

春、夏季长江口海水、沉积物及生物体中 重金属含量及其评价

黄厚见^{1,2}, 平仙隐¹, 李磊¹, 廖勇^{1,2}, 沈新强^{1*}

1. 中国水产科学研究院东海水产研究所//农业部海洋与河口渔业资源及生态重点开放实验室, 上海 200090; 2. 上海海洋大学, 上海 201306

摘要: 根据 2009 年 5 月(春季)、8 月(夏季)长江口海域的环境调查资料, 分析了长江口及其临近海域水相、表层沉积物及生物体内的 6 种重金属含量及分布特征, 利用单因子指数法对污染状况进行了评价, 并就污染来源进行了探讨。结果表明: 研究海域春季表层水体中以 Cu 和 Hg 污染为主, 超标率均为 30%, 而底层则主要为 Hg 污染, 超标率为 35%, Zn 和 Pb 除个别站位超标外, 其它站位状况良好; 夏季表、底层水体中重金属污染以 Cu、Zn 和 Hg 污染较为严重, 各重金属质量浓度约为春季水体中的 2 倍。研究海域春季表层沉积物中重金属污染状况由大到小依次为 Cd、As、Cu、Zn、Pb、Hg, 夏季表层沉积物中重金属污染状况由大到小依次为 Cd、Cu、As、Hg、Zn、Pb, 春、夏季沉积物中各重金属质量分数有所差异, 总体表现为春季高于夏季。生物体内重金属质量分数状况较好, 均符合各类食品安全标准。春、夏季沉积物对重金属的富集能力有所不同; 但总体表现为春季富集能力高于夏季, 这可能与泥沙再悬浮造成的重金属重新释放有关; 鱼类和甲壳类对不同重金属的富集能力有所差异, 鱼类对重金属的富集能力由大到小依次为 Cd、Pb、Cu、Zn、Hg、As, 而甲壳类对重金属的富集能力由大到小依次为 Pb、Cd、Hg、Zn、Cu、As。

关键词: 长江口; 沉积物; 生物体; 富集系数

中图分类号: X145

文献标志码: A

文章编号: 1674-5906 (2011) 05-0898-06

河口位于河流与海洋的交界地带, 其生态环境受陆源及海洋等各方面因素的影响, 是一个活跃的、开放的生态系统。长江口是中国第一大河口, 作为世界上最大的河口之一, 其不但拥有复杂的水动力条件, 而且位于工业发达地区, 加之长江干流中启动的各类重大水利工程等, 诸多条件决定了长江口水环境中重金属含量与分布特征状况的复杂多变^[1-2]。

重金属是河口和近海水体及沉积环境中主要污染物之一, 河口重金属主要来源于岩石矿物的自然风化、污染物排放、大气输入以及沉积重金属的重新释放等^[3-6]。由于长江口地处工业发达地区, 且拥有复杂的水动力条件如台湾暖流、黑潮、东海沿岸流、长江冲淡水, 故而相对于岩石风化、大气输入等原因, 陆源输入及重金属的重新释放对长江口海域重金属含量的影响要大得多。目前已有学者对长江口水体、沉积物中重金属含量、形态及分布特征进行了相关研究^[1-2,7], 并指出长江口的重金属元素主要来自于陆源物质污染^[7]。但尚缺乏同一空间海域水体、沉积物、生物体中重金属时空分布及相互联系的研究, 故本文以 2009 年春季、夏季长江口海域的环境调查资料为基础, 分析讨论了春

季、夏季 Cu、Zn、Pb、Cd、As 及 Hg 6 种重金属在水体、沉积物及生物体内的含量状况及分布特征, 以期更好地评价该海域环境重金属污染状况及其生态风险。

1 材料和方法

1.1 样品采集与分析

分别于 2009 年春季、夏季各进行一个航次的调查, 调查区域内共设置 20 个站位(图 1), 分别采集各站位对应的表底层水样、沉积物样以及生物样, 生物样品采集具有一定经济价值的甲壳类和鱼类。采样点处, 水深小于 10 m 时仅采取表层海水, 大于 10 m 则取表底两层。表层沉积物用采泥器采集。阿氏拖网采集生物样品, 每次拖网 10 min。各类型样品的采集、贮运、样品的预处理和分析测定方法均按照《海洋监测规范》^[8]相关规定进行。样品分析方法见表 1。

