

巢湖表层沉积物中重金属的分布及污染评价

郑志侠¹, 潘成荣^{1,2}, 丁凡²

(1.安徽省环境科学研究院, 省污水处理技术研究重点实验室, 合肥 230061; 2.合肥工业大学资源与环境工程学院, 合肥 230009)

摘要:对巢湖湖区不同位点的表层沉积物中的 Fe、Cr、Pb、Cu、Co、Zn、Ni 7 种重金属含量进行的分析表明, 湖泊沉积物中重金属含量分布呈现一定的区域特征, 由于巢湖西半湖靠近合肥市区, 大量的工业废水和生活污水通过河道排入巢湖, 引起西半湖区中重金属含量高于东半湖区。采用富集因子法和地积累指数法对巢湖沉积物重金属污染现状进行了评价, 结果表明, 巢湖沉积物中存在 Pb、Cu 污染, 个别地区已相当严重, 并呈现沿湖心区至东半湖区逐渐降低趋势。研究表明, 两种方法均能对人为污染行为做出较为科学的评价, 且两种方法得到的评价结果基本一致。由于重金属元素有很强的毒性, 并且能够在食物链中传递, 有关部门应及早从流域环境综合规划入手, 对重金属污染问题采取有力的控制对策, 保护沿湖地区居民免受危害。此外, 对巢湖表层沉积物中重金属污染物来源进行了初步分析, 据分析结果判断, 巢湖沉积物中重金属总量 Co、Fe、Cr 的来源相似, Zn 和 Cu 的来源相似。

关键词:巢湖; 沉积物; 重金属; 污染评价

中图分类号: X825 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-2043(2011)01-0161-05

Distribution and Environmental Pollution Assessment of Heavy Metals in Surface Sediments of Chaohu Lake, China

ZHENG Zhi-xia¹, PAN Cheng-rong^{1,2}, DING Fan²

(1.Provincial Key Laboratory of Research on Wastewater Treatment Technology, Anhui Academy of Environmental Science Research, Hefei 230061, China; 2.School of Resources and Environment, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: There is a close correlation between heavy metals and human health. Heavy metal pollution problems are one of the important research issues for water environment scientists. In present paper, total concentrations of seven heavy metals, including Fe, Cr, Pb, Cu, Co, Zn and Ni were determined in surface sediments from 9 different sites of Chaohu Lake. Total metal concentrations in the surface sediments revealed significant pollution inputs on the whole lake investigated, with a distinct peak in the west area of the lake. Large amount of industrial and urban discharges from Hefei City into the west area of Chaohu Lake were the major sources of heavy metals in lake. The level of pollution attributed to heavy metals was evaluated using enrichment factor and geoaccumulation indexes. Enrichment factors revealed the anthropogenic sources for lead and copper and the total metal content in the sediments has decreased from west area to middle area of the lake. This was also supported by geoaccumulation indexes. The result showed that both methods could make a scientific assessment of contamination level and acquire similar evaluation conclusion. With the high risk of toxic heavy metals on human health, the local government should take effective control measures on metal pollution problem. In addition, sources of heavy metals in sediments were analyzed in the present paper. Correlation analyses indicate that Fe is associated with Co and Cr whereas Zn have a close association with Cu.

Keywords: Chaohu Lake; sediment; heavy metals; environmental pollution assessment

重金属元素具有难降解、易积累、毒性大的特性, 且存在通过食物链危害人类健康的潜在危险, 一直备

受环境工作者的高度关注^[1-2]。研究表明, 进入水体的重金属污染物绝大部分易于由水相转入悬浮物, 随着悬浮物的沉降进入沉积物中, 在环境条件变化时沉积物又向水相释放重金属, 造成二次污染。因此, 水体沉积物能明显地反映湖泊受重金属污染状况。沉积物中重金属污染的评价方法很多, 目前常用的方法主要有: (1) 德国学者 Muller 于 1969 年首次提出的地积累指数法(I_{geo})^[3]; (2) 1980 年 Hankinson 提出的潜在生态

收稿日期: 2010-06-29

基金项目: 国家“水体污染控制与治理”重大专项(2008ZX07103-002-5、2008ZX07103-001-3); 国家科技部国际科技合作项目(2008DFA91310、2009DFA93030); 安徽省优秀青年科技基金项目(08040106832)

