

文章编号: 1000-5013(2009)04-0454-04

山美水库流域沉积物中重金属污染现状评价

周真明, 沈春花, 张佳发, 涂 帆

(华侨大学 土木工程学院, 福建 泉州 362021)

摘要: 利用地积累指数法和潜在生态风险指数法,对泉州市山美水库流域沉积物中重金属污染进行评价.结果表明,山美水库流域沉积物中主要重金属污染物是 Cu, Pb, Zn, Cd;从总体的污染程度分析,重金属污染物的污染程度从大到小排列次序为 Cd(偏中度污染),Pb(轻度污染),Zn(轻度污染),Cu(无污染);从重金属污染物生态风险程度分析,重金属污染物构成生态风险程度均属于轻度,从大到小的排列次序为 Cd, Pb, Cu, Zn;山美水库流域沉积物中重金属污染程度总体上属于轻度污染,但是其桃溪下游、湖洋溪上游、水库入库口的重金属污染较为严重.

关键词: 山美水库流域;沉积物;重金属;地积累指数;潜在生态指数

中图分类号: X 824.02; X 524.02

文献标识码: A

山美水库流域主要包括山美水库库区、晋江上游的桃溪、湖洋溪两大支流,以及跨流域调水的龙门滩水库.山美水库位于福建省泉州市的西北部,是一座集供水、灌溉、防洪和发电等功能为一体的综合性大型水利枢纽工程.其供水途径:晋江东溪→晋江→金鸡闸→各供水渠道,担负着晋江下游南安市、晋江市、石狮市、惠安县、鲤城区、丰泽区、洛江区、泉港区等 8 个县(市、区)400 万人口的生活和生产用水.水体沉积物作为水环境中重金属的主要蓄积库,可以反映河流受重金属污染的状况^[1-2].目前,还未见国内外关于山美水库流域沉积物中重金属污染研究报道.基于此,本文利用地积累指数法和潜在生态风险指数法,对山美水库流域沉积物中重金属污染进行评价.

1 材料与方法

1.1 采样点的布设

根据山美水库流域特点,分别在桃溪、湖洋溪、桃溪与湖洋溪汇流及山美水库库区布置采样点,调查山美水库流域沉积物中重金属污染状况.

1.2 采集与处理

于 2006 年 12 月 12 日对山美水库流域的沉积物进行实地采样,采样前期适逢连续干旱,因此,所采样品的重金属含量具有较好的代表性.由于库区水较深(30~50 m),使用自制底泥采集器采取库区沉积物表层样,其他处样品使用抓斗底泥取样器采取,样品储存于聚乙烯袋.将采集的底泥样品转移到干净搪瓷盘中,自然风干后,除去沙石、动植物碎片等明显异物;混合均匀,用玛瑙碾钵将样品研细,过 100 目尼龙筛.用四分法进行缩分得到样品,装入聚乙烯塑料袋中并放入干燥器中保存备用.

1.3 测定方法^[3]

Pb, Cd 的测定参照 GB/T 17141-1997 的方法; Cu, Zn 的测定参照 GB/T 17138-1997 的方法; Cr, Ni 的测定分别参照 GB/T 17137-1997 和 GB/T 17139-1997 的方法; Hg, As 分别用 HNO₃-HClO₄-HCl 和 H₂SO₄-HNO₃-KMnO₄ 消解样品,在 AFS-2202 型双道原子荧光光度计上,采用土壤元素的近代分析方法进行测定.

收稿日期: 2008-05-23

通信作者: 周真明(1981-),男,讲师,主要从事微污染水源水质控制技术及富氧化水体控制技术的研究. E-mail: zhenming@hqu.edu.cn.

基金项目: 华侨大学科研基金资助项目(07HR05);泉州市山美水库水源地保护及水污染防治规划(430651)

2 结果与分析

2.1 沉积物中重金属的测定结果

对山美水库流域沉积物中的重金属质量比(w)进行测定, 结果如表 1 所示. 由表 1 可知, 山美水库流域沉积物中的重金属污染物是 Cu, Pb, Zn, Cd, 而其他重金属都没有超标.

