

文章编号: 1000-5013(2008)01-0148-04

晋江感潮河段表层沉积物重金属污染特征

王荔娟¹, 于瑞莲², 胡恭任¹, 赵元慧²

(1. 华侨大学 材料科学与工程学院, 福建 泉州 362021; 2. 东北师范大学 环境科学系, 吉林 长春 130024)

摘要: 分析福建晋江感潮河段表层沉积物中重金属元素的质量比,采用单因子超标率法、地累积指数法和潜在生态危害指数法,对沉积物中重金属污染进行评价.结果表明,沉积物中重金属元素存在不同程度的污染,其中 Cd 呈极强污染水平,其次为 Cu,而 Zn, Pb, Cr, Ni 呈中等或轻微污染.潜在生态危害指数表明,晋江感潮河段沉积物受重金属污染已相当严重,属于生态危害性极强的重污染水平,需采取有效措施加以治理.

关键词: 重金属; 表层沉积物; 感潮河段; 污染; 晋江

中图分类号: X 520. 2(257) 文献标识码: A

重金属具持久性和生物富集性,严重危害生态环境,受到广泛关注^[1]. 沉积物作为水体重金属的重要归宿和二次污染源^[2],其中微量重金属元素的质量比常能提供自然环境中重金属转移的信息,这对环境保护有重要意义^[3]. 感潮河段是河流与海洋的过渡地段,是河流径流与海洋潮汐两种动力相互作用的区域,其水文情势较河流与海洋都要复杂^[4]. 晋江是福建省第三大江,是泉州市区及周围县市的饮用水源,兼具灌溉、养殖、旅游观光等多种功能. 随着区域经济的快速发展,工业废水和生活污水大量排放,晋江的水环境质量日益恶化^[5]. 晋江下游自河口至南安丰州金鸡拦河闸约 20 km 的河段属感潮河段^[6]. 本文对晋江感潮河段表层沉积物重金属污染展开研究及评价.

1 样品采集及分析

根据河流特点和污染源分布情况,在晋江感潮河段潮间带布设 13 个采样点,如图 1 所示. 在 2006 年 12 月下旬,用塑料铲在采样点采集 0~ 5 cm 表层沉积物,置干净塑料袋中,于- 20 ℃冰箱中保存. 将冷冻后的沉积物置阴凉通风处晾干,剔除杂物,用木棍碾碎,然后用玛瑙研钵轻轻研磨,过 63 μm 尼龙筛,筛下样装塑料袋密封保存备用. 沉积物样品采用混酸(HNO₃-HCl-H₂O₂-HF)微波辅助消解^[7],提取液由中科院广州地球化学研究所采用美国 PE 公司的 ELAN 9000 型 ICP-MS 测定,分析时外加标准样 GBPG-1 作为质量控制,精度优于 10% .

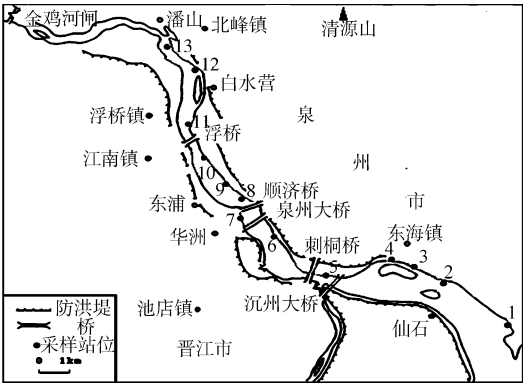


图 1 表层沉积物采样布点图

Fig. 1 Sampling sites of surface sediments

2 结果与讨论

2.1 沉积物中重金属分布特征

晋江感潮河段表层沉积物中各重金属元素的测定结果,如表 1 所示.由表 1 可见,Pb 质量比沿入海

收稿日期: 2007-12-07
作者简介: 王荔娟(1985-),女; 通讯作者: 胡恭任(1966-),男,研究员,主要从事环境地球化学的研究. E-mail: grhu@hqu.edu.cn
基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40673061); 福建省自然科学基金资助项目(D0310017); 东华理工大学核资源与环境教育部重点实验室开放基金资助项目(070714); 泉州市科技计划项目(2007Z43)