作者简介: 郑志侠(1973—), 女, 安徽淮南人, 博士, 高工, 主要从事环境污染分析研究。E-mail: zhengzhixia@yahoo.com.cn

危害指数法(RI)^[4]; (3)污染负荷指数法(PLI)^[5]; (4)Hilton 提出的回归过量分析法(ERA)^[6]; (5)Chenoff 提出的脸谱图法^[7]。其中,地积累指数法与富集指数法因其简单易行在国内外被广泛应用于沉积物中重金属的污染评价^[8-10]。

巢湖位于安徽省中部,是我国五大淡水湖之一。随着流域人口的剧增和工农业生产的迅速发展,巢湖生态环境受到了严重破坏,湖泊水质恶化,直接影响了沿湖岸人们的饮水安全和工农业生产,与太湖、滇池一起被国家列为需重点治理的“三河三湖”中的三湖。据统计^[11],巢湖单位容积接纳废水量位居五大淡水湖之首,工业生产以及其他社会活动给巢湖水体带来了相当比例的重金属废水。对巢湖进行重金属污染现状调查和评价对了解湖泊河流水环境状况有重要意义。

本文对巢湖湖区表层沉积物中重金属元素 Fe、Cr、Pb、Cu、Co、Zn、Ni 的含量进行了测定,分析了重金属的空间分布特征,并用地积累指数法和富集因子法对该湖区沉积物中的重金属污染现状进行了评价。

1 材料与方法

1.1 采样点布设与样品采集

根据巢湖流域地形和污染源空间分布特征,自巢湖上游至下游布设了 9 个采样点,采样点多布设于水流缓慢、沉积稳定的地带(图 1)。其中,1、2、3、4 号采样点位于西半湖区,5、6、7 号点位于湖心区,8、9 号点位于东半湖区。2008 年 10 月采用抓斗式采样器对上述采样点进行表层沉积物采集,样品采集后密封于双层聚乙烯塑料袋中尽量排挤出空气,带回实验室在室温条件下风干至恒重。

1.2 样品制备与分析

分别称取干燥过筛(100 目)后的巢湖沉积物样品 0.5 g 于聚四氟乙烯烧杯中,加入 10 mL 浓硝酸,待剧烈反应停止后,放置于通风橱内,低温电热板加热至不产生棕黄色烟雾,稍冷后加入 HClO₄ 5 mL 蒸发至近干,残渣为灰白色,加入 1%硝酸 25 mL 加热煮沸溶解残渣,移入 100 mL 容量瓶中定容,自然沉淀后取清液备测。

将处理好的样品于 Z-8000 塞曼偏振原子吸收分光光度计上测定 Fe、Cr、Pb、Cu、Co、Zn、Ni 的含量。分析过程使用水系沉积物 GBW07301a 作内控样进行质量控制,重金属元素的参考值、实测值和回收率见表 1,重金属元素的回收率为 96.1%~102.3%。

表 1 水系沉积物(GBW07301a)重金属含量分析结果

Table 1 Content of heavy metals in stream sediments (GBW07301a)

元素	Cr	Pb	Cu	Co	Zn	Ni
参考值/ mg·kg ⁻¹	128±6	31±4	28±2	20±2	90±7	56±7
实测值/ mg·kg ⁻¹	124.9±1.4	31.5±0.3	26.9±0.4	19.7±0.1	91.4±0.8	57.3±0.5
回收率/%	97.6	101.6	96.1	98.5	101.6	102.3

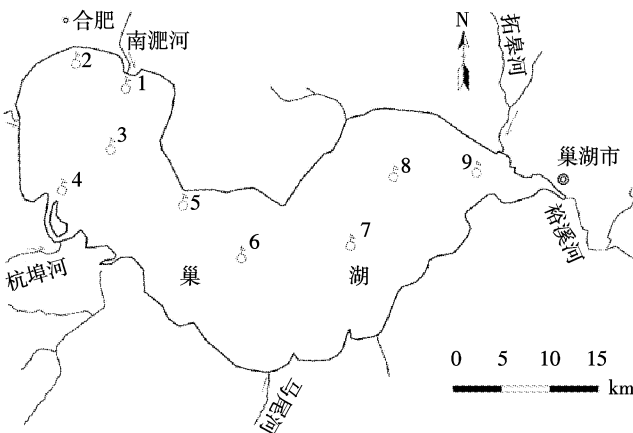


图 1 沉积物采样布点图

Figure 1 Sampling sites of sediments in Chaohu Lake

2 结果与分析

2.1 沉积物中重金属的总量分布特征

巢湖水体表层沉积物中 7 种重金属元素的含量见表 2。其中,Fe、Cr、Pb、Cu 和 Co 含量均呈现出西半湖区高于东半湖区的趋势。这可能由于西半湖区靠近合肥市区,大量的工业废水和生活污水通过河道排入湖区,引起该区域沉积物中重金属含量较东半湖区