表 1 山美水库流域沉积物中重金属测定结果

Tab. 1 Test results of heavy metals in the sediments of Shanmei Reservoir Valley

点位名称	$w \times 10^{-4} / \%$							
	Cu	Pb	Zn	Ni	Cd	Cr	Hg	As
桃溪上游	16.9	43.1	77.4	9.5	0.18	11.6	0.049	4.2
湖洋溪上游	12.5	115.0	159.0	8.2	0.62	17.9	0.050	8.8
湖洋溪下游	33.7	48.3	180.0	18.6	0.29	21.4	0.063	5.9
桃溪下游	12.1	233.0	169.0	8.5	0.82	18.3	0.047	8.2
桃溪、湖洋溪汇流处	41.6	61.2	138.0	14.5	0.46	14.2	0.056	4.0
水库入库口	35.4	93.2	124.0	15.1	0.48	11.4	0.093	6.8
水库中部	23.5	102.0	133.0	15.8	0.33	11.1	0.112	10.1
水库出库口区	35.0	89.9	143.0	17.8	0.37	15.0	0.120	9.4

分别对照国家标准 GB18668-2002《海洋沉积物质量标准》和 GB15168-1995《土壤环境质量标准》, 对山美水库流域沉积物中重金属超标的点位个数进行统计, 结果如表 2 所示. 表 2 中, n_{tot} 为监测点位个数, $n_{0, \text{I}}$, $n_{0, \text{II}}$, $n_{\text{S, I}}$, $n_{\text{S, II}}$ 分别为海洋沉积物质量标准一类、二类, 土壤环境质量标准一级、二级的超标的点位个数.

2.2 重金属污染评价

2.2.1 地积累指数法评价 地积累指数(I_{geo})是一种研究水环境沉积物中重金属污染的定量指标^[4-7]. 根据 I_{geo} 值, 将沉积物中重金属污染状况划分为 7 个等级(R), 分别为无污染、轻度污染、偏中度污染、中度污染、偏重污染、重污染和严重污染. 土壤背景值(B)为沉积物中金属元素的地球化学背景值, 其取值直接影响评价结果. 将山美水库流域土壤背景值(桃溪下游、湖洋溪上游、桃溪上游点位测定的平均值), 与福建省海岸带土壤背景值^[8]、福建省土壤背景值^[9]、中国土壤元素背景值^[10]比较, 如表 3 所示.

由表 3 可知, 山美水库流域土壤中 Cu, Cd, Zn 等元素与中国元素背景值相差不大, 但与福建省海岸带、福建省元素背景值相差较大; 山美水库流域土壤中 Pb 等元素与中国元素背景值相差较大, 但与福建省海岸带、福建省元素背景值相差不大.

山美水库流域沉积物中重金属地积累指数及指数分级, 如表 4 所示. 由表 4 可知, 从

总体的污染程度分析, 各种金属污染物的污染程度从大到小排列次序: Cd(偏中度污染), Pb(轻度污染), Zn(轻度污染), Cu(无污染). 桃溪下游及湖洋溪上游的 Pb, Cd 污染程度属于中度污染, 桃溪与湖洋溪汇流、水库入库口 Cd 污染程度属于中度污染, 其他采样点各重金属污染程度属于轻度污染或无污染. 各采样点重金属污染程度从大到小排列次序: 桃溪下游、山美水库入口、山美水库出库口区、桃溪与湖洋溪汇流处、湖洋溪上游、山美水库中部、湖洋溪下游和桃溪上游. 山美水库流域沉积物中, 重金属污染程度总体上属于轻度污染.

2.2.2 潜在生态风险指数评价 采用沉积物潜在生态危害评价方法^[6-7, 11-12], 对山美水库流域沉积物中重金属污染的潜在生态危害进行评价. 沉积物中多种重金属潜在生态风险指数(I_{R}), 综合反映了沉

表 2 重金属超标的点位个数统计值

Tab. 2 Number of excessive heavy metals in the sediments of Shanmei Reservoir Valley

重金属	n_{tot}	$n_{0, \text{I}}$	$n_{0, \text{II}}$	$n_{\text{S, I}}$	$n_{\text{S, II}}$
Cu	8	2	0	2	0
Pb	8	4	1	8	0
Zn	8	3	0	7	0
Cd	8	2	0	7	6

表 3 土壤重金属背景值的比较

Tab. 3 The background contents of heavy metals in Shanmei Reservoir Valley

项目	Cu	Pb	Zn	Cd
山美水库流域土壤背景值	19.9	34.4	71.3	0.073
福建省海岸带土壤背景值	22.4	39.0	83.6	0.060
福建省土壤背景值	21.6	34.9	82.7	0.054
中国土壤背景值	20.0	23.6	67.7	0.074

表 4 山美水库流域沉积物中重金属地积累指数及污染分级

Tab. 4 Geoaccumulation index and pollution series of heavy metals in the sediments of Shanmei Reservoir Valley

