

# 武汉市湖泊中重金属污染状况

乔胜英<sup>1,2</sup>, 蒋敬业<sup>2</sup>, 向武<sup>2</sup>, 唐俊红<sup>2</sup>

(1. 中国地质大学生物地质与环境地质教育部重点实验室, 湖北 武汉 430074; 2. 中国地质大学(武汉)地球科学学院, 湖北 武汉 430074)

**摘要** 鉴于重金属元素的生理毒害作用, 选择武汉市区、近郊、远郊六个代表性湖泊水体研究其水、沉积物、鱼样品中主要毒害重金属元素 Hg, Cd, As, Pb, Cu, Cr, Ni, Zn 的污染状况。采用原子荧光测试样品中 Hg 含量, 其他元素用 ICP-MS 测试。结果表明: 市区湖泊水、沉积物及鱼中重金属含量多数明显高于郊区湖泊, 其中水及沉积物中重金属含量与研究区相应环境背景值对比有显著富集, 但湖泊水中重金属含量大多可满足 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》Ⅲ类水质要求, 鱼中重金属含量也可满足相应 GB 2736—1994《淡水鱼卫生标准》。市区湖泊与郊区湖泊样品重金属污染程度对比而言, 市区湖泊明显表现出受到一定人为污染影响。

**关键词** 湖泊; 水污染; 沉积物; 鱼; 重金属

中图分类号: X52 文献标识码: A 文章编号: 1004-693X(2007)01-0045-04

## Heavy metals pollution in lakes of Wuhan City

QIAO Sheng-ying<sup>1,2</sup>, JIANG Jing-ye<sup>2</sup>, XIANG Wu<sup>2</sup>, TANG Jun-hong<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory of Biogeology and Environmental Geology of Ministry of Education, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China; 2. Institute of Geochemistry, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China)

**Abstract** In consideration of the toxicity of heavy metals to organisms, the distributions of heavy metals, including Hg, Cd, As, Pb, Cu, Cr, Ni, and Zn in waters, sediments and fishes of six lakes in urban, suburban and outer suburb areas in Wuhan were investigated. Hg was measured by AFS, while other heavy metals were measured by ICP-MS. Results showed that the contents of heavy metals in samples from urban lakes were generally higher than samples from suburban lakes, and the concentrations of heavy metals in water and sediment samples distinctly increased as compared with background values. However the concentration of heavy metals in most water samples could meet grade III of environmental quality standards for surface water, and that in fish was also under the permissible levels given by national sanitation standard. Lakes in urban regions were seriously affected by human disturbances as compared with the suburban lakes.

**Key words** lake; water pollution; sediment; fish; heavy metals

随着现代工业的迅速发展和城市经济快速增长, 湖泊污染也日趋严重, 如太湖、滇池、西湖等城市湖泊都不同程度地受到污染<sup>[1-2]</sup>。城市湖泊环境与城市环境质量密切相关, 湖泊环境质量及其发展趋势也是影响城市可持续发展的重要因素之一。武汉市湖泊星罗棋布, 大小湖泊共约 140 多个, 湖泊总面积达 942.8 km<sup>2</sup>, 多为封闭性的、水深仅 2~8 m 左右的浅水湖。为查明武汉城市湖泊污染现状及预测其发展趋势, 以典型性、代表性湖泊为重点, 适当兼顾

普适性, 选择污染可能较小的远郊湖泊(梁子湖、鲁湖), 市区湖泊墨水湖(工业区)、东湖风景区(生活区兼有适量的工业区)、近郊的汤逊湖(新建居民区, 尚无大型工业区)、金银湖(硚口生活区纳污湖) 6 个各具特色的湖泊, 通过综合取样(水、沉积物、鱼), 研究重金属元素在湖泊水体中的污染状况, 重点对国内外研究中普遍认为对生态环境有重要影响的 Hg, Cd, As, Pb, Cu, Cr, Ni, Zn 这 8 种元素进行讨论。

# 1 采样与分析方法

## 1.1 样品采集

样品采集从 2002 年 10 月下旬开始到 11 月中旬结束,采样湖泊及采样点分布位置见图 1。采用仿 Sweden 湖泊沉积物采样器和有机玻璃采水器,分别采集调查湖泊沉积物和水样品。采集的湖泊沉积物经风干、玛瑙钵研磨,备用。

