

文章编号: 1004 - 7271 (2008) 06 - 0695 - 05

上海世博园区水体底泥重金属污染特征与评价

彭自然, 张饮江, 杨 杰, 张剑雯

(上海海洋大学农业部水产种质资源与养殖生态重点开放实验室, 上海 201306)

摘 要: 分析上海世博园区水体底泥中 Hg、Cu、Zn、Cd、Pb、Cr、As、Se 等重金属(类金属)含量, 结果表明, Hg 为 (0.35 ± 0.17) mg/kg, Cu 为 (65.86 ± 11.33) mg/kg, Zn 为 (190.9 ± 28.9) mg/kg, Cd 为 (0.3585 ± 0.0611) mg/kg, Pb 为 (32.50 ± 11.04) mg/kg, Cr 为 (180.7 ± 68.5) mg/kg, As 为 (10.8 ± 5.5) mg/kg, Se < 0.02 mg/kg。运用地累积指数 I_{geo} 进行评价, 结果表明 Cr 和 Zn 有轻度污染。同时运用潜在生态危害指数 RI 进行评价, 结果为中等生态风险, 其中 Hg 为强生态风险。上海世博园区水体底泥受到 Hg、Cr、Zn 等重金属污染, 应引起高度重视。

关键词: 世博园; 底泥; 重金属; 地累积指数; 潜在生态危害指数

中图分类号: S 912 文献标识码: A

Distribution characteristics and assessments of heavy metal in the sediments of shanghai expo park area

PENG Zi-ran, ZHANG Yin-jiang, YANG Jie, ZHANG Jian-wen

(Key Laboratory of Aquatic Genetic Resources and Aquacultural Ecology Certificated
by the Ministry of Agriculture, Shanghai Ocean University 201306, China)

Abstract: The pollution of heavy metal in sediments of Shanghai Expo Area was studied. Mean concentration of Hg, Cu, Zn, Cd, Pb, Cr, As, Se are (0.35 ± 0.17) mg/kg, (65.86 ± 11.33) mg/kg, (190.9 ± 28.9) mg/kg, (0.3585 ± 0.0611) mg/kg, (32.50 ± 11.04) mg/kg, (180.7 ± 68.5) mg/kg, (0.108 ± 0.055) mg/kg, < 0.02 mg/kg. The Indexes of Geo-accumulation and Potential Ecological Risk Indexes were calculated. The result of former is that the low-grade pollution of Cr and Zn in the sediments happened. The results of latter indicate that the medium ecological risk is in existence and the ecological risk of Hg is strong. Therefore the sediments in Expo Park area are polluted by heavy metal such as Hg, Cr and Zn. Great importance must be attached to it.

Key words: Expo park; sediments; heavy metal; index of geo-accumulation; potential ecological risk index

水体底泥是水域生态环境的重要组成部分, 是污染物的主要蓄积地, 底泥中污染物主要由大气沉降、废水排放、水土流失、雨水淋溶冲刷进入水体沉积并逐渐富集。在一定条件下, 蓄积的污染物会释放出来, 成为水体重要的内源。底泥污染, 特别是重金属污染, 对水体生态环境产生重要影响, 对人类健康和水生生态系统造成直接或潜在的威胁, 是一个当今倍受关注的全球性问题。对上海世博园区水体底

收稿日期: 2008-04-08

基金项目: 国家科委世博专项(2005ba908b23); 上海市科委项目(05dz05823); 上海市重点学科建设项目(Y1101)

