的潜在生态风险程度为“轻度”, 6 种重金属元素的潜在生态风险程度排序为: Cd > As > Cu > Cr > Pb > Zn。从区域差异来看, 杭州湾口外泥质区和长江口外东北偏北海域表层沉积物中重金属元素(As, Cr, Zn, Cu 和 Pb)的污染指数和潜在生态风险指数均出现相对高值。从元素差异来看, Cd 的污染指数和潜在生态风险指数高值区的分布明显异于其他重金属元素, 说明 Cd 存在与其他重金属元素不同的富集机制, 很可能是因为 Cd 更易受悬浮体浓度、有机质含量以及水体盐度的影响。与 2003 年的资料相比, 三峡水库一期蓄水 3 a 后(2006 年)表层沉积物总体潜在生态风险程度和重金属元素(除 Cd 之外)潜在生态风险指数的高值区均未发生显著变化。

**关键词:** 沉积物; 长江口; 重金属元素; 潜在生态风险评价

中图分类号: P736.41

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2010)03-0069-07

长江作为注入西太平洋的第一大河, 其年输沙量为 2.74 亿 t, 年径流量为 8 360 亿 m<sup>3</sup>(1953 ~ 2006 年大通站平均值)<sup>[1]</sup>, 对其河口及邻近海域的水文、沉积、地貌和生态系统都有重要的影响。尤其是近 20 a 来伴随着经济的快速发展, 流域的排污量发生着剧烈变化, 同时围绕长江的一大批重大工程也逐步启动, 如: 河口深水航道整治工程、南水北调工程和三峡工程等, 势必对长江口海域环境造成重要的影响, 这种影响的结果会在长江口海域沉积物中记录并保存下来。

自三峡水库 2003 年一期蓄水后, 长江口海域的环境变化更是引起了国内外的广泛关注。国家重点基础研究发展规划项目(中国典型河口-近海陆海相互作用及其环境效应)<sup>[2]</sup>于 2006 年再次组织了对长江口海域的环境综合调查。

作者利用该次环境综合调查所采集的表层沉积物样品, 分析了长江口海域表层沉积物中重金属元素 Cr, Cu, Pb, Zn, Cd 和 As 的质量比, 评价了沉积物中重金属元素的污染程度及潜在生态风险程度, 同

时结合 2003 年的资料, 讨论了三峡水库一期蓄水 3 a 后长江口海域的环境质量变化, 旨在为海域环境的综合治理提供科学依据。

## 1 样品及分析方法

2006 年 6 月在 28° ~ 33°N, 120° ~ 124°E 区域(以下简称研究区)内进行了环境综合调查。利用箱式采样器采集了表层沉积物样品, 用 PVC 瓶封装。38 个站位分布如图 1 所示, 涵盖了长江口内河道、口外泥质区以及外陆架残留沉积区。

元素分析在德国不来梅大学地球科学系实验室完成, 所用仪器为电感耦合等离子发射光谱仪(ICP-AES), 型号为 OPTIMA3300L。样品处理和分析流程<sup>[3]</sup>如下: 取适量样品放入敞口小瓶中, 用无尘擦

收稿日期: 2008-02-12; 修回日期: 2008-06-24

基金项目: 国家 973 项目(2002CB412409)

作者简介: 董爱国(1982-), 男, 内蒙古锡林浩特人, 硕士研究生, 主要从事海洋地球化学研究, E-mail: aiguo.dong@gmail.com

拭纸密封, 冷冻 24 h 后放入冷干机(型号为 LYOVAC GT2)中进行干燥。将干燥后的样品研磨, 称取 50 mg 于聚四氟乙烯消解罐中, 并滴加 3 mL 浓硝酸、2 mL 浓盐酸和 2 mL 氢氟酸(37%)。然后, 在微波消解器中加热(约 200℃), 加压(约 3MPa)。当酸完全蒸发后, 在蒸干的样品中加入 0.5 mL 硝酸和 4.5 mL 超纯水溶解, 之后上机测试。元素分析的相对误差小于 10%。