口向上游的变化较小, 其主要来源于水上渔船、采沙船和陆上交通尾气的排放; Cr, Ni, Cu 和 Cd(除 1# 站点) 大体呈中间河段高、两端

低的特征. 造成两端重金属质量比偏低的原因是不同的, 上游河段主要是由于远离城区和工业区, 而河口区是因为受海水潮汐作用的影响较大, 水力条件较好, 海水的冲刷使该区域沉积物更新速度较快, 减少了重金属在河口沉积物中的富集速率. Cu, Zn, Cd 在 2#, 3# 站位质量比较低, 可能是因为该处有大量长势良好的大米草, 能有效吸收 Cu, Zn, Cd 等重金属; Zn, Cd 在 6# 站位质量比较高, 可能由于该站位附近有码头, 有大量船舶停靠, 且此处水动力条件减弱, 河流流速较慢, 大量重金属沉降并富

集到沉积物中; Ni, Cu, Pb 在 10# 站质量比较高, 一方面由于该站点周围有大片果园, 受果农喷撒农药的影响, 另一方面由于该点上游有一较大排污口.

2.2 沉积物中重金属污染评价

2.2.1 单因子超标率法 鉴于我国尚无专门用于评价河流沉积物质量的有关标准, 而晋江疏浚底泥常被施于周围农田土壤, 考虑到感潮河段的区域特殊性, 本文分别用《GB 15618- 1995 土壤环境质量》和《GB 18668- 2002 海洋沉积物质量》来评价^[8-9]. 与《土壤环境质量标准》相比, Cd, Cu, Zn 平均质量比均超过二级标准(按 pH< 6.5 的二级标准值, Cu 按农田标准), 其中所有点位 Cd, Cu 质量比都远远超过二级标准, Zn 除 2# 外的所有点位也超过二级标准; Pb 和 Cr 的质量比在各点位均符合二级标准(Cr 按水田标准), Ni 除在 4#, 8#, 10# 略有超标外, 在其他点位均符合二级标准. 与《海洋沉积物质量》相比, Cd, Cu, Zn 平均质量比均超过二级标准, Cr 和 Pb 的平均质量比符合二级标准. 其中, Cd 除 3#, 12#, Cu 除 1#, 2#, 13#, 以 Zn 除 2#,

3#, 9#, 12#, 13# 外, 质量比都超过二级标准; Cr 除 2#, 4#, Pb 除 10#, 12#, 13# 外, 质量比均符合二级标准.

2.2.2 地累积指数法 晋江感潮河段表层沉积物中重金属元素的地累积指数, 如表 2 所示. 1979 年, 德国学者 M ller 提出了地累积指数法^[10], 认为地累积指数 I_{geo} 越大, 反映了该地重金属污染程度越重. 本文取福建省沿海地区土壤中的重金属背景值^[11]: Cr, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb 分别为 32. 1, 9. 3, 18. 0, 69. 9, 0. 046, 37. 6 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$. FLrstner 等^[12]提出了地累积指数与重金属

表 1 表层沉积物中重金属元素质量比 ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)
Tabl. 1 Heavy metals contents in surface sediments ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)