1.2 评价方法

使用单因子指数质量模型对长江口水体、沉积物以及生物体(鱼类及甲壳类)中的 6 种金属进行评价, 其计算公式^[9]为:

$$P_i = C_i / S_i \quad (1)$$

式中: P_i , C_i 和 S_i 分别为某重金属 i 项指标、实

基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目 (2010CB429005)

作者简介: 黄厚见 (1986 年生), 男, 硕士研究生, 研究方向为海洋生态。E-mail: hujian0409@163.com

*通信作者: 沈新强 (1951 年生), 男, 研究员, 博士生导师, 主要从事渔业生态与环境研究。E-mail: xinjiang_shen@hotmail.com

收稿日期: 2011-04-09

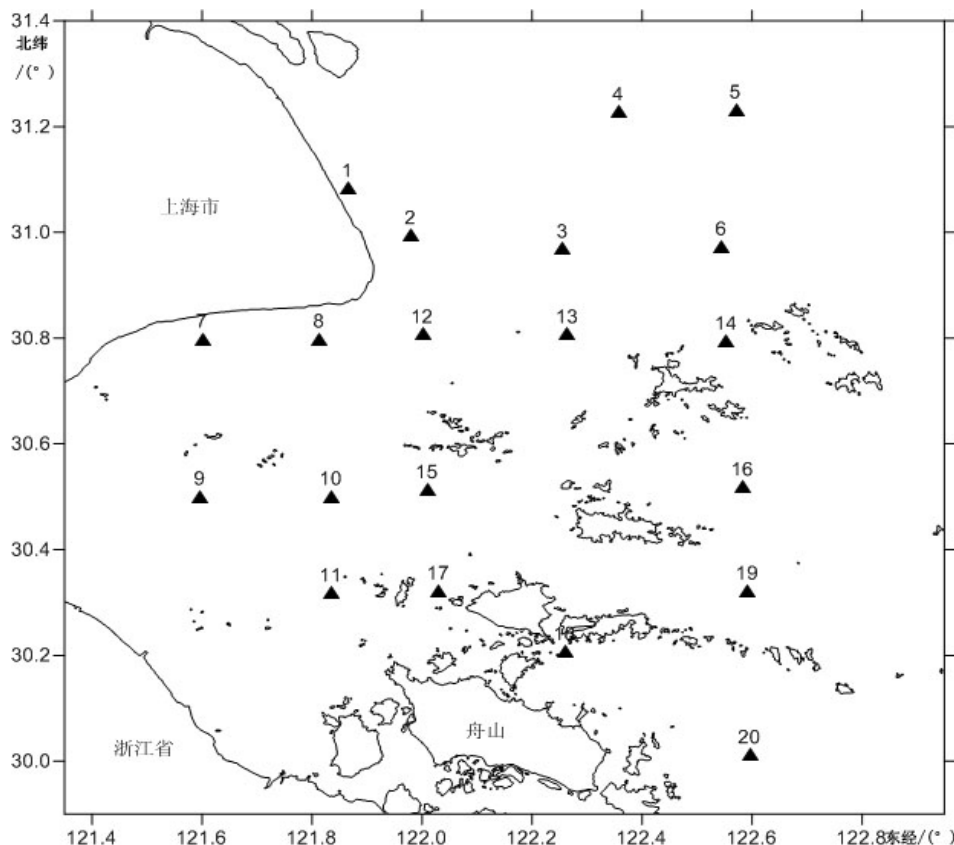


图1 监测站位

Fig.1 Distributions of monitoring stations

表1 重金属检测方法

Table 1 The analysis of heavy metals

重金属	水样	沉积物样	生物样
Cu	无火焰原子吸收 分光光度法	无火焰原子吸收 分光光度法	火焰原子吸收分 光光度法
Zn	火焰原子吸收分 光光度法	火焰原子吸收分 光光度法	火焰原子吸收分 光光度法
Pb	无火焰原子吸收 分光光度法	无火焰原子吸收 分光光度法	火焰原子吸收分 光光度法
Cd	无火焰原子吸收 分光光度法	无火焰原子吸收 分光光度法	火焰原子吸收分 光光度法
As	氢化物-原子吸收 分光光度法	氢化物-原子吸收 分光光度法	原子荧光法
Hg	冷原子吸收分光 光度法	冷原子吸收分光 光度法	原子荧光法