运移相对较弱。

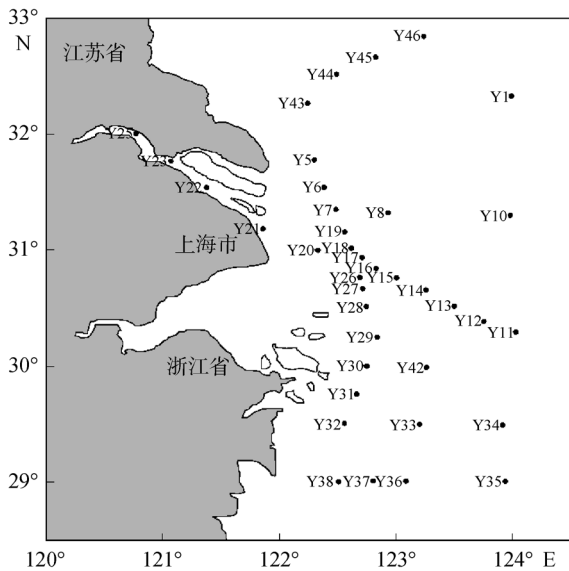


图 1 2006 年长江口海域表层沉积物采样站位

Fig. 1 Locations of sampling sites at the Changjiang (Yangtze) estuary in 2006

粒度组分的测定在中国海洋大学土工实验室完成, 所用仪器为 Mastersizer 2000 激光粒度仪, 仪器测量范围为 0.02 ~ 2 000  $\mu\text{m}$ , 粒级分辨率为 0.01  $\phi$ , 重复测量相对误差 < 3%。

## 2 结果与讨论

### 2.1 2006 年研究区沉积物中黏土组分百分含量的分布特征

2006 年研究区表层沉积物中黏土(粒径 < 4  $\mu\text{m}$ ) 组分百分含量等值线呈带状分布(图 2), 近岸带仍为主要的泥质沉积区, 自西向东表层沉积物中黏土组分百分含量逐渐减少(由 30% 逐渐减少到 10% 左右), 从长江口外泥质区逐渐过渡到外陆架的残留沉积区。在长江口外近岸带, 由北向南黏土组分百分含量逐渐增加(由 13% 左右逐渐增加到 30% 以上)。来自长江的沉积物主要在拦门沙区沉积下来, 细颗粒物沿近岸带向南运移, 向长江口外以北或东北方向的

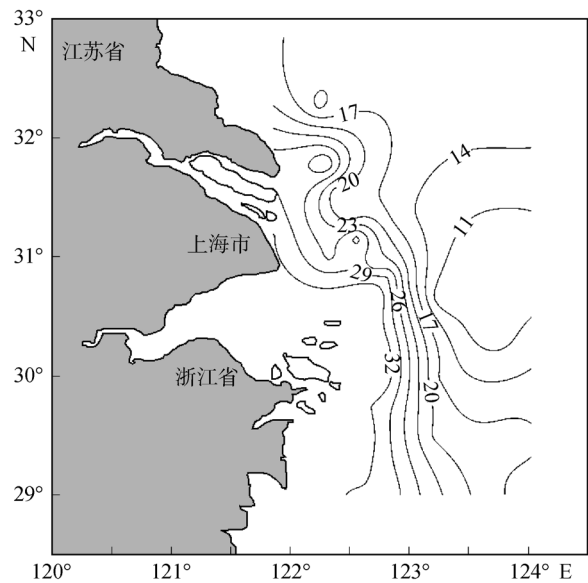


图 2 2006 年黏土组分百分含量等值线图

Fig. 2 Spatial distribution of clay in sediments of the Changjiang (Yangtze) estuary in 2006

### 2.2 2006 年表层沉积物中元素的因子分析

关于长江口海域表层沉积物中重金属元素的质量比分布, 董爱国等已做报道(待刊)。从其分布格局来看, 重金属元素仍在河口外泥质区富集, 在河口外东北偏北方向上出现高值。这种分布格局与上述黏土组分的分布格局相似。

为了进一步探讨沉积物中重金属元素分布的控制因素, 区分重金属元素污染程度和潜在生态风险程度的区域差异和元素差异, 笔者对 6 种重金属元素(Cr, Cu, Pb, Zn, Cd, As)和 Al, Mn, Ca, Sr 的质量比变化进行了因子分析。所获得 4 个因子的总方差贡献为 93.4%(见表 1)。因子 1 占总方差的 37.5%, 以 Al 为代表性元素, 同时 Cr, Cu, Pb, Zn 和 As 也具有较高的因子载荷, 主体反映与细粒黏土组分相关的陆源沉积, 说明这些元素的质量比与分布主要受陆源碎屑颗粒供给所控制, 与前述“重金属元素的分布格局与黏土组分的分布格局相似”一致。因子 2 占总方差的 26.5%, 主要由 Mn, Pb, Zn 和 As 的质量比变化所体现, 可能主要受铁锰氧化物的吸附以及氧化还原条件的变化所影响。研究<sup>[4-6]</sup>表明, 在长江口悬浮体和底质沉积物中 Pb 和 Zn 主要以残渣态和铁锰氧化物结合态的形式存在。因此, 长江口海域沉积物中 Pb 和 Zn 等重金属元素质量比变化可能主要受到因子 1 和因子 2 的控制。因子 3 占总方差的 18.5%,