表 2 巢湖表层沉积物重金属含量(mg·kg⁻¹)

Table 2 Concentration of various heavy metals in the surface sediments of Chaohu Lake(mg·kg⁻¹)

点位	Fe	Cr	Pb	Cu	Co	Zn	Ni
1	37 600	113.2	16.5	15.3	15.8	9.2	36.1
2	22 400	112.6	40.0	10.2	32.2	6.2	39.4
3	41 200	93.2	32.9	8.7	39.3	12.5	46.1
4	8 800	97.2	78.8	66.2	10.9	20.1	42.1
5	29 600	118.5	23.5	10.7	41.0	17.2	42.1
6	22 000	82.0	5.9	61.5	21.9	51.0	32.4
7	14 800	89.8	55.3	30.8	15.8	1.0	40.3
8	16 000	67.7	38.2	9.74	26. 8	15.8	40.3
9	8 000	44.0	2.4	30.8	13.7	27.0	47.6
平均值	22 267	90.9	32.6	27.1	24.2	17.8	40.7
背景值	36 700	79.3	15.7	18.9	16.5	59.0	19.5

高。沉积物中 Pb 和 Ni 的平均含量分别高出背景值^[12]的 2.08 倍和 2.09 倍。

2.2 巢湖表层沉积物重金属污染评价

2.2.1 评价方法简介

富集因子法和地积累指数法是区分自然与人类活动引起重金属对环境影响评价的重要方法,可以较为准确地判断人类活动对土壤污染的贡献,区分自然异常对土壤带来的富集以及环境引发的元素污染与损耗,从自然异常中分离人为异常。根据指数分级确定研究区域的污染程度,为污染治理提供依据。本文采用这两种方法对巢湖表层沉积物中的重金属污染现状分别进行了评价。

(1)富集因子法

为了减少采样和制样过程中人为影响以及保证各指标间的可比性与等效性,以参比元素为参考标准,对测试样品中元素进行归一化处理。参比元素要求不易受所在环境与分析测试过程的影响,性质较稳定,常用的参比元素为 Sc、Mn、Ti、Al、Fe、Ca。富集因子的数学表达式为:

$$EF = \frac{\frac{C_n(\text{sample})}{C_{ref}(\text{sample})}}{\frac{B_n(\text{background})}{B_{ref}(\text{background})}}$$

式中:EF 为重金属在土壤中的富集系数; $C_n(\text{sample})$ 、 $B_n(\text{background})$ 分别为某元素在测试区和参照区浓度; $C_{ref}(\text{sample})$ 、 $B_{ref}(\text{background})$ 分别为参比元素在测试区和参照区浓度。

Sutherland^[13]根据富集因子将重金属污染分为 5 个级别(表 3)。

表 3 富集因子与重金属污染程度的关系

Table 3 Enrichment factor in relation to pollution intensity

富集系数 EF	重金属污染程度
$EF < 2$	无污染-轻微污染
$2 \leq EF < 5$	中污染
$5 \leq EF < 20$	重污染
$20 \leq EF < 40$	严重污染
$EF \geq 40$	极重污染

EF 是一种非常有益的反映环境污染程度的指标,如果 EF 值在 1.0 左右,表明该金属元素完全来源于地壳和自然风化过程。当 EF 值大于 1.0 时,表明该金属元素不仅来源于地壳和自然风化过程,还可能来源于人类活动产生的废弃物^[14]。

(2)地积累指数(I_{geo})法

该方法是德国海德堡大学沉积物研究所的科学家 Muller 在 1969 年提出的,它是研究水环境沉积物中重金属污染程度的定量指标,在欧洲被广泛采用,我国也有学者采用过。近年来被国内外的学者专家广泛用于人为活动产生的重金属对土壤污染的评价^[8-10]。其计算公式如下:

$$I_{geo} = \log_2 \frac{C_n}{1.5B_n}$$

式中: C_n 为元素 n 在沉积岩中的实测含量; B_n 为粘质沉积岩(普通页岩)中该元素的地球化学背景值,本文采用当地无污染区该元素含量作为背景值^[12];常量 1.5 是为消除各地岩石差异可能引起背景值的变动转换系数。