测数据和评价标准，当 $P_i > 1$ ，表明水质已经受到污染，当 $P_i \leq 1$ ，表明水质未收到污染， P_i 越大，表明水体受污染程度越高。本研究依据调查海域重金属含量情况，分别采用国家一类海水水质标准^[10]、国家一类沉积物标准^[11]和《海洋生物内污染物评价标准》对水样、表层沉积物样及生物样进行评价。

2 结果与讨论

2.1 长江口水域水体中重金属质量浓度及其评价

长江口水域水体中重金属的监测结果及评价结果(表 2)表明，调查海域中 Cu、Zn、Cd 和 As 4

中重金属质量浓度在春-夏季，表层-表层、底层-底层海水中质量浓度差异显著(T -test, $P < 0.05$)。夏季水体中重金属的质量浓度普遍高于春季，其中，水体中质量浓度较高的 Cu、Zn 在春-夏季表层-表层、底层-底层间差异尤为明显，夏季表、底层水体中 Cu 和 Zn 的质量浓度均是春季表、底层水体中 Cu、Zn 质量浓度的 2 倍左右，夏季重金属质量浓度较高的原因可能是由于长江口径流量具有明显的季节性，夏季为径流量通常比春季大^[12]，较大的径流量会对富集有较高质量分数重金属的沉积物产生冲刷，重金属通过泥沙再悬浮而被重新释放进入水体；另外，夏季陆源污染物的输入较为集中，可能会影响到水体中重金属的质量浓度，尤其是表层海水的重金属质量浓度。春季的监测结果中，1 号站位表、底层水体中 Cu 的超标倍数均较大，最高达 3.95 倍，表层水体 Cu 质量浓度的超标率为 30%，而底层仅为 5%，暗示存在污染输入；表、底层水体中 Hg 的超标率较大，分别为 30%和 35%，平均超标约 2 倍，其中 5 号站位表层海水 Hg 质量浓度超标达 5.30 倍。Zn 和 Pb 除个别站位存在轻微污染外，其他均符合海水一类标准。夏季表、底层水体中 Cu、Zn 和 Hg 污染大幅上升，成为长江口及附近海域水体污染的主要重金属污染因子。其中 Cu

表2 长江口水域水体重金属质量浓度及评价状况
Table 2 The concentrations of heavy metals in seawater from Yangtze River estuary and its assessment $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$

月份	层次	项目	$\rho(\text{Cu})$	$\rho(\text{Zn})$	$\rho(\text{Pb})$	$\rho(\text{Cd})$	$\rho(\text{As})$	$\rho(\text{Hg})$
春季	表层	范围	2.77~19.75	3.94~27.2	0.12~1.46	0.04~0.207	1.195~9.094	0.006~0.265
		平均值	5.873	9.731	0.511	0.098	3.256	0.046
		SD*	4.85	5.11	0.31	0.05	1.93	0.06
	底层	范围	1.34~12.67	3.46~19.6	0.15~1.29	0.023~0.195	1.21~8.184	0.004~0.182
		平均值	4.189	10.329	0.425	0.095	2.871	0.051
		SD	2.23	4.74	0.24	0.05	1.78	0.05
		P_i *	1.006	0.502	0.468	0.097	0.153	0.97
夏季	表层	范围	2.5~22.17	8.88~54.81	0.16~1.75	0.089~0.289	2.104~7.928	0.005~0.181
		平均值	9.53	24.543	0.54	0.168	4.5	0.074
		SD	5.92	11.8	0.37	0.05	1.81	0.04
	底层	范围	1.58~20.43	4.95~31.72	0.18~1.06	0.055~0.280	2.091~8.320	0.015~0.141
		平均值	8.271	17.103	0.461	0.153	3.992	0.065
		SD	5.81	7.69	0.22	0.06	1.45	0.03
		P_i	1.78	1.041	0.501	0.161	0.212	1.39
		海水一类标准	5	20	1	1	20	0.05
		渔业水质标准	10	100	50	5	50	0.5

