

• 调查与评价 •

珠江 (广州河段) 表层沉积物中的重金属污染调查与评价

牛红义, 吴群河, 陈新庚

(中山大学环境科学研究所, 广东 广州 510275)

摘要: 应用地累积指数法对珠江 (广州河段) 表层沉积物中重金属污染程度进行了调查与评价。结果表明, 其表层沉积物中重金属的地累积指数大小顺序为: $Cu > Cd > Zn > Pb > As > Cr > Hg$ 其中 Cu 是主要污染物, Cd 、 Zn 和 Pb 的地累积指数较高。在所有监测断面中, 地累积级别达到 4 级 (强污染) 的有 5 个断面, 即 4[#] (雅瑶大桥)、5[#] (黄歧)、6[#] (黄沙)、7[#] (横滘) 和 16[#] (花地涌北出口)。

关键词: 地累积指数; 沉积物; 重金属污染; 珠江

中图分类号: X 825 文献标识码: B 文章编号: 1006-2009(2007)02-0023-03

Investigation and Evaluation Heavy Metal Pollution in the Surface Sediments in Guangzhou Section of the Pearl River

NIU Hong-yi, WU Qun-he, CHEN Xin-geng

(Research Institute of Environmental Science, Sun Yat-sen University, Guangzhou, Guangdong 510275, China)

Abstract The heavy metal pollution in Guangzhou section surface sediment of the Pearl River was studied with index of Geoaccumulation (I_{geo}). The results indicated the index of heavy metals in the surface sediment decreases as followed $Cu > Cd > Zn > Pb > As > Cr > Hg$. Cu is the main pollutant and the I_{geo} of Cd , Zn and Pb are larger than that of others elements. There are 5 sampling sites whose I_{geo} get scale 4, which means heavy pollution, and they are 4[#] (The bridge of Yayao), 5[#] (Huangqi), 6[#] (Huangsha), 7[#] (Hengjiao) and 16[#] (The north exit of the Huadi Stream).

Key words Index of geoaccumulation; Sediment; Heavy metal pollution; Pearl River

水体沉积物既是重金属污染物的汇集地, 又是对水质有潜在影响的次生污染源^[1], 在环境条件改变时, 束缚在其中的重金属被释放出来, 造成二次污染^[2-3]。在受重金属污染的水体中, 底泥中的重金属含量比水相中高得多, 常常得到积累, 并表现出明显的分布规律性。沉积物可以反映水系状况以及水体被重金属污染的程度, 是水环境重金属的指示剂^[4-5]。现根据沉积学原理和环境化学行为特点, 应用地累积指数法 (Index of Geoaccumulation)^[6], 对珠江 (广州河段) 表层沉积物中重金属污染进行调查与评价。

1 调查方法

珠江广州河段 (113°30' ± 30'E, 23°10' ± 10'N), 起于鹤岗, 经广州市流至黄埔新港。该河段属

感潮河段, 在枯水期涨潮时, 珠江口盐水楔可以到达该河段, 干旱年份盐水楔可到达广州市区。

1.1 布点与采样

监测对象包括珠江广州河段及市区主要内河涌的约 10 m 深的表层底泥。根据珠江 (广州河段) 水文水质特点、河道走向和弯道、支流和障碍物的位置, 沿程污染源分布, 以及河道中污染物的回荡等因素, 在主干流河道和广州市区内的主要内河涌布设 23 个表层底泥监测断面, 分别为: 1[#] (雅岗)、2[#] (硬颈海)、3[#] (水口水)、4[#] (雅瑶大桥)、5[#] (黄歧)、6[#] (黄沙)、7[#] (横滘)、8[#] (华南大桥)、9[#]

收稿日期: 2006-08-09 修订日期: 2006-12-20

基金项目: 广东省自然科学基金资助项目 (031549)

作者简介: 牛红义 (1979-), 男, 河南偃师人, 博士研究生, 主要从事环境评价与环境规划研究工作。

(长洲)、10[#](黄埔新港)、11[#](石井公路桥)、12[#](石井河南出口)、13[#](棠溪涌桥)、14[#](增埗桥)、15[#](珠江大桥)、16[#](花地涌北出口) 17[#](花地涌南出口)、18[#](平洲)、19[#](海珠桥)、20[#](中大码头)、21[#](琶洲大桥)、22[#](石岗新村)和 23[#](珠村)。

根据河宽等因素,在主干流河道上的 1[#]~10[#]、15[#]、18[#]~21[#]每个断面布设 5 个表层沉积物采样点,内河涌的 14[#]、17[#]监测断面设 5 个表层沉积物采样点,其余内河涌的 11[#]~13[#]、16[#]、22[#]、23[#]监测断面布设 3 个表层沉积物采样点。以每个监测断面各个采样点的平均值作为所在断面的含量。

采样时间为 2004 年 7 月 11 和 12 日。采用抓斗式采样器采集表层沉积物。样品贮于聚乙烯袋中,编号、贴好标签带回实验室,在室温条件下风干。剔除砾石、木屑及贝壳、杂草等动植物残体,用木棍将自然风干的沉积物碾磨,运用四分法去除多余的部分,在研钵上研磨,过 100 目的筛子,装袋备用。