沉积物重金属地积累指数分级与污染程度之间的相互关系列于表 4。

表 4 重金属地积累指数分级与污染程度之间的关系

Table 4 Geoaccumulation index of heavy metals in relation to pollution status

地积累指数 I_{geo}	地积累指数分级	污染程度
$I_{geo} \geq 5$	6	极重污染
$4 \leq I_{geo} < 5$	5	重污染-极重污染
$3 \leq I_{geo} < 4$	4	重污染
$2 \leq I_{geo} < 3$	3	中污染-重污染
$1 \leq I_{geo} < 2$	2	中污染
$0 \leq I_{geo} < 1$	1	无污染-中污染
$I_{geo} < 0$	0	无污染

2.2.2 评价结果

富集因子法评价选择 Fe 作为参比元素,主要考虑 Fe 在地壳中丰度高,占地壳元素总量的 4.75%,在中性和碱性环境中 Fe 的溶解度低,不易淋溶迁移;且生物利用度也低,性质较为稳定。从实地测试结果看,Fe 含量是所有测试指标中最稳定的^[15-16]。重金属背景值引自湖泊沿岸的背景值研究^[12]。表 5 是巢湖表层沉积物中 Fe、Cr、Pb、Cu、Co、Zn 和 Ni 的 EF 值。由于 Fe 在普通页岩中属常见的金属,且为有益元素,故未将其转换为污染分级^[17]。根据地积累指数的计算公式,计算出巢湖沉积物中各金属的地积累指数(表 6)。

2.3 重金属来源分析

在同一功能区内,各重金属含量不尽相同。若金属元素之间存在显著性相关关系,说明它们的来源可能是相似的,若不存在相关关系则来源是不同的。刘文新等^[18]报道,同一水域沉积物中元素之间存在良好的相关性,表明这些元素可能有相同的来源(天然地球化

学来源或者人为污染来源)。为阐明巢湖沉积物中重金属之间的相互关系,本文对沉积物中 Fe、Cr、Pb、Cu、Co、Zn 和 Ni 7 种元素进行了相关性分析。表 7 为巢湖表层沉积物中重金属元素之间的相关系数。

表 5 沉积物重金属富集指数

Table 5 Enrichment factor of heavy metals in the surface sediments

点位	Cr	Pb	Cu	Co	Zn	Ni
1	1.39	1.02	0.79	0.94	0.15	1.80
2	2.33	4.17	0.88	3.20	0.17	3.31
3	0.91	1.87	0.41	2.12	0.18	2.10
4	5.11	20.93	14.61	2.76	1.42	9.01
5	1.85	1.86	0.70	3.08	0.36	2.68
6	1.72	0.62	5.43	2.21	1.44	2.77
7	2.81	8.73	4.04	2.38	0.04	5.12
8	1.96	4.58	1.18	3.72	0.61	4.73
9	2.54	0.69	3.46	3.79	2.09	4.40

表 6 沉积物重金属元素的地积累指数

Table 6 Geoaccumulation index of heavy metals in the surface sediments

点位	Fe	Cr	Pb	Cu	Co	Zn	Ni
1	-0.56	-0.07	-0.51	-0.89	-0.64	-3.32	0.30
2	-1.28	-0.09	0.76	-1.47	0.38	-3.84	0.43
3	-0.42	-0.36	0.48	-1.69	0.67	-2.84	0.65
4	-2.64	-0.30	1.74	1.23	-1.18	-2.12	0.53
5	-0.89	-0.01	0	-1.39	0.73	-2.4	0.53
6	-1.32	-0.54	-2.00	1.12	-0.18	-0.78	0.15
7	-1.89	-0.42	0.96	0.12	-0.64	-6.64	0.46
8	-1.78	-0.81	0.69	-1.56	0.11	-2.47	0.46
9	-2.74	-1.43	-3.32	0.12	-0.86	-1.74	0.70

表 7 沉积物中重金属元素之间的相关系数

Table 7 Correlation of the heavy metals in the surface sediments

	Fe	Cr	Pb	Cu	Co	Zn	Ni
Fe	1						
Cr	0.585*	1					
Pb	-0.302	0.289	1				
Cu	-0.541	-0.222	0.221	1			
Co	0.616*	0.402	-0.165	-0.642	1		
Zn	-0.195	-0.399	-0.492	0.622*	-0.139	1	
Ni	-0.157	-0.349	0.135	-0.291	0.152	-0.323	1