SD: 标准偏差; P_i : 单因子指数

污染表现为高超标率、高超标倍数,表、底层水体中 Cu 质量浓度的超标率分别为 75%, 65%, 超标倍数在 1.1~4.5 倍之间,平均超标倍数达 2 倍多; Hg 的超标倍数在 1.1~2.5 之间,但表、底层的超标率均高达 80%; 夏季水体中 Zn 污染加剧,表、底层海水 Zn 超标率分别为 55%, 35%, 超标范围在 1.0~2.74 之间; 表、底层水体中仅个别站位存在 Pb 污染。长江口春季、夏季水体中 Cd 和 As 的质量浓度均符合海水一类标准。从主要污染物质的整体分布及质量浓度来看,表层海水污染情况较底层海水严重,外源输入是污染的主要因素之一。

2.2 长江口水域沉积物重金属质量分数及评价

由长江口春季、夏季表层沉积物重金属质量分数的调查结果(表 3)可知,6 种重金属的平均质量分数为 19.45、44.87、14.61、0.42、9.15、0.042 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,均低于海洋沉积物质量中的一类标准^[11]。春、夏季表层沉积物中 Zn、Pb、As 和 Hg 4 种重金属质量分数差异显著(T -test, $P < 0.05$),其余重金属质量分数

无显著差(T -test, $P > 0.05$)。夏季表层沉积物中 Zn、Pb、As 质量分数较春季有所下降,而 Hg 则略有升高。表层沉积物中 Zn、Pb、As 4 种重金属质量分数降低可能与在强烈水动力条件下泥沙再悬浮而导致的重金属重新从沉积物中释放到水体中有关,夏季高水温及大流量情况下,富集在泥沙中的重金属易因泥沙再悬浮而释放到水体中^[13]; 夏季水体及沉积物中 Hg 的质量分数均有所升高,可能存在包括大气沉降等外源输入。春季 1、7、8 站位的 Cu 超标,超标倍数为 1.54、1.44、1.34 倍; 1、4、5、7、20 号共 5 个站位的 Cd 存在轻微超标,超标率达 25%,平均超标倍数为 1.07; 夏季仅 2、10-12、18 和 20 号站位的 Cd 出现超标,其中 20 号站位超标 2.80,其他为轻微超标,单因子指数评价表明 Cu 和 Cd 为沉积物中主要的重金属污染物。与国内外其他海域、河口表层沉积物中重金属污染相比,长江口及附近海域沉积物中 Cu 的质量分数低于大亚湾^[14]、厦门海域^[15]、美国太平洋近岸海域^[16]等区域

表3 长江口水域表层沉积物内重金属质量分数及其评价
Table 3 The concentrations of heavy metals in surface sediments from Yangtze River estuary and its assessment $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$

月份	项目	$w(\text{Cu})$	$w(\text{Zn})$	$w(\text{Pb})$	$w(\text{Cd})$	$w(\text{As})$	$w(\text{Hg})$
春季	范围	1.12~53.88	17.49~93.34	7.38~42.18	0.02~0.60	7.42~15.38	0.013~0.045
	平均值	20.58	53.49	19.42	0.37	11.84	0.029
	SD	16.18	19.41	7.65	0.14	2.18	0.01
	P_i	0.588	0.357	0.324	0.74	0.592	0.145
夏季	范围	4.86~34.23	12.49~61.16	3.01~25.16	0~1.40	4.55~9.61	0.005~0.123
	平均值	18.31	36.24	9.79	0.46	6.46	0.055
	SD	6.48	12.38	5.7	0.3	1.21	0.03
	P_i	0.523	0.242	0.163	0.92	0.323	0.275
	一类标准	35	150	60	0.5	20	0.2

沉积物种 Cu 的质量分数，高于莱州湾^[17]、马来西亚沿海^[18]、缅甸州埃及湾^[19]等区域沉积物中 Cu 的浓度，污染程度整体较轻；沉积物中 Zn 的质量分数状况较好，为轻微污染，远低于大亚湾^[14]、厦门海域^[15]及渤海湾河口^[20]等区域内 Zn 的质量浓度；Pb、Cd 和 Hg 污染处于中等水平，Pb 和 Cd 质量浓度远低于部分国外海域^[16]。长江口及附近海域表层沉积物中 Cu、Zn、Pb 等重金属的质量分数低于 1979 年报道的世界主要河流沉积物中对应重金属的平均水平，Cd 则高于世界平均水平^[21]。