作者简介: 彭自然(1978-), 男, 江西万载人, 讲师, 硕士, 主要从事环境监测与评价方面的研究。E-mail: zrpeng@shou.edu.cn

通讯作者: 张饮江, E-mail: yjzhang@shou.edu.cn

泥重金属污染特征及评价,可为世博园区水域生态环境修复与利用提供科学依据。

1 研究方法

1.1 底泥样点布设与采集

上海世博园位于上海市中心,沿黄浦江两岸南浦大桥和卢浦大桥之间的滨江地区,分浦东和浦西两部分,规划用地 5.28 km²,浦东从倪家浜至南码头分别建设湿地公园、世博公园、白莲泾公园,构成滨江景观带,这是世博园区景观的主体部分。世博园水体主要包括黄浦江倪家浜至南码头段及其支流白莲泾浦东南路北段。沿黄浦江流向分别设置倪家浜、后滩、后滩轮渡站、上三铁厂码头、成品码头、白莲泾口六个点,另设 1 点在白莲泾桥(图 1),于 2007 年 8 月 18 日用狄克逊采泥器采集表层沉积物。

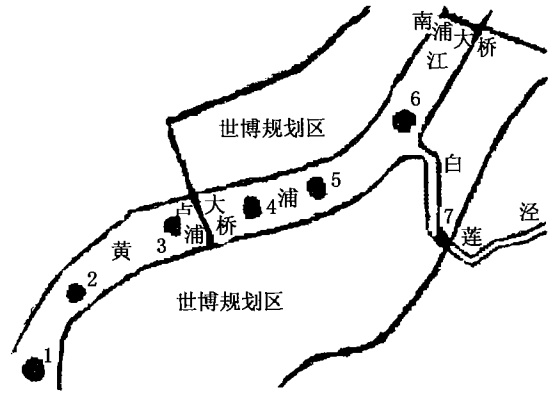


图 1 世博园区整体规划图及采样点

Fig. 1 Sampling locations and plan of Shanghai World Expo Park

S1. 倪家浜; S2. 后滩; S3. 后滩轮渡站; S4. 上三铁厂码头; S5. 成品码头; S6. 白莲泾口; S7. 白莲泾桥

1.2 样品预处理

新鲜泥样混匀后分为两份,一份离心后弃去上清液,为湿样(含水率约 35%);另一份自然风干后碾磨过筛(100 目),为干样(含水率约 3%)。

1.3 分析项目及方法

分析项目和分析方法为总汞(CVAAS),总铜、镉、铅、锌(AAS),总铬(二苯碳酰二肼分光光度法),总砷(ICP)^[1]。

1.4 评价方法

采用 Muller 地累积指数法^[2]和 Hakanson 潜在生态危害指数法^[3]评价世博园区水体底泥重金属污染状况。

地累积指数 I_{geo} 计算公式为:

$$I_{geo} = \log_2 [C_n / (k B_n)]$$

其中 C_n 为重金属含量; B_n 为普通页岩重金属地球化学平均背景值, Hg: 0.35, Cu: 45.0, Zn: 71.5, Cd: 0.40, Pb: 34.0, As: 13.0, Cr: 62.0, 单位 mg/kg; k 为岩石地理差异变动系数, 取 1.5。根据 I_{geo} 值将污染等级分为 7 级: 清洁 (≤ 0)、轻度污染 (0 ~ 1)、偏中度污染 (1 ~ 2)、中度污染 (2 ~ 3)、偏重污染 (3 ~ 4)、重污染 (4 ~ 5)、严重污染 (> 5)。

潜在生态危害指数 RI 的计算公式为:

$$RI = \sum_{i=1}^m E_r^i = \sum_{i=1}^m T_r^i \frac{C^i}{C_n^i}$$

其中 E_r^i 为第 i 种重金属潜在生态危害系数; T_r^i 为第 i 种重金属毒性系数, Hg: 40, Cu: 5, Zn: 1, Cd: 30, Pb: 5, As: 10, Cr: 2; C_n^i 为重金属含量; C_n^i 为背景参考值, 选用上海市土壤环境背景值^[4], Hg: 0.092, Cu: 28.37, Zn: 83.68, Cd: 0.12, Pb: 25.35, As: 8.76, Cr: 74.88, 单位: mg/kg。污染强度分级系统为: 轻微生态风险 ($E_r^i < 40$ 或 $RI < 150$)、中等生态风险 ($40 \leq E_r^i < 80$ 或 $150 \leq RI < 300$)、强生态风险 ($80 \leq E_r^i < 160$ 或 $300 \leq RI < 600$)、很强生态风险 ($160 \leq E_r^i < 320$ 或 $RI > 600$)、极强生态风险 ($E_r^i > 320$)。