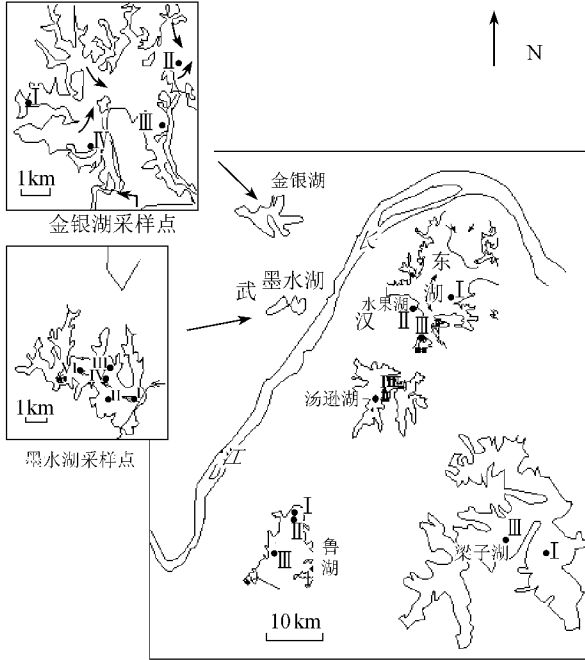


图 1 采样湖泊分布与采样点位置

## 1.2 样品分析

a. 湖水分析:湖心水样在硝酸保护下低温(低于 85℃)浓缩 10 倍后,由中国地质大学壳幔开放实验室(国土资源部重点实验室)ICP-MS 分析。

b. 沉积物分析:沉积物由武汉综合岩矿测试中心分析。具体方法为:①HNO<sub>3</sub>-HF-HClO<sub>4</sub>消解,等离子体光谱仪测定 Cu, Pb, Zn 等元素;②HNO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>消解,冷原子吸收测汞仪测定 Hg 元素;③HNO<sub>3</sub>-HF-HClO<sub>4</sub>消解,ML<sub>2</sub>BK 萃取后,石墨炉原子吸收仪测定 Cd。

c. 鱼样分析:鱼样的前处理采用于沛芬<sup>[3]</sup>及阮晓等<sup>[4]</sup>提出的方法,总汞由中国地质大学地球化学实验室原子荧光光谱仪测定,其他元素由中国地质大学壳幔开放实验室 ICP-MS 测定。

## 2 结果与讨论

### 2.1 湖泊水中重金属含量

湖泊中心水是整个湖泊水体最具均匀性和代表性的,表 1 是调查湖泊中心水样重金属分析结果。

由表 1 所列数据可以看出 Hg, Cd, As, Cu, Pb, Zn

表 1 武汉各湖泊水中有害重金属含量  $\mu\text{g/L}$

湖泊	Hg	Cd	As	Cu	Pb	Zn	Cr	Ni
东湖	0.1070	0.239	1.490	4.07	10.3	16.5	1.19	22.9
墨水湖	0.0799	0.120	1.270	4.62	18.3	12.4	1.71	17.6
金银湖	0.1270	13.600	2.880	3.51	20.4	19.9	2.69	6.3
汤逊湖	0.0862	0.073	1.340	0.08	8.9	6.2	1.28	18.8
鲁湖	0.0531	0.292	1.260	1.64	30.8	11.1	2.34	15.1
梁子湖	0.0553	0.092	0.909	1.14	10.1	10.9	1.59	23.4
GB 3838—2002 Ⅲ类	0.1	5	50	1000	50	1000	50	
长江河源区 <sup>[5]</sup>	0.009	0.046	3.32	3.01	3.18	6.46	12.6	1.2

6 种元素在墨水湖、东湖、金银湖湖水中的含量明显高于汤逊湖、鲁湖和梁子湖。Cr, Ni 两元素在上述六湖泊间没有明显差异,波动变化是随机的。若与长江河源区作为未受人类活动影响的背景区水丰度相比,所研究元素在武汉湖泊中无一例外都大大高出背景丰度,特别是 Hg, Cd 高出达 1~2 个数量级,显示 Hg, Cd 是受人类活动影响污染最为严重的两种元素;其次是 Pb, Cu, Zn 在墨水湖、金银湖、东湖中也有一定污染。以 GB 3838—2002 Ⅲ类水质标准(一般鱼类保护区,集中供水水源二级保护区)衡量,除 Cd 在金银湖明显超标, Hg 在东湖、金银湖总体略有超标,墨水湖个别点水样超标外,其他元素均在水质合格标准线下。总体表明,武汉地区湖水重金属污染不严重,但金银湖的 Cd, Hg, Pb, Zn 含量却明显高于其他湖泊,这一特征应引起高度重视。