2.3 长江口水域生物体重金属质量分数及评价

长江口及其附近海域鱼类及甲壳类生物体内各重金属的平均质量分数及范围(表 4)显示,生物体内各重金属质量分数均低于相应的安全标准(单因子指数 $P_i < 1$)，安全卫生质量良好。6 种重金属在两类生物体内累积的量依次为 $Zn > Cu > Pb > As > Cd > Hg$ ，这与水体及沉积物中各种重金属平均质量分数的大小顺序完全一致，说明水生生物生存环境中重金属水平是影响生物体内重金属累积的主要因素。其中生物体内维持生命所必须的金属元素 Cu 和 Zn 的质量分数远远高于其他几类非生命必须重金属。甲壳类生物体内 Cu、Zn、Cd 质量分数远比鱼类体内相应的重金属高，主要是因为 Cu、Zn 为生物体必须元素且水体及沉积物中质量分数均较高，故生物体内的富集量也较高；甲壳类体内 Cu、Zn、Cd 的质量分数较鱼类体内的高可能与生物的栖息特性与摄食特性有关，甲壳类主要生活在水体底层及底泥中，接触包括摄食的重金属较多^[14]。鱼类和甲壳类生物其体内的 Pb、As、Hg 质量分数相近，但由于鱼类和甲壳类栖息地及摄食略有差异，故而 Pb、As 质量分数相近可能是由于鱼类对 Pb 和 As 的富集能力较甲壳类的强^[17]。

2.4 重金属在沉积物及生物体内的富集

重金属在沉积物中的富集会对周围环境底泥中生活的贝类等生物产生危害^[22-23]，而且重金属的

再悬浮会引起水体重金属含量的改变^[24]，从而加大鱼类、甲壳类等水生生物对重金属的富集，并进一步通过食物链影响高营养级水生生物以及人类的健康，而沉积物、生物体中的重金属与水体中重金属含量的比值可以反映沉积物及生物体对水体中重金属的富集能力。从表 5 中我们可以看出，各站位沉积物及生物体对重金属的富集能力差异较大，沉积物对重金属具有极强的富集能力，水产生物对重金属也有较强的富集能力。沉积物对重金属的富集系数远高于生物体对重金属的富集系数，这可能由于悬沙直接暴露于重金属的缘故，吸附了重金属的悬沙堆积形成沉积物，重金属无法释放，故而重金属浓度较高，呈现富集系数大的情况；而鱼类和甲壳类等生物体则由于自身拥有一套重金属吸收和排除机制，对于体内有害金属及过量金属具有排除能力。研究证实，水生生物对重金属的排除途径要多于吸收途径^[25]。表层沉积物对各种重金属的富集能力差异较大，表明沉积物对重金属的富集受各种复杂因素影响^[1,26]，表层沉积物对重金属的平均富集系数大小为： $Pb > Zn > Cd > Cu > As > Hg$ 。除 Hg 外，春季沉积物对另外 5 种重金属的富集系数大于夏季沉积物对相应重金属的富集系数，这同样可能与径流量大的情况下泥沙再悬浮而造成的重金属重新释放有关。鱼类和甲壳类对同种重金属的富集能力不尽相同，除 Pb 和 Hg 外，甲壳类对 Cu、Zn、Cd 和 As 的富集能力大于鱼类对相应重金属的富集

表 5 长江口水域表层沉积物及生物体对重金属的富集系数
Table 5 Metal enriched factor values for sediments and aquatic organisms from Yangtze River estuary

项目	月份	重金属					
		Cu	Zn	Pb	Cd	As	Hg
沉积物	春季	4 785	6 423	48 678	4 579	4 791	969
	夏季	2 810	1 915	23 745	3 293	1 660	870
鱼类		330	427	1 785	1 442	171	523
甲壳类		1 169	831	1 447	2 388	176	455

表 4 长江口水域生物体内重金属质量分数及其评价

Table 4 The concentrations of heavy metals in aquatic organisms from Yangtze River estuary mg·kg⁻¹