2 结果与讨论

2.1 汞

世博园区水体底泥中重金属的含量见图 2。可见,底泥中汞含量平均为 (0.35 ± 0.17) mg/kg,且差异较大。成品码头(S5)最高为 0.68 mg/kg,其次为倪家浜(S1,0.62 mg/kg)和后滩(S2,0.44 mg/kg)。其余各点较低。

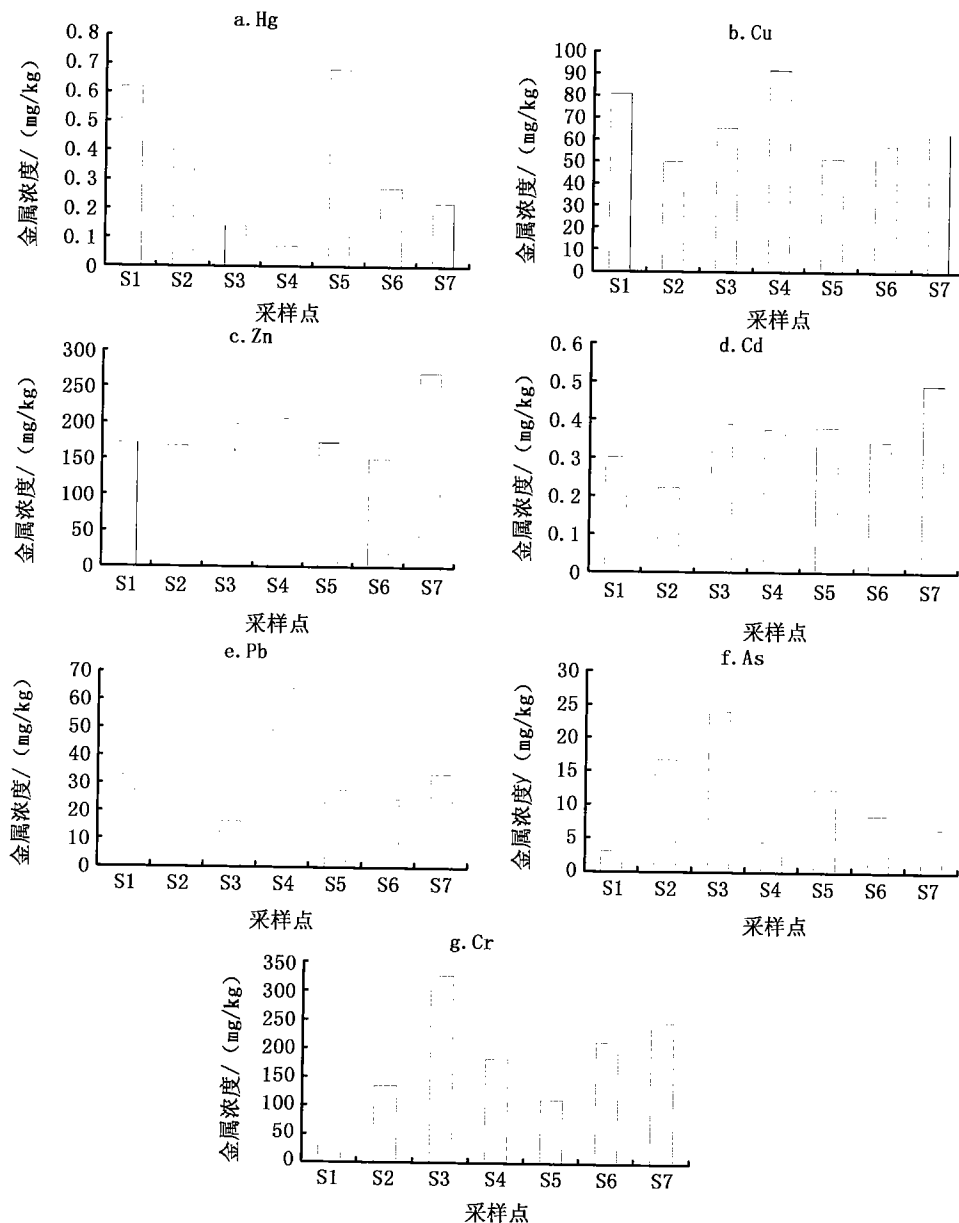


图 2 世博园区水体底泥重金属含量

Fig. 2 Heavy metal concentrations of sediments in expo park

2.2 铜、锌、镉、铅

世博园区水体底泥中铜的平均含量为 (65.86 ± 11.33) mg/kg,铁厂码头(S4,91.87 mg/kg)和倪家浜(S1,80.95 mg/kg)较高,其余各点较低,且相差不大。锌含量平均值为 (190.9 ± 28.9) mg/kg,白莲

泾桥(S7, 269.3 mg/kg)最高。镉含量平均为(0.358 5 ± 0.061 1) mg/kg, 白莲泾桥(S7, 0.492 4 mg/kg)最高, 后滩(S2, 0.222 8 mg/kg)最低。铅含量最高的样点为铁厂码头(S4), 为63.98 mg/kg; 最低的样点为轮渡站(S3, 16.30 mg/kg), 平均值为(32.50 ± 11.04) mg/kg。

2.3 砷

世博园区水体底泥中砷平均值为(10.8 ± 5.5) mg/kg。各点砷含量差别较大, 轮渡站(S3, 24.0 mg/kg)最高, 铁厂码头(S4, 4.6 mg/kg)次低, 倪家浜(S1, 3.1 mg/kg)最低。

2.4 铬

世博园区水体底泥中铬含量差别也较大, 轮渡站(S3, 328 mg/kg)最高, 倪家浜(S1, 47 mg/kg)最低, 平均值为(180.7 ± 68.5) mg/kg。

2.5 重金属污染评价