### 2.2 沉积物重金属含量

水底沉积物是沉积物历史的记录,具有追踪污染历史的意义,是环境调查评价中重要的采样介质,在湖泊环境研究中具有重要的地位。

六个湖泊表层沉积物重金属含量均值见表 2。为了便于对比,表中还列出了相关的背景资料:①武汉湖泊沉积物背景值,数据来自湖北省地质调查研究院进行的“武汉生态地球化学调查”湖泊沉积物采

表 2 湖泊表层沉积物(0~10 cm)重金属含量(干重)

湖泊	Hg	Cd	As	Cu	Pb	Zn	Cr	Ni
东湖	0.168	0.48	15.5	51.6	39.4	149.5	105	44.1
墨水湖	0.293	0.81	23.8	75.6	92.0	783	175	44.0
金银湖	0.177	0.61	16.6	80.9	40.7	195	178	52.8
汤逊湖	0.116	0.53	22.9	49.7	40.6	136	116	48.8
鲁湖	0.094	0.41	15.1	44.6	41.0	126	117	51.1
梁子湖	0.097	0.62	31.9	44.4	50.1	120	121	43.3
武汉湖泊背景值	0.075	0.2	14.3	32.2	34.5	79	88	35
武汉土壤背景上限	0.15	0.20	15	35	35	100	90	40
中国土壤背景值 <sup>[6]</sup>	0.065	0.097	11.2	22.6	26	74	61	26.9

样分析结果,在 25 个湖泊进行系统采样,对其中郊区遭受环境污染影响较小的 15 个湖泊、190 件样品统计平均值;②武汉土壤背景上限,数据来自湖北地调院承担的同一项目土壤调查所计算的土壤背景值上限;③中国土壤背景值,数据来自文献[6]。

根据表 2,可以得出以下几点认识:

a. 与中国土壤背景值和武汉湖泊沉积物背景值相比,所监测到元素均高出环境背景值,表明程度不同地都遭受了环境污染。其中 Hg、Cd 普遍高出 2 倍以上,显示出主要污染元素的特征。

b. 湖泊沉积物主要来自源区土壤、污水及大气沉降,湖泊沉积物 8 种重金属元素含量与武汉地区土壤背景值上限值对比,除 Hg 在梁子湖、鲁湖较低外,其他湖泊各元素含量均高于土壤背景值上限值,其中 Cd 普遍高出 2 倍以上。

### 2.3 鱼肉中重金属含量污染特征

湖泊重金属污染的生态效应一般可采用直接评价和间接评价两种形式。直接评价就是生物毒性评价,生物吸收重金属元素产生病变,可通过毒理学检验来评价生态效应<sup>[7]</sup>。食品卫生质量标准就是以毒理学实验为依据制定的。分析各湖泊中的鱼肉重金属的含量,可以直接指示湖泊重金属的生态效应。此次研究中系统采集了鲢鱼,鲫鱼只在部分湖泊中采集到。

#### 2.3.1 鲢鱼中的重金属

调查湖泊鲢鱼肉重金属元素含量见表 3。为了便于对比研究,将国内外淡水鱼的上述重金属含量研究结果列于表 4。

表 3 武汉湖泊鲢鱼肉重金属元素含量(湿重)  $\mu\text{g/g}$

湖泊	Hg	Cd	As	Cu	Pb	Zn	Cr	Ni	
城区湖泊	墨水湖	0.169	0.006	0.072	2.495	0.118	5.434	0.353	0.085
	金银湖	0.081	0.007	0.104	0.680	0.102	5.395	0.248	0.068
	东湖	0.108	0.008	0.103	0.468	0.115	5.345	0.350	0.065
	平均值①	0.119	0.007	0.093	1.214	0.111	5.391	0.283	0.073
郊区湖泊	汤逊湖	0.013	0.008	0.050	0.423	0.132	4.419	0.280	0.032
	梁子湖	0.045	0.002	0.013	0.284	0.101	12.45	0.257	0.014
	平均值②	0.029	0.005	0.031	0.354	0.117	8.434	0.268	0.023
$K = ①/②$	4.100	1.400	3.000	3.430	0.950	0.640	1.060	3.170	

由表 3 和表 4 数据可以得出以下几点认识:

表 4 国内外淡水鱼的重金属含量研究结果(湿重)