1.2 分析测定方法

分析项目及测定方法^[7]见表 1。

表 1 分析项目及测定方法

分析项目	消解方法	测定方法	仪器名称及型号
Cu Pb	HNO ₃ -HClO ₄	火焰原子	原子吸收分光光度计
Zn Cr	分解法	吸收法	(日立 Z-5000)
Cd	HNO ₃ -HClO ₄	石墨炉原	双道原子荧光光度计
		子吸收法	
Hg	HNO ₃ -H ₂ O ₂	原子荧光	(AFS-820)
		光谱法	
As	HNO ₃ -HClO ₄ -H ₂ SO ₄	原子荧光	
		光谱法	

表 3 珠江(广州河段)表层沉积物中重金属质量比统计值

项目	Cd	Cr	Zn	Cu	Pb	Hg	As
范围	0.21~4.15	6.7~215.5	172.6~560.7	101.8~829.4	43.8~219.6	0.02~1.73	7.6~34.6
平均值	1.72	93.1	383.4	348.0	102.6	0.49	25.0

Cd>Zn>Pb>As>Cr>Hg 其地累积指数的平均值分别为 2.37, 1.52, 1.11, 1.01, 0.36, 0.00~0.11。其中 Cu 是主要污染物,在 4[#]~7[#]和 16[#]监测断面的地累积都达到 4 级(强污染);在 2[#]、3[#]、8[#]、12[#]、14[#]、15[#]、17[#]和 18[#]监测断面的地累积都达到 3 级(中-强污染);在 9[#]、13[#]、19[#]、20[#]~23[#]监测断面的地累积也都达到 2 级(中污染),而处于 1 级(无-中污染)仅 3 个断面,没有 0 级(无污染)

1.3 质量控制

分析中所使用的大部分试剂为优级纯,蒸馏水均为高纯水,采样瓶和实验用的玻璃器皿用 10% 的硝酸浸泡 24 h 以上,用高纯水冲洗干净。

每批样品均做 2 个以上的空白实验和 20% 的平行样品,并进行加标回收。所使用的标准样品为中国环境监测总站研制的环境标准物质(土壤 ESS-3)。

由于采用不完全消解法,致使部分元素回收率偏低,为 88%~95%,能满足研究的需要。在分析 Cd 的过程中,添加 HNO₃ 作为基体改良剂,以消除消化过程中 HClO₄ 的干扰。

1.4 评价方法

地累积指数法(Index of Geoaccumulation, I_{geo})^[6]。

根据 I_{geo} 数值的大小,可以将沉积物中重金属的污染程度分为 7 个等级^[8],即 0~6 级,见表 2。

表 2 I_{geo} 与污染程度的关系

污染程度	无	无-中	中	中-强	强	强-极强	极强
沉积物 I_{geo}	< 0	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	> 5
I_{geo} 分级	0	1	2	3	4	5	6

2 结果与讨论

珠江(广州河段)表层沉积物中重金属质量比统计值见表 3。各采样断面重金属污染元素地累积指数(I_{geo})及其分级见表 4。

由表 4 可见,珠江(广州河段)表层沉积物中 7 种重金属元素的地累积富集的大小顺序为: Cu>

的断面。

除了 Cu 之外, Cd、Zn 和 Pb 的地累积指数也较高。Cd 的地累积级别最高为 3 级,有 5 个断面;达到 2 级的有 10 个;达到 1 级的有 6 个;达到 0 级的有 2 个。Zn 的地累积级别最高为 2 级,有 16 个断面;达到 1 级的有 6 个;达到 0 级的有 1 个。Pb 的地累积级别最高为 3 级,有 1 个断面;达到 2 级的有 9 个;达到 1 级的有 12 个;达到 0 级的有 1 个。