表1 2006年长江口海域表层沉积物中元素因子载荷矩阵 (经正交旋转变换)

Tab. 1 The rotated component matrixes of elements in sediments of Changjiang (Yangtze) estuary in 2006

元素	元素在各因子中的载荷			
	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4
Cr	0.897	0.354	-0.170	-0.004
Cu	0.867	0.438	-0.164	0.004
Pb	0.695	0.650	-0.140	0.111
Zn	0.514	0.697	0.035	0.098
As	0.415	0.696	-0.374	0.285
Cd	-0.036	0.110	0.089	0.984
Al	0.915	0.320	-0.197	-0.077
Mn	0.308	0.883	-0.162	0.001
Ca	-0.046	-0.103	0.977	0.056
Sr	-0.578	-0.193	0.779	0.099

具有高载荷的元素为 Ca 和 Sr, 代表生物来源。重金属元素在此因子中载荷较低, 表明其较少的生物来源。因子 4 占总方差的 10.9%, 主要由 Cd 的质量比变化所体现, 由于 Cd 在溶解态和颗粒态间的转换非常活跃<sup>[4,7]</sup>, 其分布可能与悬浮体浓度、有机质含量以及水体盐度等密切相关。因此, 因子 4 应主体反映溶解态和颗粒态之间的转换机制。已有研究表明<sup>[5]</sup>, Cd 在长江口海域水体中溶解态含量相对较高。也从另一个角度说明了因子 4 中 Cd 质量比的变化可能与其在溶解态和颗粒态之间的转换有关。

### 2.3 2006 年表层沉积物中重金属元素的潜在生态风险评价

潜在生态风险指数法是瑞典学者 Hakanson<sup>[8]</sup>于 1980 年建立的一套评价重金属元素污染及潜在生态风险程度的方法, 该方法综合考虑了重金属元素的毒性、重金属元素污染的敏感性, 以及重金属元素区域背景值的差异, 并给出了重金属元素潜在生态

风险程度的定量划分, 是国内外沉积物质量评价中应用最为广泛的方法之一<sup>[9,10]</sup>, 其公式<sup>[8]</sup>为:

$$C_f^i = C^i / C_n^i \quad (1)$$

$$C_d = \sum_{i=1}^k C_f^i \quad (2)$$

$$E_n^i = T_n^i C_f^i \quad (3)$$

$$I_r = \sum_{i=1}^k E_n^i = \sum_{i=1}^k (T_n^i C^i / C_n^i) \quad (4)$$

以上式中  $C_f^i$  为第  $i$  种重金属元素的污染指数;  $C^i$  为重金属元素的实测质量比;  $C_n^i$  为重金属  $i$  的评价参比值,  $C_d$  为总体污染指数。作者采用工业化以前的沉积物中重金属元素的最高背景值, 取  $C_n^{Cd}$  为 1  $\mu\text{g/g}$ 、 $C_n^{As}$  为 15  $\mu\text{g/g}$ 、 $C_n^{Pb}$  为 70  $\mu\text{g/g}$ 、 $C_n^{Cu}$  为 50  $\mu\text{g/g}$ 、 $C_n^{Cr}$  为 90  $\mu\text{g/g}$  和  $C_n^{Zn}$  为 175  $\mu\text{g/g}$ <sup>[8]</sup>。  $E_n^i$  为第  $i$  种重金属元素的潜在生态风险指数。  $T_n^i$  为毒性系数, 其反映重金属元素的毒性水平和生物对重金属元素的敏感程度, 取  $T_n^{Cd}$  为 30、 $T_n^{As}$  为 10、 $T_n^{Pb}$  为 5、 $T_n^{Cu}$  为 5、 $T_n^{Cr}$  为 2、 $T_n^{Zn}$  为 1<sup>[8]</sup>。  $I_r$  为多种重金属元素的总体潜在生态风险指数。  $k$  为污染物质的种类, 本文中为 6 种。