	Hg	Cd	As	Cu	Pb	Zn	Cr
国内外一些淡水域							
珠江口 <sup>[8]</sup>	0.049	0.275	1.80	7.11	2.58	22.35	0.155
红水河 <sup>[8]</sup>	九江段	0.112	0.0747	0.947	0.141	0.262	3.60
	银坑段	0.015	2.330	1.75	12.30	0.90	0.195
美国田纳西州鱼类 <sup>[9]</sup>	0.16~2.2	0.04~0.33	$\leq 0.03$	0.19~0.55	0.15~0.94	5.7~25	$\leq 0.03$
松花江 <sup>[10]</sup>	哈尔滨段		0.151	1.231	0.654	4.097	
	佳木斯段		0.124	0.985	0.710	5.427	
GB2736—1994	0.300	0.100	0.500	50.0	0.500	50.0	2.0

a. 与 GB2736—1994《淡水卫生鱼标准》相比,此次所监测到的重金属元素均未超标,说明武汉湖泊重金属元素尚未造成明显的生态效应。

b. 城区湖泊与郊区湖泊相比,鲢鱼肉中的重金属含量除 Pb、Zn 外,城区湖泊明显高于郊区湖泊,大多高出 3 倍左右,充分反映了城区湖泊普遍遭受了人类活动的影响。

c. 墨水湖中鲢鱼的 Hg、Cu、Pb、Zn、Cr、Ni 等元素都是最高的或次高的,是相对污染最重的湖泊,其次是东湖、金银湖。而梁子湖鲢鱼各元素含量最低(除 Zn 外),说明是遭受污染最轻的洁净湖泊,其次汤逊湖鲢鱼各元素含量也不高,是次洁净湖泊。

将本区湖泊与松花江(哈尔滨段、佳木斯段)各类鱼的平均含量相比,Cu、Zn 含量十分接近,而 Pb、Cd 含量还低一些。与红水河、珠江口的鱼相比,本区除 Hg 偏高外,其他元素均低。与美国田纳西州鱼类相比,本区 As、Cu、Cr 偏高,而 Hg、Cd、Pb、Zn 均偏低。与这些污染不严重的水域相比,其中重金属元素含量大致相近,说明本区重金属元素对湖泊尚未造成重大危害。与对研究湖泊沉积物的潜在生态效应评价中给出武汉湖泊重金属生态危害较小的结论一致<sup>[11]</sup>。

日本水俣病事件之后,鱼肉中汞含量一直是生态环境研究的重点关注的问题。我国受氯碱化工工业对河水鱼污染较严重的蓟运河塘沽段,河水( $\rho(\text{Hg})$ )高达  $1.32 \mu\text{g/L}$ ,污染严重区鲢鱼中汞含量高达  $1.00 \mu\text{g/g}$ ,吉林市第二松花江段吉化公司造成严重水污染,水中( $\rho(\text{Hg})$ )为  $0.2 \sim 0.6 \mu\text{g/L}$ ,鲢鱼中汞含量  $0.33 \mu\text{g/g}$ ,其他鱼为  $0.744 \mu\text{g/g}$ <sup>[12]</sup>。与之相比,本区水中( $\rho(\text{Hg})$ )在  $0.05 \sim 0.13 \mu\text{g/L}$  之间,鲢鱼中汞含量并不高,表明调查区亦未产生严重的生态问题。但是,墨水湖中鲢鱼中汞含量与丹东市鸭绿江中遭受化工污染影响的鲢鱼汞含量  $0.172 \mu\text{g/g}$  已十分相近,说明墨水湖已经遭受一定程度的汞污染,应引起重视。

#### 2.3.2 鲫鱼中重金属的含量

鲫鱼是水体中层肉食性鱼类,其体内重金属含量与鲢鱼体内重金属含量的比较结果如表 5 所示。

表 5 鲢鱼与鲫鱼重金属含量对比  $\mu\text{g/g}$

重金属名称	墨水湖		金银湖		汤逊湖	
	鲢鱼	鲫鱼	鲢鱼	鲫鱼	鲢鱼	鲫鱼
Hg	0.169	0.145	0.081	0.195	0.013	0.029
Cd	0.006	0.011	0.007	0.006	0.008	0.008
As	0.072	0.062	0.104	0.046	0.050	0.089
Cu	2.495	0.339	0.680	0.458	0.423	0.505
Pb	0.118	0.140	0.101	0.106	0.132	0.103
Zn	5.434	5.640	5.395	8.525	4.419	17.760
Cr	0.353	0.293	0.248	0.198	0.279	0.275
Ni	0.085	0.106	0.068	0.053	0.032	0.220