采样点	Cr	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
1#	81. 72	26. 10	92. 79	428. 85	3. 49	112. 03
2#	200. 81	36. 39	74. 27	192. 86	1. 82	117. 48
3#	116. 28	37. 50	143. 05	215. 84	1. 28	110. 66
4#	160. 06	40. 08	158. 54	373. 16	2. 66	127. 70
5#	143. 41	39. 19	150. 61	450. 30	2. 79	124. 48
6#	101. 69	37. 90	127. 67	535. 59	3. 88	131. 99
7#	77. 02	29. 21	110. 10	432. 00	3. 90	117. 88
8#	123. 35	40. 46	144. 56	413. 12	3. 29	115. 90
9#	105. 29	37. 87	115. 10	306. 41	2. 42	105. 52
10#	131. 30	42. 94	154. 19	387. 02	3. 10	161. 24
11#	135. 37	36. 70	150. 33	428. 32	2. 80	125. 64
12#	118. 72	32. 21	111. 07	337. 99	1. 37	132. 34
13#	59. 46	19. 94	73. 36	284. 89	2. 06	147. 02
最大值	200. 81	42. 94	154. 19	535. 59	3. 90	161. 24
最小值	59. 46	19. 94	73. 36	192. 86	1. 28	105. 52
平均值	119. 58	35. 11	123. 51	368. 18	2. 68	125. 38

表 2 表层沉积物中重金属的地累积指数
Tab. 2 Index of geoaccumulation of heavy metals in surface sediments

采样点	Cr	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	平均值
1#	0. 4	0. 4	1. 5	1. 8	5. 4	1. 1	1. 8
2#	2. 1	1. 4	1. 5	0. 9	4. 7	1. 1	1. 9
3#	1. 3	1. 4	2. 4	1. 0	4. 2	1. 0	1. 9
4#	1. 7	1. 5	2. 6	1. 8	5. 3	1. 2	2. 4
5#	1. 2	1. 0	2. 2	1. 9	5. 1	1. 3	2. 1
6#	0. 7	0. 9	2. 0	2. 1	5. 6	1. 3	2. 1
7#	0. 3	0. 5	1. 8	1. 8	5. 6	1. 2	1. 9
8#	1. 0	1. 0	2. 2	1. 7	5. 3	1. 2	2. 1
9#	0. 8	0. 9	1. 8	1. 3	4. 9	1. 0	1. 8
10#	1. 1	1. 1	2. 3	1. 6	5. 3	1. 6	2. 2
11#	1. 1	0. 9	2. 2	1. 8	5. 1	1. 3	2. 1
12#	0. 9	0. 7	1. 8	1. 5	4. 1	1. 3	1. 7
13#	- 0. 1	0. 0	1. 2	1. 2	4. 7	1. 5	1. 4
平均值	1. 0	0. 9	2. 0	1. 6	5. 0	1. 2	-

污染程度的对应关系. 从表 2 各金属的 I_{geo} 均值来看, 沉积物中重金属元素均存在不同程度的污染, 其中 Cd 的污染最为严重, 为强-极强污染水平 ($I_{geo} = 5$); 其次依次为 Cu, Zn, Pb, 均属中等污染水平 ($I_{geo} = 1.2 \sim 2.0$); 而 Cr 和 Ni 污染较轻 ($I_{geo} \leq 1$). 从点位上看, 4#, 5#, 6#, 8#, 10#, 11# 重金属的总体污染水平较严重, 13# 的污染较轻. 从各元素情况来看, Cr 和 Ni 在 13# 为无污染水平 ($I_{geo} < 0$), 1#, 7# 为轻度污染, 其余点位为中度污染; Cu 在 4# 为强污染, 其余点位为中度污染; Zn 和 Pb 在各点位均为中度污染; 除 3#, 12# 为强污染外, Cd 在其他点位均达到极强污染水平 ($I_{geo} > 4.5$).