注:*表示 $P=0.05$ 时显著相关, $n=15$ 。

3 讨论

由表 5 富集指数评价结果可知,表层沉积物中 Cr、Pb、Cu、Co 和 Ni 的 EF 值大于 1,可见人类活动的影响使得这 5 种重金属元素在巢湖沉积物中有显著

的富集效应。同时,巢湖西半湖重金属含量相对较高,污染相对严重,这说明巢湖沉积物中重金属含量较高的区域主要与沿湖经济的迅猛发展及人类活动使排入湖泊的污染物含量增加等原因有关,这与王永华等^[9]对巢湖底泥污染物的研究结果一致。另外,集水区内存岩类型和土壤类型、大气降水、地表径流对沉积物中重金属元素含量也有影响。

由表 6 地积累指数评价结果可知,表层沉积物中 Fe 和 Cr 的 I_{geo} 值均小于 0,属于无污染;而 Co 和 Ni 的 I_{geo} 值多数在 0~1 之间,属于无污染到中污染;在西半湖区 Pb、Cu 的 I_{geo} 值在 1~2 之间,表明这两种重金属元素在此湖区污染程度为中污染。巢湖东半湖受污染少,所以水质较好。而西半湖流域地跨合肥市区与市辖 3 县的 50 个乡镇,流域人口稠密,点源排放集中,可能是由于金属工业、水泥生产及制农业等行业未达标的生产废水排放使得 Pb、Cu 这两种元素在西半湖湖底沉积,造成较大污染。

通过富集指数和地积累指数的分析结果可以看出, EF 与 I_{geo} 对 Pb、Cu、Co、Zn 的评价结果(污染等级)基本一致,但对于重金属 Cr 和 Ni,富集因子法评价的污染等级高于地积累指数法的评价级别。地积累指数表明底泥中的重金属污染状况,可以进行时间和空间上的比较。沉积物富集指数法能有效地进行有关沉积物粒度的校正,回避了由于黏土含量的不同造成沉积物重金属浓度的差别,能够区分沉积物中重金属的自然污染和人为污染。这说明对某个区域的重金属污染评价需要用多种方法进行比较评价,结果更科学。

由表 7 可见,Zn-Cu、Co-Fe、Cr-Fe 之间的相关系数分别为 0.622、0.616、0.585,在 $P<0.05$ 时,均呈现较显著的正相关($r>0.497$),其他元素两两之间相关性较差。这表明巢湖沉积物中重金属总量 Co、Fe、Cr 的来源相似,Zn 和 Cu 的来源相似。同一区域沉积物中重金属污染物的来源是多途径的,笔者认为,沉积物中重金属是人为污染及其自然来源变化所导致,但更主要的是人为排放污染的结果。

巢湖西半湖表层沉积物中 Cr 含量相对最高,并呈现沿湖市区至东半湖区逐渐降低趋势。重金属 Cr 主要来源是电镀、冶炼、制革、印染、制药等工业废水污染,由于西半湖区靠近合肥市区,大量的工业废水通过河道排入湖区,引起该区域沉积物中重金属 Cr 含量较湖市区和东半湖区高。评价结果表明巢湖重金属 Cr 污染物正在缓慢地向湖区扩散,由于重金属元素

有很强的毒性,并且能够在食物链中传递,有关部门应及早从流域环境综合规划入手,对重金属污染问题采取有力地控制对策,保护沿湖地区居民免受危害。

4 结论

应用富集因子法和地积累指数评价法对巢湖表层沉积物中重金属污染现状进行了评价,两种评价结果基本一致,结果表明巢湖西半湖区已受到中等和偏重污染,而湖心和东半湖区污染较轻。但若要综合反映底泥中重金属的污染程度,还需多种评价方法结合应用,才可能获得具有普遍意义的结论。总体上来看,上述方法应用于巢湖沉积物重金属污染现状分析是可行的。

参考文献:

- [1] Surindra Suthar, Arvind K Nema, Mayuri Chabukdhara, et al. Assessment of metals in water and sediment of Hindon River, India; Impact of industrial and urban discharges[J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2009, 171(1-3):1088-1095.
- [2] Yang Zhifeng, Wang Ying, Shen Zhenyao, et al. Distribution and speciation of heavy metals in sediments from the mainstream, tributaries, and lakes of the Yangtze River catchment of Wuhan, China[J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2009, 166(2-3):1186-1194.
- [3] Müller G. Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River[J]. *J Geojournal*, 1969, 2:108-118.
- [4] Hakanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control: A sedimentological approach[J]. *Water Research*, 1980, 14(8):975-1001.
- [5] Angulo E. The Tomlinson pollution load index applied to heavy metal 'mussel-watch' data: A useful index to assess coastal pollution[J]. *Science of the Total Environment*, 1996, 187(1):19-56.
- [6] Hitton J, Davison W, Chsenbein U O. A mathematical model for analysis of sediment core data; Implications for enrichment factor calculation and trace-metal transport mechanisms[J]. *Chemical Geology*, 1985, 48: 281-291.
- [7] Chernoff H. The use of face to represent points in K dimensional space graphically[J]. *J Am Statist Assoc*, 1973, 68:361-368.
- [8] Zhang Weiguo, Feng Huan, Chang Jinna, et al. Heavy metal contamination in surface sediments of Yangtze River intertidal zone: An assessment from different indexes[J]. *Environmental Pollution*, 2009, 157(5): 1533-1543.
- [9] Srinivasa Gowd S, Ramakrishna Reddy M, Govil P K, et al. Assessment of heavy metal contamination in soils at Jajmau (Kanpur) and Unnao industrial areas of the Ganga Plain, Uttar Pradesh, India[J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2010, 174(1-3):113-121.
- [10] Lu Xinwei, Wang Lijun, Lei Kai, et al. Contamination assessment of copper, lead, zinc, manganese and nickel in street dust of Baoji, NW China[J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2009, 161(2-3):1058-1062.
- [11] 陈卫, 郑志侠, 林涛, 等. 构建多元化控制体系防治巢湖水污染[J]. 水资源保护, 2007, 23(2):70-74.
CHEN Wei, ZHENG Zhi-xia, LIN Tao, et al. Establishing multiple control system for water pollution control of Chaohu Lake[J]. *Water Resources Protection*, 2007, 23(2):70-74.
- [12] 中国环境监测总站. 中国元素土壤背景值[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990.
China Environmental Monitoring Station. Elements background values of soil in China[M]. Beijing: China Environmental Science Press, 1990.
- [13] Sutherland R A. Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii[J]. *Environmental Geology*, 2000, 39:611-637.
- [14] 张敏. 长江中下游浅水湖泊富营养化机制与重金属污染研究[D]. 北京: 中国科学院研究生院博士学位论文, 2005: 1.
ZHANG Min. The mechanisms of eutrophication and heavy metal pollution in shallow lakes along the Yangze River[D]. Beijing: PhD thesis, Graduate School of Chinese Academy of Sciences, 2005: 1.
- [15] Loska K, Wiechula D, Korus I. metal contamination of farming soils affected by industry[J]. *Environment International*, 2004, 30:159-165.
- [16] Rubio B. Geochemistry of major and trace elements in sediments of the Riade Vigo (NW Spain): An assessment of metal pollution[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2000, 40(11):968-980.
- [17] 曹德菊, 岳永德, 黄祥明, 等. 巢湖水体 Pb, Cu, Fe 污染的环境质量评价[J]. 中国环境科学, 2004, 24(4):509-512.
CAO De-ju, YUE Yong-de, HUANG Xiang-ming, et al. Environmental quality assessment of Pb, Cu, Fe pollution in Chaohu Lake waters[J]. *China Environmental Science*, 2004, 24(4):509-512.
- [18] 刘文新, 李向东. 深圳湾水域中重金属在不同相间的分布特征[J]. 环境科学学报, 2002, 22(3):305-309.
LIU Wen-xin, LI Xiang-dong. Distribution of heavy metals among various phases in Shenzhen Bay[J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2002, 22(3):305-309.
- [19] 王永华, 钱少猛, 徐南妮, 等. 巢湖东区底泥污染物分布特征及评价[J]. 环境科学研究, 2004, 17(6):22-26.
WANG Yong-hua, QIAN Shao-meng, XU Nan-ni, et al. Characteristics of distribution of pollutants and evaluation in sediment in the east area of Chaohu Lake[J]. *Research of Environmental Sciences*, 2004, 17(6):22-26.