通过公式(1)、(2)计算可知, 研究区沉积物中 Cd, Pb, Zn, Cu, Cr 和 As 的  $C_f^i$  分别为: 0.81, 0.29, 0.50, 0.48, 0.84 和 1.11; 总体污染指数  $C_d$  为 4.03。 6 种重金属元素的污染程度排序为: As > Cr > Cd > Zn > Cu > Pb, 其中以 As, Cr 和 Cd 的污染程度, 尤其是 As 的污染程度相对较强。由沉积物环境质量潜在生态风险评价指标(表 2)可知: 除 As 外其他重金属元素的  $C_f^i$  以及海域的  $C_d$  均为“轻度”, 表明长江口海域表层沉积物中重金属元素的污染程度相对较低, 沉积物环境质量状况良好。

表2 沉积物环境质量潜在生态风险评价指标和分级关系

Tab. 2 Indexes and rankings of potential ecological risk for sediments

分级	轻	中等	强	很强	极强
$C_f^i$	< 1	1 ~ 3	3 ~ 6	$\geq 6$	
$C_d$	< 5	5 ~ 10	10 ~ 20	$\geq 20$	
$E_n^i$	< 30	30 ~ 60	60 ~ 120	120 ~ 240	$\geq 240$
$I_r$	< 100	100 ~ 200	200 ~ 400	$\geq 400$	

注: 据 Hakanson<sup>[8]</sup>, 1980, 略有改动。本研究中的沉积物的典型污染要素(Cd, Pb, Zn, Cu, Cr 和 As)少于 Hakanson 提出潜在生态风险指数法时的 8 项, 故  $C_d$ ,  $E_n^i$  和  $I_r$  取值范围略有减少<sup>[9]</sup>

由公式(3), (4)计算可知, 研究区表层沉积物中 Cd, Pb, Zn, Cu, Cr 和 As 的  $E_n^i$  分别为: 24.26, 1.45, 0.50, 2.42, 1.68 和 11.09, 均小于 30。研究区总体潜在生态风险指数  $I_r$  为 41.4, 远低于 100。因此, 研究区沉积物中重金属元素的潜在生态风险程度均为“轻度”。

6 种重金属元素的潜在生态风险程度排序为: Cd > As > Cu > Cr > Pb > Zn, 其中以 Cd 和 As 的污染程度尤其是 Cd 的潜在生态风险程度相对较强。与前述重金属元素的污染程度评价相比, 在生态风险程度评价中 Cd 和 Cu 的排序相对上升, Zn 的排序相对下降。这说明 Cd 和 Cu 更易从沉积物和悬浮体中向水体迁移, 尤其是在沉积物发生再悬浮或者周围环境条件(例如盐度、氧化还原条件等)发生变化时, 其向水体中迁移程度和迁移速度都可能发生重要变化。

从区域差异(图 3 和图 4)来看, Pb, Zn, Cu, Cr 和 As 的污染指数和潜在生态风险指数在长江河口外东北偏北海域和杭州湾外泥质区均出现高值。这种情况的出现与前述黏土组分含量的高值区分布极为相似, 说明在污染物质(重金属元素)搬运和沉积过程中, 陆源碎屑颗粒的供给是重金属元素分布的主要

控制因素。同时, 杭州湾口外泥质区出现相对较高的污染指数和潜在生态风险指数值可能进一步说明了杭州湾口外已成为除长江口外另一重金属元素的沉积“汇”。

从元素差异(图 3 和图 4)来看, Cd 的生态风险指数值呈现高值且分布也与其他重金属元素明显不同。Cd 的生态风险指数高值区并未出现在杭州湾口外泥质区, 而是分布在河口外羽状锋附近(盐度变化梯度较大)以及长江口外东北偏北方向海域。以上事实一方面说明 Cd 的潜在生态风险性较高; 另一方面也说明 Cd 与其他重金属元素在搬运和沉积过程中所受到的控制因素明显不同。这种情况与前述因子分析中 Cd 的特殊性(因子 4)相吻合, 说明 Cd 的分布可能更易受悬浮体浓度、有机质含量以及水体盐度等因素的影响, 受溶解态和颗粒态之间的转换机制所控制。其他重金属元素明显更易受到陆源碎屑颗粒供给、铁锰氧化物吸附以及氧化还原条件变化等因素的控制。

## 2.4 与 2003 年资料对比

为了更好地反映三峡水库一期蓄水 3 a 后长江口海域的环境变化, 本次环境调查站位(2006 年)