表 4 各采样断面重金属污染元素地累积指数 (I_{geo}) 及其分级

采样断面	Cd(I/R) ^①	Cr(I/R)	Zn(I/R)	Cu(I/R)	Pb(I/R)	Hg(I/R)	As(I/R)	I_{geo} -AVG(7) ^②	Rank-SUM(7) ^③
1 [#]	-0.26/0	-3.79/0	-0.04/0	0.59/1	0.28/1	-3.71/0	0.34/1	-0.94	3
2 [#]	1.29/2	-0.01/0	1.08/2	2.11/3	0.62/1	-1.39/0	0.51/1	0.60	9
3 [#]	1.83/2	0.90/1	1.38/2	2.97/3	0.90/1	0.14/1	0.47/1	1.23	11
4 [#]	2.05/3	0.33/1	1.05/2	3.18/4	0.84/1	-0.47/0	0.63/1	1.09	12
5 [#]	2.08/3	0.44/1	1.47/2	3.12/4	1.22/2	1.57/2	0.70/1	1.51	15
6 [#]	2.17/3	0.71/1	1.42/2	3.14/4	1.70/2	1.72/2	0.71/1	1.65	15
7 [#]	2.17/3	0.80/1	1.27/2	3.32/4	1.67/2	0.12/1	0.74/1	1.44	14
8 [#]	1.54/2	-1.00/0	1.11/2	2.03/3	0.71/1	-1.63/0	0.24/1	0.43	9
9 [#]	0.94/1	-0.88/0	0.87/1	1.66/2	0.59/1	-0.16/0	0.24/1	0.47	6
10 [#]	0.32/1	-3.09/0	0.57/1	0.82/1	0.33/1	-3.13/0	-0.03/0	-0.60	4
11 [#]	0.86/1	-1.15/0	1.10/2	0.80/1	0.70/1	-1.01/0	-0.46/0	0.12	5
12 [#]	1.85/2	0.77/1	0.95/1	2.64/3	1.10/2	0.51/1	0.07/1	1.13	11
13 [#]	1.00/2	0.67/1	0.97/1	1.94/2	0.05/1	-0.91/0	-0.41/0	0.47	7
14 [#]	0.82/1	-0.41/0	1.00/2	2.16/3	1.18/2	1.20/2	0.27/1	0.89	11
15 [#]	1.21/2	0.38/1	1.29/2	2.26/3	1.15/2	-0.86/0	0.52/1	0.85	11
16 [#]	2.79/3	1.21/2	1.66/2	3.62/4	2.11/3	0.12/1	0.83/1	1.76	16
17 [#]	1.90/2	0.53/1	1.36/2	2.70/3	0.96/1	-2.01/0	0.48/1	0.85	10
18 [#]	1.86/2	0.63/1	1.22/2	2.22/3	1.30/2	-1.01/0	0.60/1	0.97	11
19 [#]	-1.51/0	-3.49/0	0.77/1	1.33/2	0.84/1	-4.71/0	0.46/1	-0.90	5
20 [#]	1.74/2	-0.51/0	1.18/2	1.85/2	0.89/1	-0.32/0	0.43/1	0.75	8
21 [#]	1.58/2	-0.73/0	1.09/2	1.42/2	1.09/2	-0.29/0	0.60/1	0.68	9
22 [#]	0.28/1	-1.74/0	1.46/2	1.88/2	1.03/2	0.51/1	0.12/1	0.51	9
23 [#]	0.83/1	-2.66/0	0.38/1	1.29/2	-0.22/0	-3.13/0	-1.36/0	-0.70	4
平均值	1.52/2	0.00/1	1.11/2	2.37/3	1.01/2	-0.11/0	0.36/1	0.89	11

① I/R : I_{geo}/I_{geo} 级别; ②表示 7 种重金属地累积指数的平均值; ③表示 7 种重金属地累积指数的分级数。

As 和 Cr 和 Hg 的地累积指数相对较低。As 的地累积级别最高仅达到 1 级, 污染程度较轻。Hg 的地累积指数有 3 个断面达到 2 级, Cr 有 1 个断面达到 2 级, 其余断面都为 1 级和 0 级。

由表 4 可见, 在所有监测断面中地累积级别达到 4 级的有 5 个断面, 即 4[#] ~ 7[#] 和 16[#] 监测断面, 属于强污染级别。从 Rank-SUM(7) 也可以看出, 按大小顺序排列, 4[#] ~ 7[#] 和 16[#] 监测断面也占据前 5 的位置。因此, 从整个研究范围来看, 4[#] ~ 7[#] 和 16[#] 是污染最严重的断面。

3 结论

(1) 珠江(广州河段)表层沉积物中重金属的污染程度大小顺序为: Cu > Cd > Zn > Pb > As > Cr > Hg 其中 Cu 是区域的主要污染物, Cd、Zn 和 Pb 的地累积指数较高。

(2) 在所有监测断面中地累积级别达到 4 级(强污染)的有 5 个断面, 即 4[#] (雅瑶大桥)、5[#] (黄

歧)、6[#] (黄沙)、7[#] (横滘) 和 16[#] (花地涌北出口)。

[参考文献]

- [1] DAM IAN S. Development sediment quality criteria [J]. Environ Sci Technol 1988, 22(11): 1256-1261
- [2] 石浚哲, 刘光玉. 太湖沉积物重金属污染及生态风险性评价 [J]. 环境监测管理与技术, 2001, 13(3): 24-26
- [3] 周灵辉. 外秦淮河底泥释放对上覆水水质的影响 [J]. 环境监测管理与技术, 2003, 15(5): 41-42.
- [4] 陈静生. 水环境化学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1987: 176-178.
- [5] FORSTNER U. Metal pollution in the aquatic environment [M]. Berlin: Springer Verlag 1978: 110-112.
- [6] MULLER G. Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River [J]. Geojournal 1969(2): 108-118
- [7] 魏茂盛, 齐文启. 原子吸收光谱及其在环境分析中的应用 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1988: 156-224
- [8] FORSTNER U, MULLER G. Concentration of trace metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in river sediments: geochemical background, man's influence and environmental impact [J]. Geojournal 1981(5): 417-432.