用地累积指数法和潜在生态危害指数法评价世博园区水体底泥重金属污染, 结果见表1。从地累积指数 I_{geo} 来看, Cr 和 Zn 有轻度污染($0 < I_{geo} \leq 1$), 其余重金属污染级别为清洁($I_{geo} \leq 0$), 污染顺序为 $Cr > Zn > Cu > Hg > Pb > Cd > As$ 。潜在生态危害指数 RI 为 204, 属中等生态风险。但从潜在生态危害系数 E_r 来看, Hg 为强生态风险($80 \leq E_r < 160$), 其余重金属为轻微生态风险($E_r < 40$), 生态危害风险顺序为 $Hg > Cd > As > Cu > Pb > Cr > Zn$ 。这是因为地累积指数以全球沉积页岩平均含量为标准制定的污染级别, 未考虑生物毒性和地理空间异质性, 因此只能用于一般污染评价; 而潜在生态危害指数以当地背景值为标准, 同时以金属的毒性系数加权, 能较充分反应重金属的生态危害^[5-6]。如果以上海市土壤背景值为标准计算, 世博园区底泥重金属富集程度大小顺序为: $Hg > Cd > Cr > Cu > Zn > Pb > As$ 。

表1 世博园区底泥重金属污染评价
Tab.1 Heavy metal assessment of sediments in Expo park

	Hg	Cu	Zn	Cd	Pb	As	Cr
含量 mg/kg	0.35	65.86	190.9	0.358	32.50	10.8	180.7
背景值 mg/kg	0.092	28.37	83.68	0.120	25.35	8.76	74.88
I_{geo}	-0.59	-0.04	0.83	-0.74	-0.65	-0.85	0.96
富集程度(倍)	3.79	2.32	2.28	2.99	1.28	1.23	2.41
E_r	152	12	2	15	6	12	5
RI				204			