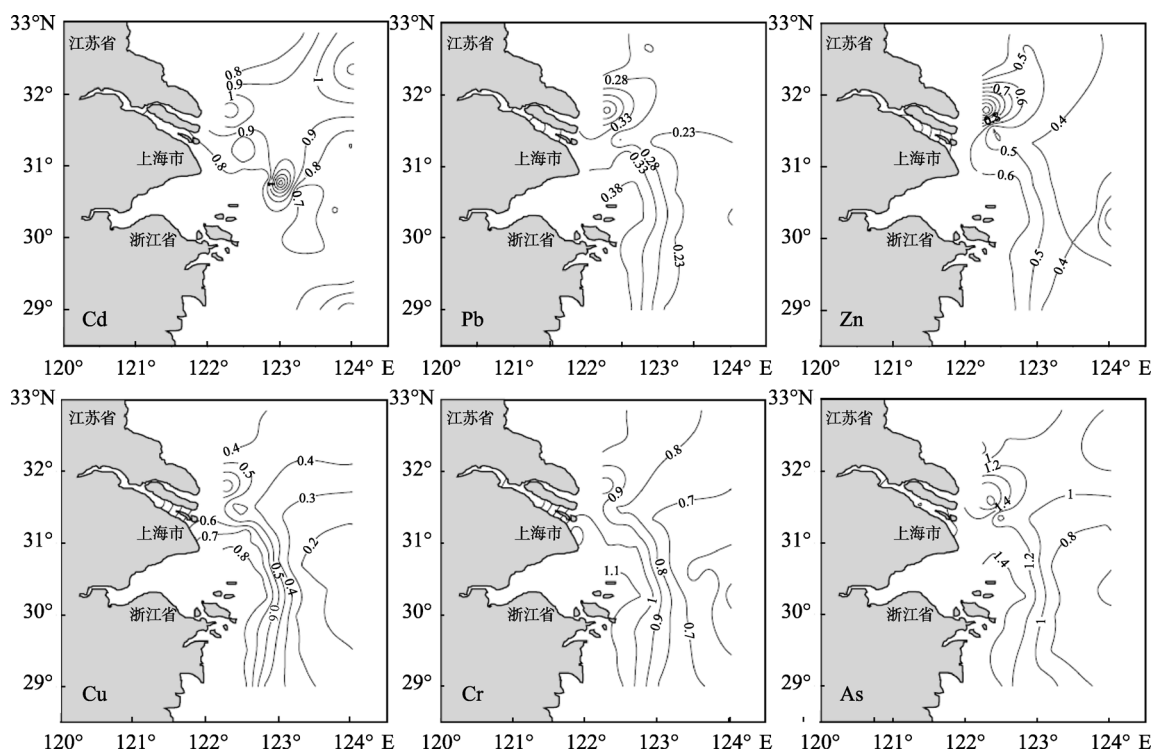


图 3 2006 年长江口海域表层沉积物中重金属元素污染指数分布

Fig. 3 The distribution of contamination indices of heavy metals in surface sediments of the Changjiang (Yangtze) estuary in 2006