生物	项目	w(Cu)	w(Zn)	w(Pb)	w(Cd)	w(As)	w(Hg)
鱼类	范围	1.74~4.08	1.85~15.40	0~2.2	0.08~0.31	0.29~0.99	0.025~0.041
	平均值	2.296	6.585	0.865	0.186	0.624	0.031
	SD	0.62	4.91	0.73	0.08	0.23	0.01
	评价标准 *	20	40	2	0.6	5	0.3
	P_i	0.115	0.165	0.433	0.31	0.125	0.1
甲壳类	范围	2.19~16.07	1.55~26.29	0.08~1.97	0.04~0.50	0.28~1.18	0.02~0.037
	平均值	8.146	12.815	0.701	0.308	0.645	0.027
	SD	4.5	6.41	0.58	0.13	0.28	0.01
	评价标准 *	100	150	2	2	8	0.2
	P_i	0.081	0.085	0.351	0.154	0.081	0.135

能力。甲壳类对 Cu 的富集能力远大于鱼类对 Cu 的富集能力,这可能与甲壳类的栖息场所和摄食习性密切相关。因为 Cu 是表层沉积物中主要的污染因子,甲壳类长期接触表层沉积物,故而体内积累了较多的 Cu。鱼类及甲壳类两种生物对 Pb 和 Cd 的富集系数远大于各自对其他重金属的富集系数大。两类生物对不同重金属的富集能力有所差异,鱼类对重金属的富集能力表现为 $Cd > Pb > Cu > Zn > Hg > As$; 而甲壳类则为 $Pb > Cd > Hg > Zn > Cu > As$, 两类生物对 Cd 和 Pb 都具有较强的富集能力。

3 结论

1. 调查海域海水中重金属污染处于中等水平,春季、夏季水体中重金属质量浓度差异较大,夏季污染较为严重。春季份海水中以 Cu 和 Hg 为主要污染因子,夏季以 Cu、Zn 和 Hg 污染为主,两个月份中主要污染因子的超标率均较高。
2. 调查海域春季表层沉积物中重金属 Cu、Zn、Pb、As 质量分数高于夏季,而春季沉积物中 Cd 及 Hg 质量分数低于夏季。表层沉积物中主要的重金属污染因子为 Cd 和 Cu。
3. 调查海域鱼类及甲壳类生物体内 6 中重金属的平均质量分数均低于安全食用标准。
4. 春季、夏季表层沉积物对不同重金属的平均富集系数大小为: $Pb > Zn > Cd > Cu > As > Hg$; 鱼类对不同重金属的富集能力顺序为 $Cd > Pb > Cu > Zn > Hg > As$; 甲壳类对不同重金属的富集能力顺序为 $Pb > Cd > Hg > Zn > Cu > As$ 。

参考文献:

- [1] 董爱国, 翟世奎, ZABEL Matthias, 等. 长江口及邻近海域表层沉积物中重金属元素含量分布及其影响因素[J]. 海洋学报, 2009, 31(6): 54-68.
DONG Aiguo, ZAI Shikui, ZABEL MATTHIAS, et al. The distribution of heavy metal contents in surface sediments of the Changjiang Estuary in China and surrounding coastal areas [J]. Acta Oceanologica Sinica, 2009, 31(6): 54-68.
- [2] 成 凌, 程和琴, 杜金洲, 等. 长江口底沙再悬浮对重金属迁移的影响[J]. 海洋环境科学, 2007, 26(4): 317-320.
Cheng Ling, CHENG Heqin, DU Jinzhou, et al. Impacts of re-suspension in bed sediment on transportation of heavy metals[J]. Marine Environmental Science, 2007, 26(4): 317-320.
- [3] SUTHAR S, NEMA A K, CHABUKDHARA M, et al. Assessment of metals in water and sediments of Hindon River, India: Impact of industrial and urban discharges[J]. Journal of Hazardous Materials, 2009, 171: 1088-1095.
- [4] LIN S, HSEIH I-JY, HUANG Kuoming, et al. Influence of the Yangtze River and grain size of the spatial variation of heavy metals and organic carbon in the East China Sea continental shelf sediment[J]. Chemical Geology, 2002, 182: 377-394.
- [5] 高会旺, 张英娟, 张 凯. 大气污染物向海洋的输入及其生态环境效应[J]. 地球科学进展, 2002, 17(3): 326-330.
GAO Huiwang, ZHANG Yingjuan, ZHANG Kai. Atmospheric inputs of pollutants to the sea and their effects on marine environment and ecosystem[J]. Advance in Earth Sciences, 2002, 17(3): 326-330.
- [6] MARTIN J M, ATTRILL R, THOMES M. Heavy metal concentrations in sediment from Tehran Thames estuary, UK[J]. Marine Pollution Bulletin, 1995, 30(11): 742-744.
- [7] 孟 翊, 刘苍宇, 程 江. 长江口沉积物重金属元素地球化学特征及其底质环境评价[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2003, 23(3): 37-43.
MENG Yi, LIU Cangzi, CHENG Jiang. Geochemical characteristics of heavy metal elements in the surface sediments in the Yangtze River estuary area and evaluations of the bed materials[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2003, 23(3): 37-43.
- [8] 中华人民共和国国家质量技术监督局. GB17378-2007 海洋监测规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
State Technical Supervise Bureau, People's Republic of China. GB17378-1998 The specification for marine monitoring. Beijing: Standards Press of China, 2008.
- [9] 周爱国, 蔡鹤生. 地质环境质量评价理论与应用[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1998: 70-83.
ZHOU Aiguo, CAI Hesheng. Theory and Applications of Geoenvironmental Quality Evaluation[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1998: 70-83.
- [10] 国家技术监督局. GB3097—1997 海水水质标准 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1997.
State Bureau of Technical Supervision. GB3097—1997 Sea water quality standard[S]. Beijing: Standards Press of China, 1997.
- [11] 国家技术监督局. GB18668-2002 海洋沉积物质量[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
State Bureau of Technical Supervision. GB18668-2002 Marine Sediment Quality [S]. Beijing: Standards Press of China, 2002.
- [12] 唐峰华, 伍玉梅, 樊伟. 长江口浮游植物分布情况与径流关系的初步探讨[J]. 生态环境学报, 2010, 19(12): 2934-2940.
TANG Fenghua, WU Yumei, FAN Wei, et al. Preliminary discussion on phytoplankton distribution and its relation to the runoff in the Yangtze River estuary[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2010, 19(2): 2934-2940.
- [13] KOSCHINSKY A, FRITSCH U, WINKLER A. sequential leaching of Peru Basin surface sediment for the assessment of aged and fresh heavy metal association and mobility[J]. Deep-Sea Research II, 2001, 48: 3683-3699.
- [14] 邱耀文, 颜 文, 王肇鼎. 大亚湾海水、沉积物和生物体中重金属分布及其生态危害[J]. 热带海洋学报, 2005, 24(5): 69-76.
QIU Yaowen, YAN Wen, WANG Zhaoding. Distributions of heavy metals in seawater, sediments and organisms at Daya Bay and their ecological harm[J]. Journal of Tropical Oceanography, 2005, 24(5): 69-76.
- [15] ZHANG L P, YE X, FENG H, et al. Heavy metal contamination in western Xiamen Bay sediments and its vicinity, China[J]. Marine Pollution Bulletin, 2007, 54: 974-982.
- [16] JAMES P M, PAUL A R, ROBISCH R C, et al. Elements in fish and sediment from the Pacific coast of the United States[J]. Marine Pollution Bulletin, 1998, 37(1-2): 56-66.
- [17] 罗先香, 张 蕊, 杨建强, 等. 莱州湾表层沉积物重金属分布特征及污染评价[J]. 生态环境学报, 2010, 19(2): 262-269.
LUO Xianxiang, ZHANG Rui, YANG Jianqiang, et al. Distribution and pollution assessment of heavy metals in surface sediment in Laizhou Bay[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2010, 19(2): 262-269.
- [18] YAP C K, ISMAIL A, TAN S G, et al. Correlations between speciation of Cd, Cu, Pb, and Zn in sediment and their concentrations in total soft tissue of green-lipped mussel *Perna viridis* from the west coast of Peninsular Malaysia[J]. Environment International, 2002, 28: 117-126.
- [19] OSHER L J, LECLERC L, WIERSMA G B, et al. Heavy metal contamination from historic mining in upland soil and estuarine