采样点位	Cu		Pb		Zn		Cd		平均值		污染程度
	I_{geo}	R	I_{geo}	R	I_{geo}	R	I_{geo}	R	I_{geo}	R	
桃溪上游	- 0.82	0	- 0.26	0	- 0.47	0	0.72	1	- 0.21	0	无污染
湖洋溪上游	- 1.26	0	1.16	2	0.57	1	2.5	3	0.74	1	轻度污染
湖洋溪下游	0.18	1	- 0.10	0	0.75	1	1.41	2	0.56	1	轻度污染
桃溪下游	- 1.30	0	2.17	3	0.66	1	2.9	3	1.11	2	偏中度污染
桃溪、湖洋溪汇流处	0.48	1	0.25	1	0.37	1	2.07	3	0.79	1	轻度污染
水库入库口	0.25	1	0.85	1	0.21	1	2.13	3	0.86	1	轻度污染
水库中部	- 0.36	0	0.98	1	0.31	1	1.59	2	0.63	1	轻度污染
水库出库口区	0.23	1	0.80	1	0.42	1	1.76	2	0.80	1	轻度污染
平均值	- 0.35	0	0.72	1	0.35	1	1.89	2	0.65	1	轻度污染

积物中重金属的污染水平及潜在的生态危害。其计算式为

$$I_R = \sum_{i=1}^n E_r^i = \sum_{i=1}^n T_r^i \times C_f^i = \sum_{i=1}^n T_r^i \times [C_s^i / C_n^i].$$

上式中, E_r^i 为重金属 i 的潜在生态风险系数; T_r^i 为重金属 i 的毒性系数; C_f^i 为单因子污染物污染参数; C_s^i , C_n^i 分别为表层沉积物中重金属含量实测值和参比值, 参比值采用工业化以前沉积物中重金属的最高背景值. Cu, Zn, Pb, Cd 的参比值 C_n^i 分别为 30, 80, 25, 0.5 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, 毒性系数 T_r^i 分别为 5, 1, 5, 30.

将表 3 数据代入上式中, 可得各采样点潜在生态风险系数 E_r^i 和风险指数 I_R , 以及各单因子污染参数 C_f^i , 结果如表 5 所示. 单因子污染物污染参数 C_f^i , 潜在生态风险系数 E_r^i 和潜在生态风险指数 I_R 值相对应的污染程度及总潜在生态风险程度, 如表 6 所示.

表 5 各采样点位潜在风险指数及单因子污染参数

Tab. 5 Potential index risk and single factor pollution parameter in each sample site

采样点位	Cu		Pb		Zn		Cd		I_R
	C_f^i	E_r^i	C_f^i	E_r^i	C_f^i	E_r^i	C_f^i	E_r^i	
桃溪上游	0.56	2.28	1.72	8.62	0.97	0.97	0.36	10.80	22.67
湖洋溪上游	0.42	2.08	4.6	23.00	1.99	1.99	1.24	37.20	64.27
湖洋溪下游	1.12	5.62	1.93	9.66	2.25	2.25	0.58	17.40	34.93
桃溪下游	0.40	2.02	9.32	46.60	2.11	2.11	1.64	49.20	99.93
桃溪、湖洋溪汇流处	1.39	6.93	2.45	12.24	1.73	1.73	0.92	27.60	48.50
水库入库口	1.18	5.9	3.73	18.64	1.55	1.55	0.96	28.80	54.89
水库中部	0.78	3.92	4.08	20.40	1.66	1.66	0.66	19.80	45.78
水库出库口区	1.17	5.83	3.60	17.98	1.79	1.79	0.74	22.40	48.00
平均值	0.88	4.39	3.93	19.64	1.76	1.76	0.89	21.63	47.42

表 6 污染程度及潜在生态风险程度评估

Tab. 6 The pollution degree and potential ecological risk degree

污染参数范围	单因子污染物污染程度	潜在生态风险参数范围	单因子污染物生态风险程度	潜在生态风险指数 I_R 范围	总潜在生态风险程度
$C_f^i < 1$	低度	$E_r^i < 40$	低	$I_R < 150$	低度
$1 \leq C_f^i < 3$	中度	$40 \leq E_r^i < 80$	中	$150 \leq I_R < 300$	中度
$3 \leq C_f^i < 6$	重度	$80 \leq E_r^i < 160$	较重	$300 \leq I_R < 600$	重度
$C_f^i \geq 6$	严重	$160 \leq E_r^i < 320$	重	$I_R \geq 600$	严重
-	-	$E_r^i \geq 320$	严重	-	-

由表 5, 6 可知, 从单因子污染物污染程度分析, 各重金属污染物的污染程度按大小排列次序是 Pb, Zn, Cd, Cu; 桃溪下游 Pb 严重污染, 湖洋溪上游及整个库区 Pb 属于重度污染, 其余采样点 Pb 均属于重度污染. 从单因子污染物生态风险程度分析, 各重金属污染物构成生态风险程度按大小排列次序是 Cd, Pb, Cu, Zn; 桃溪下游 Pb, Cd 构成生态风险程度属于中度(与地积累指数法的评价结果一致), 其他采样点及各重金属构成生态风险程度属于低度.