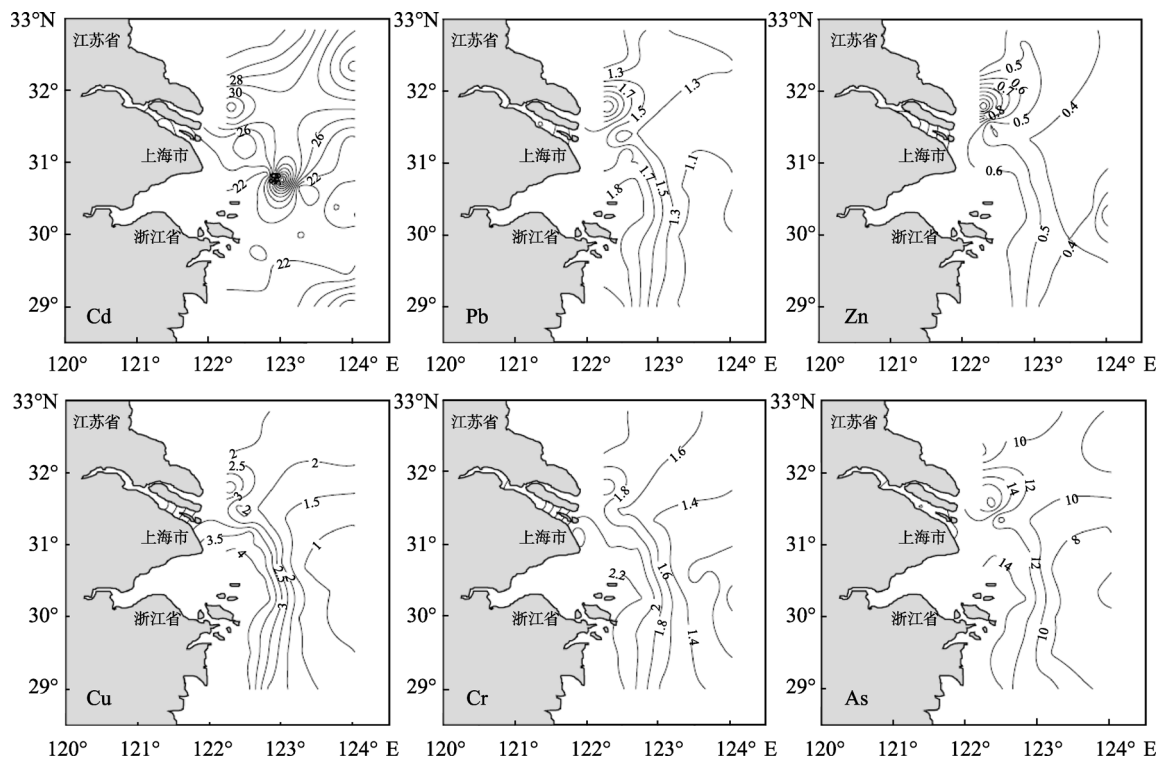


图 4 2006 年长江口海域表层沉积物重金属元素潜在生态风险评价指数分布

Fig. 4 The distribution of potential ecological risk exponents of heavy metals in surface sediments of the Changjiang (Yangtze) estuary in 2006

的布设与 2003 年海洋环境调查站位基本相同, 且采用相同的分析方法测定了 2003 年样品, 经 Hakanson 的潜在生态风险评价分析可知: 2003 年长江口海域表层沉积物中 Cd, Pb, Zn, Cu, Cr 和 As 的  $E_n^i$  分别为: 22.60, 1.60, 0.51, 2.99, 1.81 和 10.31, 总体潜在生态风险指数  $I_r$  为 39.8, 远小于 100。可知, 2003 年研究区表层沉积物的总体潜在生态风险程度为“轻度”, 6 种重金属元素的潜在生态风险程度的排序为  $Cd > As > Cu > Cr > Pb > Zn$ 。因此可知, 与 2003 年资料相比, 三峡水库一期蓄水 3 a 后(2006 年)长江口海域表层沉积物中 Pb, Zn, Cu 和 Cr 的单因子潜在生态风险系数呈降低趋势, 而 Cd 和 As 却呈升高趋势, 总体来看研究区的沉积物质量状况并未发生显著变化。但是, 这并不能简单地认为三峡水库一期蓄水并未对长江口海域沉积物中重金属元素产生重要影响。据国家海洋局资料, 2003 年长江所排放的重金属污染物为 3.97 万  $t^{[11]}$ , 而 2006 年仅为 1.85 万  $t^{[12]}$ , 约减少了 53%。同时长江输沙量剧减(由 2003 年的 2.088 亿  $t^{[13]}$  减少至 2006 年的 0.848 亿  $t^{[14]}$ , 减少约 60%), 使得悬浮物所吸附的重金属元素产生“浓缩”的现象, 即“载体”的减少, 使得单位体积悬浮体上所吸附的重金属元素质量比增加。可见, “三峡水库一期蓄水 3a 后, 长

江口海域表层沉积物质量状况并未发生变化”可能是由上述两种因素共同作用的结果。

从区域变化和元素变化(图 4 和图 5)来看, 三峡水库一期蓄水 3 a 后 Pb, Zn, Cu, Cr 和 As 的单因子潜在生态风险指数高值区仍出现在杭州湾外泥质区, Cd 的单因子潜在生态风险指数的分布发生了明显的变化。可见细颗粒物吸附仍然是 Pb, Zn, Cu, Cr 和 As 分布的重要控制因素。在三峡水库一期(2003 年)蓄水时, Cd 的高值区主要出现在河口外东北偏北方向; 在三峡水库一期蓄水 3 a 后, Cd 在长江口外东北偏北方向上的高值有所下降, 在口外羽状锋附近也出现高值。上述情况说明了三峡水库一期蓄水后, 长江径流量的减少使得长江口外悬浮体浓度和盐度分布发生了变化, 可能影响 Cd 的质量比分布。