2.2.3 潜在生态危害指数法 采用瑞典科学家 Hakanson 提出的潜在生态危害指数 (RI) 法^[13] 进行评价. 该法将污染物与生物毒性、生态危害有机结合, 兼有现时与潜在风险评价的研究层次^[14]. 根据该法, 本研究仍采用福建省沿海地区土壤中重金属背景值, T_r^i 为重金属 i 的毒性系数, 反映重金属的毒性水平, 其值: Cd 为 30, Pb 为 5, Cu 为 5, Ni 为 5, Cr 为 2, Zn 为 1^[15]. 晋江感潮河段表层沉积物中重金属元素的潜在生态危害系数 (E_r^i) 和潜在的生态风险指数 (RI), 如表 3 所示. 从各金属元素的 E_r^i 平均值来看, Cd 污染的生态危害极强 ($E_r^i > 320$), 其他测定元素的 E_r^i 均小于 40, 属生态危害轻微范畴. 重金属元素的污染程度顺序为 $Cd > Cu > Ni > Pb > Cr > Zn$. 从点位上看, Cd 在所有采样点都属生态危害极强, 其 E_r^i 范围 834.8~2 543.5, 其他测定元素除 Cu 在 4#, 5#, 8#, 10#, 11# 处于生态危害中等水平 ($40 < E_r^i < 80$) 外, 在各点位均属于生态危害轻微范畴. 以潜在的生态风险指数 (RI) 评价, 晋江感潮河段表层沉积物中重金属的生态危害性极强, 有必要进行综合治理, 尤其应加强对 Cd 污染的防治.

表 3 表层沉积物中重金属的 E_r^i 和 RI 值

Tab.3 The potential ecological risk coefficients and risk indices of heavy metals in surface sediments

采样点	E_r^i						RI 值
	Cr	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	
1#	5.1	14.0	25.8	6.1	2 276.1	14.9	2 342.0
2#	12.5	19.6	20.6	2.8	1 187.0	15.6	1 258.1
3#	7.2	20.2	39.7	3.1	834.8	14.7	919.7
4#	10.0	21.6	44.0	5.3	1 734.8	17.0	1 832.7
5#	8.9	21.1	41.8	6.4	1 819.6	16.6	1 914.4
6#	6.3	20.4	35.5	7.7	2 530.4	17.6	2 617.8
7#	4.8	15.7	30.6	6.2	2 543.5	15.7	2 616.4
8#	7.7	21.8	40.2	5.9	2 145.7	15.4	2 236.6
9#	6.6	20.4	32.0	4.4	1 578.3	14.0	1 655.6
10#	8.2	23.1	42.8	5.5	2 021.7	21.4	2 122.8
11#	8.4	19.7	41.8	6.1	1 826.1	16.7	1 918.9
12#	7.4	17.3	30.9	4.8	893.5	17.6	971.5
13#	3.7	10.7	20.4	4.1	1 343.5	19.6	1 401.9
平均值	7.5	18.9	34.3	5.3	1 748.8	16.7	1 831.4

通过对地累积指数法和潜在生态风险指数评价法的综合比较, 发现晋江感潮河段沉积物受 Cd 的污染非常严重, Cu 次之. 可见, 沉积物中的 Cd 和 Cu 受人类活动的影响非常大, 具有很大的潜在生态危害性. 重金属污染主要是由于排放到晋江的工业废水 (如制革废水等)、渔船和采沙船的油漆脱落、交通尾气降落等, 应引起有关部门注意, 采取有效措施加以防治, 以减少其生态危害性.

3 结束语

本文采用单因子超标率法、地累积指数法和潜在生态危害指数法, 对晋江感潮河段表层沉积物中重金属污染进行评价, 以期为晋江感潮河段环境管理和重金属污染治理提供科学依据. 研究发现, 晋江感潮河段表层沉积物中 Cr, Ni, Cu, Cd 质量比大体呈中间河段偏高、两端河段偏低特征. 沉积物中 Cd, Cu, Zn 平均质量比均超过《土壤环境质量标准》和《海洋沉积物质量》二级标准, Cr, Pb 平均质量比符合二级标准. 采用地累积指数法和潜在生态危害指数法的评价结果显示, Cd 污染及其生态危害性最强, Cu, Zn, Pb, Cr, Ni 呈中等或微弱污染, 晋江感潮河段表层沉积物重金属污染总体上属生态危害性极强的重污染水平, 需采取有效措施加以防治. 本文未考虑重金属的形态, 而金属的生物毒性和生态效应与

其赋存形态密切相关,这有待于进一步深入研究.