从总潜在生态风险程度分析, 山美水库流域沉积物中重金属构成生态风险程度总体上属于低度; 各采样点重金属构成生态风险程度按大小排列次序是: 桃溪、湖洋溪、山美水库库区、桃溪与湖洋溪汇流处. 桃溪下游、湖洋溪上游重金属生态风险较大, 应给予重视.

3 结束语

为了解山美水库流域沉积物中重金属含量及其潜在生态风险程度, 对山美水库流域沉积物中重金属污染现状进行调查. 分别选用地积累指数法、潜在生态危害指数法, 对山美水库流域中重金属的污染程度及潜在生态危害进行评价, 可为山美水库流域水源地水污染防治规划的编制提供科学依据.

参考文献:

[1] TAM N F Y, WANG Y S. Spatial variation of heavy metals in surface sediments of Hong Kong mangrove swamps [J]. Environmental Pollution, 2000, 110(2): 195-205.

[2] NUNES M. Assessment of water quality in the Caima and Mau river basins (Portugal) using geochemical and biological indices [J]. Water Air Soil Pollution, 2003, 149(1/4): 227-250.

[3] 中国环境监测总站. 土壤元素的近代分析方法 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1992.

[4] LOSKA K M. Contamination of farming soils affected by industry [J]. Environment International, 2004, 30(2): 159-165.

[5] 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): 1658-1660.

[6] 弓晓峰, 陈春丽, 周文斌, 等. 鄱阳湖底泥中重金属污染现状评价 [J]. 环境科学, 2006, 27(4): 732-736.

[7] 蔡京傍, 李文奇, 刘 娜, 等. 洋河水库底泥污染特性研究 [J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(3): 886-893.

[8] 刘用清. 福建省海岸带土壤环境背景值研究及其应用 [J]. 海洋环境科学, 1995, 14(2): 68-72.

[9] 陈振金, 陈春秀, 刘用清, 等. 福建省土壤环境背景值研究 [J]. 环境科学, 1992, 13(4): 70-75.

[10] 魏复盛, 陈静生, 吴燕玉, 等. 中国土壤环境背景值研究 [J]. 环境科学, 1991, 12(4): 12-19.

[11] 黄奕龙, 王仰麟, 岳 隽. 深圳市河流沉积物重金属污染特征及评价 [J]. 环境污染与防治, 2005, 27(9): 711-715.

[12] 于瑞莲, 胡恭任. 泉州湾沉积物重金属形态特征及生态风险 [J]. 华侨大学学报: 自然科学版, 2008, 29(3): 419-423.

Assessment of Heavy Metal Pollution in the Sediments of Shanmei Reservoir Valley

ZHOU Zhen-ming, SHEN Chun-hua,
ZHANG Jia-fa, TU Fan

(College of Civil Engineering, Huaqiao University, Quanzhou 362021, China)

Abstract: Using the geoaccumulation index and the potential ecological risk index, the heavy metal pollution of Shanmei Reservoir of Quanzhou is evaluated. The results show that the main heavy metals are Cu, Pb, Zn and Cd in the sediments of Shanmei Reservoir Valley. According to the geoaccumulation index, the order of the heavy metals, arranged from highest to lowest pollution degree, is Cd (between slight and moderate degree), Pb (slight degree), Zn (slight degree), Cu (no pollution). The potential ecological risk to Shanmei Reservoir Valley is: Cd, Pb, Cu, Zn. The pollution of heavy metals is classified as slight degree by potential ecological risk. In conclusion, the pollution degree of heavy metal in the sediments of Shanmei Reservoir Valley is slight, but the pollution degree in the lower reaches of Tao Rivulet, the upper reaches of Huyang Rivulet and the entrance of Shanmei Reservoir is a little serious.

Keywords: Shanmei Reservoir Valley; sediments; heavy metal pollution; geoaccumulation index; potential ecological risk

(责任编辑: 钱 筠 英文审校: 方德平)