### 3 结论

长江口海域表层沉积物中重金属元素污染程度评价显示其质量状况良好, 除 As 的污染程度为中等外, 其他重金属元素的污染程度均为轻度。6 种重金属元素的污染程度排序为:  $As > Cr > Cd > Zn > Cu > Pb$ 。

长江口海域表层沉积物中重金属元素的潜在生态风险程度为“轻度”, 6 种重金属元素的潜在生态

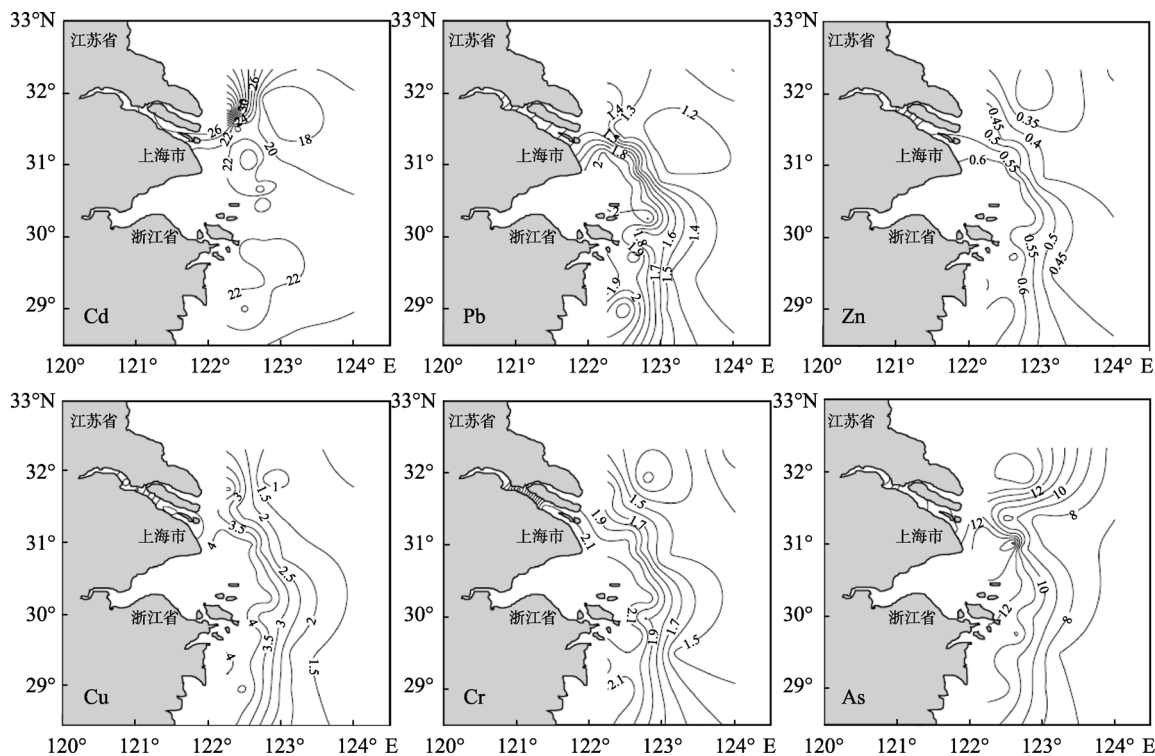


图5 2003年长江口海域表层沉积物重金属元素潜在生态风险评价指数分布

Fig. 5 The distribution of potential ecological risk exponents of heavy metals in surface sediments of the Changjiang (Yangtze) estuary in 2003

风险程度排序为:  $Cd > As > Cu > Cr > Pb > Zn$ 。与重金属元素的污染程度评价相比,在生态风险程度评价中Cd和Cu的排序相对上升,Zn的排序相对下降。

从区域差异来看,在杭州湾口外泥质区和长江口外东北偏北海域重金属元素(As, Cr, Zn, Cu, Pb)的污染程度和潜在生态风险指数均出现高值,与黏土组分百分含量的高值区分布极为相似。从元素差异来看,Cd的分布可能更易受悬浮体浓度、有机质含量以及水体盐度等因素的影响,受溶解态和颗粒态之间的转换机制所控制;而其他重金属元素明显受到陆源碎屑颗粒供给、铁锰氧化物吸附以及氧化还原条件变化等因素的控制。