由表 5 可以看出,无论是城区污染湖泊还是郊区未污染湖泊,鲫鱼中重金属元素含量大多高于鲢鱼中的重金属元素含量,其中 Hg,Zn,Cd 都是在鲫鱼中的含量高,一般富集了 1.3~4 倍,说明肉食鱼类更加富集重金属元素。

### 3 结论

a. 武汉市区六个湖泊水体水中重金属含量相对长江河源区重金属含量显著富集,表现出受到人为污染影响,除个别市区湖泊中 Hg,Cd 元素略有超标外,多数湖泊水中重金属含量可满足 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》Ⅲ类水质要求。

b. 湖泊表层沉积物与中国土壤背景值和武汉湖泊沉积物背景值相比,所研究元素均高出环境背景值,其中 Hg,Cd 显示为主要污染元素。

c. 所调查湖泊中鱼肉重金属含量能满足国家鱼类卫生标准中相关要求,总体上武汉市湖泊重金属污染还未产生显著的生态危害。但城区湖泊鱼肉中重金属含量多数高于郊区湖泊鱼肉中重金属含量,说明城区湖泊受到一定的污染影响,其中墨水湖

的污染较突出。

### 参考文献:

[1] 戴秀丽,孙成.太湖沉积物中重金属污染状况及分布特征探讨[J].上海环境科学,2001,20(2):71-75.

[2] 黎秉铭,万国江,江成忠,等.滇池、洱海水及沉积物中重金属元素的行为[J].环境科学,1995,16(2):50-53.

[3] 于沛芬.松花江水系鱼体中痕量重金属锌、铜、铅、镉的监测[J].水产学杂志,1994,7(2):96-97.

[4] 阮晓,郑春霞,王强,等.重金属在罗非鱼淡水白鲢和鲤鱼体内的蓄积[J].农业环境保护,2001,20(5):357-359.

[5] 张立城.长江河源区水环境地球化学[M].北京:中国环境科学出版社,1992:72-74.

[6] 国家环境监测总站.中国土壤元素背景值[M].北京:中国环境科学出版社,1990:87-89.

[7] 范文宏,陈静生,红松,等.沉积物中重金属生物毒性评价的新进展[J].环境科学与技术,2002,25(1):36-39.

[8] 唐永奎,曾凡棠,陈刘,等.元素环境谱和元素环境组合在环境影响评价中的应用——以红水河龙滩水电站为例[C]//中国地理学会.环境中污染物及其生态效应研究文集.北京:科学出版社,1992:1-13.

[9] 黄玉瑶.水生生物中的重金属含量[C]//中国地理学会.环境中污染物及其生态效应研究文集.北京:科学出版社,1992:14-23.

[10] 于常荣,梁东梅,赫颖,等.松花江鱼类汞污染现状研究[J].环境科学,1994,15(4):35-40.

[11] 乔胜英,蒋敬业,向武,等.武汉地区湖泊沉积物重金属的分布及潜在生态效应评价[J].长江流域资源与环境,2005,14(3):353-357.

[12] 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,1992:6-8.

(收稿日期:2005-06-01 编辑:傅伟群)

(上接第 44 页)

表 5 1956~2000 年淮河干流中游区间天然径流

区间	计算			等值线图量算		相对误差
	径流量/ 亿 $\text{m}^3$	径流深 ①/mm	降水深/ mm	径流 系数	径流深 ②/mm	
王鲁	35.41	284.4	982	0.29	278	0.023
鲁蚌	34.15	198.3	929	0.21	208	-0.047
王蚌	69.56	234.4	951	0.25	237	-0.012

注:相对误差=(①-②)/②

#### 3.3.2 与等值线图法成果的比较

同步期等值线图量算结果,王鲁区间多年平均天然径流深为 278 mm,鲁蚌区间为 208 mm,王蚌区间为 237 mm。与上述计算径流深的相对误差均在 5% 以内,符合精度要求。

### 4 结语

安徽省淮河中游之未控区间同步期(1956~2000 年)天然径流成果是基本合理的,可以用于水资源评价和规划的计算依据。就王鲁区间而言,其径流增加大于降水增加的具体成因,将作深入的专题研究。

### 参考文献:

[1] 陈家琦,王浩,杨小柳.水资源学[M].北京:科学出版社,2002.

[2] SL/T238—1999,水资源评价导则[S].

(收稿日期:2005-05-30 编辑:傅伟群)