- sediments of Egypt Bay, Maine, USA[J]. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 2006, 70: 169-179.
- [20] 安立会, 郑丙辉, 张雷, 等. 渤海湾河口沉积物重金属污染及潜在生态风险评价[J]. *中国环境科学*, 2010, 30(5): 666-670.
AN Lihui, ZHENG Binghui, ZHANG Lei, et al. Occurrence of heavy metals in surface sediments from estuaries in Bohai bay and their ecological risk assessment[J]. *China Environmental Science*, 2010, 30(5): 666-670.
- [21] MARTIN J M, MEYBECK M. Elemental mass—balance of material carried by major world rivers[J]. *Marine chemistry*, 1979, 7:20-31.
- [22] GRAEME ESSELMONT. Heavy metals in seawater, marine sediments and corals from the Townsville sections, Great Barrier Reef Marine Park, Queensland[J]. *Marine Chemistry*, 2000, 71:215-231.
- [23] CHEGGOUR M, CHARK A, FISHER N S, et al. Metal concentrations in sediments and clams in four Moroccan estuaries[J]. *Marine Environment Research*, 2005, 59:119-137.
- [24] 车 越, 何 青, 吴阿娜. 河口泥沙再悬浮对悬沙中重金属元素的影响[J]. *长江流域资源与环境*, 2003, 12(5): 440-444.
CHE Yue, HE Qing, WU Ana. Study of heavy metals influenced by sediment resuspension in the Changjiang estuary[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2003, 12(5): 440-444.
- [25] 王 凡, 赵元风, 吕景才, 等. 水生生物对重金属的吸收和排放研究进展[J]. *水利渔业*, 2007, 27(6): 1-3.
WANG Fan, ZHAO Yuanfeng, LV Jingcai, et al. Research progress on the accumulation and depuration of heavy metals in aquatic organisms[J]. *Reservoir Fisheries*, 2007, 27(6):1-3.
- [26] 方圣琼, 胡雪峰, 徐 巍, 等. 长江口潮滩沉积物的性状对重金属累积的影响[J]. *环境化学*, 2005, 24(5): 586-589.
FANG Shengqiong, HU Xuefeng, XU Wei, et al. Influence of properties of sediments from tidal flat in the Yangtze River estuary to heavy metal accumulation[J]. *Environmental Chemistry*, 2005, 24(5): 586-589.

Concentrations and assessment of heavy metals in seawater, sediments and aquatic organisms at Yangtze River estuary in spring and summer

HUANG Houjian^{1,2}, PING Xianyin¹, LI Lei¹, LIAO Yong^{1,2}, SHEN Xinqiang^{1*}

1. East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences//Key and Open Laboratory of Marine and Estuarine

Fisheries Resources and Ecology, Ministry of Agriculture, Shanghai 200090, China;

2. Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

Abstract: Heavy metals in seawater, sediments and aquatic organisms (fishes and crustacean) were determined and simply assessed using single factor index based on the data obtained from two cruises in the Yangtze River estuary in May and August, 2009, in addition, the possible sources of contaminants had been discussed. Results showed that both the Cu and Hg concentrations in the surface seawater in May had an overtaking rate of 30%, the bottom water was mainly polluted by Hg, with an overtaking rate of 35%, part of the stations were contaminated by Zn and Pb; in August, both of the surface water and bottom water were contaminated majorly by Cu, Zn and Hg, with the concentration of each heavy metal two times as many as that in May. The descending order of heavy metal pollution in the sediments in May was Cd>As>Cu>Zn>Pb>Hg, while in August was Cd>Cu>As>Hg>Zn>Pb, the overall level of heavy metals in sediments in May was higher than that in August. Concentrations of heavy metals in aquatic organisms turned out to meet the food safety standards. As resuspension in sediments may have an impact on the release of heavy metals from sediments, the enrichment coefficients of heavy metal in sediments fluctuated greatly in May and August; the descending order of enrichment coefficients in fish ranked as Cd>Pb>Cu>Zn>Hg>As, while in crustacean was Pb>Cd>Hg>Zn>Cu>As.

Key words: Yangtze River estuary; sediments; organisms; enrichment coefficient