与三峡水库一期(2003年)蓄水时相比,三峡水库一期蓄水3a后长江口海域沉积物中潜在生态风险程度并未发生显著变化,仍为“轻度”。除Cd外,其他重金属元素的潜在生态风险指数高值区与杭州湾外泥质沉积区相一致。在三峡水库一期(2003年)蓄水时,Cd潜在生态风险指数的高值出现在河口外东北偏北方向,而在三峡水库一期蓄水3a后,Cd在长江口外东北偏北方向上的高值有所下降,在口外羽状锋附近也出现高值。

参考文献:

- [1] 中国水利部. 中国河流泥沙公报[R]. 北京: 中国水利部, 2006.
- [2] 翟世奎, 孟伟, 于志刚, 等. 三峡工程一期蓄水后的长江口海域环境[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [3] Zabel M, Schneider R R, Wagner T, *et al.* Late quaternary climate changes in central Africa as inferred from terrigenous input to the Niger Fan [J]. *Quaternary Research*, 2001, 56: 207-217.
- [4] 戴维明. 长江口悬浮固体中重金属元素的形态研究[J]. 上海环境科学, 1994, 13(11): 7-10.
- [5] 陈敏, 陈邦林, 夏福兴, 等. 长江口最大浑浊带悬移质、底质微量金属形态分布[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 1996, 1: 38-44.
- [6] 苏惠娟, 陆维昌, 陈晓虹, 等. 长江口表层底泥中重金属(铅、镉、铜、锌)化学形态的研究[J]. 海洋通报, 1988, 7(4): 22-30.
- [7] 邵秘华, 王正方. 长江口海域悬浮颗粒物中铜、铅、镉的化学形态及分布特征研究[J]. 海洋与湖沼, 1992, 23(2): 144-149.
- [8] Hakanson L. An ecological risk index for aquatic pol-

- lution control: a sedimentological approach [J]. **Water Research**, 1980, **14**(8): 975-1001.
- [9] Kwon Y T, Lee C W. Application of multiple ecological risk indexes for the evaluation of heavy metal contamination in a coastal dredging area [J]. **Science of the Total Environment**, 1998, **214**(1-3): 203- 210.
- [10] 马德毅, 王菊英. 中国主要河口沉积物污染及潜在生态风险评价[J]. 中国环境科学, 2003, **23**(5): 521-525.
- [11] 国家海洋局. 2006年中国海洋环境质量公报[R]. 北京: 国家海洋局, 2006.
- [12] 国家海洋局. 2003年中国海洋环境质量公报[R]. 北京: 国家海洋局, 2003.
- [13] 长江水利委员会. 长江泥沙公报[R]. 北京: 长江水利委员会, 2003.
- [14] 长江水利委员会. 长江泥沙公报[R]. 北京: 长江水利委员会, 2006.

## Evaluation on potential ecological risk of the heavy metals in the surface sediments of the Changjiang (Yangtze) estuary and its adjacent coastal area

DONG Ai-guo<sup>1</sup>, ZHAI Shi-kui<sup>1</sup>, YU Zeng-hui<sup>1</sup>, HAN Dong-mei<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory of Submarine Geosciences and Prospecting Techniques of Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao 266003, China; 2. Marine Environment Monitoring Station of Cangzhou, Cangzhou 061000, China)

**Received:** Feb., 12, 2008

**Key words:** sediment; the Changjiang (Yangtze) estuary; heavy metals; potential ecological risk evaluation

**Abstract:** Based on the contents of elements (Cd, Cr, Cu, Pb, Zn, Al, As, Ca, Sr, ect) and clay in the surface sediments of Yangtze estuary and the surrounding area in 2006, using Hakanson ecological risk index method, we analyzed the contamination degree of heavy metals in the surface sediment, evaluated the environmental quality status of surface sediments, and defined the potential ecological risk of surface sediments. We found that there was a good quality status in surface sediments of Yangtze estuary and its adjacent area, and the order of contamination content in sediments was As>Cr>Cd>Zn>Cu>Pb. In addition, the potential ecological risk of heavy metals was also “low”; and the order of potential ecological risk index was Cd>As> Cu> Cr> Pb> Zn. Geographically, the relative high value of contamination degree and potential ecological risk were seen in the mud area outside Hangzhou bay and southeast of Yangtze estuary. Among the heavy metals, Cd showed a value of contamination degree and potential ecological risk that were significantly higher than other elements, probably because Cd were more affected by the concentration of suspended particular matter, the content of organic matter and salinity than other elements. Compared with the data of 2003, the potential ecological risk of heavy metals and high value of potential ecological risk index were not significant changed.

(本文编辑: 刘珊珊)