比较各样点的重金属污染情况可知, 除受到 Cr、Zn、Hg 污染外, 倪家浜(S1)有轻度 Cu 累积, 铁厂码头(S4)有轻度 Cu 和 Pb 累积。Hg 及重金属综合潜在生态危害大小顺序为: 成品码头(S5) > 倪家浜 > (S1) > 后滩(S2) > 白莲泾口(S6) > 白莲泾桥(S7) > 轮渡站(S3) > 铁厂码头(S4)。对 Hg 而言, S5、S1、S2 为很强生态风险级别, S6、S7 为强生态风险级别, S3 为中等生态风险级别, S4 为轻微生态风险级别。黄浦江世博园段附近钢铁企业分布密集, 倪家浜、白莲泾支流上游人口密度较大, 河流受到钢铁工业污染和生活污水污染。

丁振华等^[6]、王金辉等^[7]对黄浦江沉积物重金属污染进行过监测评价。丁振华分析了米市渡、西渡、杨浦大桥、嫩江路、三岔港、吴淞口的表层沉积物样品, 认为黄浦江砷污染严重, 镉中等程度污染。但其采样点在上海市区仅分布在杨浦区, 世博园所在的徐汇、卢湾、黄浦和浦东区都无采样点。从数据看, 各点 I_{geo} 和 RI 差别较大, As 污染集中在杨浦区的杨浦大桥和嫩江路点, 其余各点污染较轻。与其他各点相比, 较为临近世博园区的西渡(奉贤)、杨浦大桥(杨浦) Hg 污染最重, Cd 也有一定程度污染, 而西渡 As 仅为轻微污染。王金辉分析了黄浦江松江-吴淞口段表层沉积物重金属含量, 实验数据表明, 存在 Hg、Zn、Cd、Cu 污染。

底栖动物可以反映底泥污染状况, 并对底泥的污染均极为敏感, 张饮江等^[8]对世博园后滩湿地调查发现, 底栖动物物种数总体上偏少, 其生态环境受到了一定的破坏。上钢三厂生产、加工过程中的产

生的铜、铁的废渣、碎屑、污泥与废水都会污染湿地生态环境,固体废物在堆放腐败过程中产生的有机污染物会将废物中的重金属溶解出来,造成湿地的污染。

可见,世博园区底泥受到一定程度的重金属污染,其中 Hg 生态风险大,并存在 Cr、Zn、Cd 的富集,需引起高度重视。

参考文献:

- [1] 国家海洋局第二海洋研究所,国家海洋标准计量中心. GB17378.5-1998 海洋监测规范第五部分:沉积物分析[S]. 北京:中国标准出版社,1998.
- [2] Muller G. Index of geo-accumulation in sediments of the Rhine River[J]. *Geo J*, 1969,2:108-118.
- [3] Hakanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control A sediment logical approach[J]. *Water Research*, 1980,14(8):975-986.
- [4] 《上海环境保护志》编纂委员会. 上海环境保护志[M]. 上海:上海社会科学院出版社,1998.
- [5] 张鑫,周涛发,杨西飞,等. 河流沉积物重金属污染评价方法比较研究[J]. *合肥工业大学学报(自然科学版)*, 2005,28(11):1419-1423.
- [6] 丁振华,贾洪武,刘彩娥,等. 黄浦江沉积物重金属的污染及评价[J]. *环境科学与技术*, 2006,29(2):64-66.
- [7] 王金辉,沈庆红,雒伟民. 关于黄浦江水系表层沉积物的现状研究[J]. *上海环境科学*, 2001,20(1):11-15.
- [8] 张饮江,黄薇,罗坤,等. 上海世博园后滩湿地大型底栖动物群落特征与环境分析[J]. *湿地科学*, 2007,5(4):326-336.