参考文献:

- [1] CHAPMAN P M, WANG F Y, ADAMS W J, et al. Appropriate applications of sediment quality values for metals and metalloids[J]. Environ Sci Technol, 1999, 22(33): 3937-3941.
- [2] DAMIAN S. Development sediment quality criteria[J]. Environmental Sciences Technology, 1988, 22 (11): 1256-1261.
- [3] 钱嫦萍, 陈振楼, 毕春娟, 等. 潮滩沉积物重金属生物地球化学研究进展[J]. 环境科学研究, 2002, 15(5): 49-51.
- [4] ZHANG J S, HUANG J W, YANG H. Silting in the lower courses of tidal sluices in China[J]. China Ocean Engineering, 2004, 18(1): 137- 148.
- [5] 谢进金, 许友勤, 陈寅山, 等. 晋江流域水质污染与浮游动物四季群落结构的关系[J]. 动物学杂志, 2005, 40(5): 8-13.
- [6] 林永源. 晋江河口及泉州湾湿地生物分布特点[J]. 台湾海峡, 2005, 24(2): 183-188
- [7] MARCHAND C, LALLIER-VERGES E, BALTZER F, et al. Heavy metals distribution in mangrove sediments along the mobile coastline of French Guiana[J]. Marine Chemistry, 2006, 98: 1-17.
- [8] 国家技术监督局. GB 15618- 1995 土壤环境质量标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 1995
- [9] 国家技术监督局. GB 18668- 2002 海洋沉积物质量[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002
- [10] 霍文毅, 黄风茹, 陈静生, 等. 河流颗粒物重金属污染评价方法比较研究[J]. 地理科学, 1997, 17(1): 81-86.
- [11] 程 炯, 吴志峰, 刘 平, 等. 福建沿海地区不同用地土壤重金属污染及其评价[J]. 土壤通报, 2004, 10(5): 639-642.
- [12] FÖRSTNER U, CALMANOW A W. Sediment quality objectives and criteria development in Germany[J]. Water Science Technol, 1993, 28(8): 307
- [13] HAKANSON L. An ecological risk index for aquatic pollution control: A sediment logical approach[J]. Water Res, 1980, 14(8): 975-1001.
- [14] 陈静生, 周家义. 中国水环境重金属研究[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1992: 168-170.
- [15] 贾振邦, 赵智杰, 杨小毛, 等. 洋涌河、茅洲河和东宝河沉积物中重金属的污染与评价[J]. 环境化学, 2001, 20(3): 212-219.

Heavy Metal Pollution in the Surface Sediments from Tidal Reach of Jinjiang River

WANG Li-juan¹, YU Rui-lian², HU Gong-ren¹, ZHAO Yuan-hui²

(1. College of Material Science and Engineering, Huaqiao University, Quanzhou 362021, China;

(2. Department of Environmental Science, Northeast Normal University, Changchun 130024, China)

Abstract: The concentrations of heavy metals in the surface sediments from tidal reach of Jinjiang River, Fujian Province, were analyzed. The pollution degree of heavy metals was assessed using the methods of Index of geoaccumulation and Potential ecological risk index. The results show that the pollution degree and the ecological risk of Cd appears the highest among all these heavy metals, and the secondary is Cu, Zn, Pb, Cr and Ni presenting moderate or slight pollution degree. The results of Potential ecological risk index indicate that the pollution degree of heavy metals in the surface sediments from tidal reach of Jinjiang River is much serious and belongs to the extremely strong ecological risk level. Some effective measures should be taken to prevent and control the heavy metals pollution.

Keywords: heavy metal; surface sediments; tidal reach; pollution; Jinjiang River

(责任编辑: 黄仲一)