

# 贵阳市红枫湖水体悬浮物中重金属污染 及潜在生态风险评价

梁莉莉<sup>1,2</sup>, 王中良<sup>1</sup>, 宋柳霆<sup>1,2</sup>

1. 中国科学院 地球化学研究所 环境地球化学国家重点实验室, 贵阳 550002

2. 中国科学院 研究生院, 北京 100049

**摘要:** 研究了红枫湖水体中悬浮物重金属(Zn、Cu、Cr、Pb 和 Cd)的季节性和空间性污染特征,采用 Hakanson 潜在生态危害指数法评价了水体悬浮物中重金属的潜在生态危害。结果表明,重金属随着季节和空间变化都较大;产生潜在生态危害的重金属主要是 Cd 和 Pb,分别达强度生态危害水平和中度生态危害水平,Cu、Zn 和 Cr 显示轻度危害水平;潜在生态危害综合指数 RI=226.09,说明重金属污染已达到中度生态危害。红枫湖悬浮物重金属潜在生态危害指数的季节性变化顺序为二月>六月>四月>十二月>十月>八月,空间变化顺序为化肥厂河>麦包河>猫跳河>桃化源河>后六河>羊昌河>北湖>麻线河>南湖。

**关键词:** 悬浮物;重金属污染;潜在生态风险;红枫湖

**中图分类号:** X131.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-2802(2008)02-0119-07

## The Heavy Metal Pollutions in Suspended Particulate Matter of Hongfeng Lake in Guiyang City and Their Potential Ecological Risk Assessment

LIANG Li-li<sup>1,2</sup>, WANG Zhong-liang<sup>1</sup>, SONG Liu-ting<sup>1,2</sup>

1. State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Science,

Guiyang 550002, China; 2. Graduate School, Chinese Academy of Science, Beijing 100049, China

**Abstract:** Seasonal and spacial characteristics of heavy metals (Zn, Cu, Cr, Pb and Cr) in suspended particulate matter (SPM) of Hongfeng Lake were studied, and potential ecological risks brought by these heavy metals in SPM were assessed using Hakanson potential ecological risk index method. Results showed that seasonal and spacial variations of the selected heavy metals' contents in SPM of Hongfeng Lake were quite remarkable, and that overall potential ecological risk was mainly generated by Cd and Pb, whose potential ecological risks were identified as the considerable and the moderate levels, respectively, and that other heavy metals (Zn, Cu, Cr) only caused slight ecological risks. The overall potential ecological risk index (RI) was estimated as 226.09, indicated that the overall potential ecological risk produced by the selected heavy metals in SPM of Hongfeng Lake had reached the moderate level. Potential ecological risk index (RI) of the selected heavy metals in SPM of Hongfeng Lake increased seasonally in the sequence of October, December, April, June and February, and increased spacially in the sequence of South Lake, Maxian River, North Lake, Yangchang River, Houliu River, Taphuayuan River, Maotiao River, Maibao River, and Huafeichang River.

**Key words:** suspended particulate matter (SPM); heavy metal; potential ecological risk; Hongfeng Lake

收稿日期:2007-12-05 收到,2008-01-03 改回

基金项目:国家重点基础研究发展规划项目(2006CB403200);中国科学院创新团队国际合作伙伴计划项目;国家自然科学基金重点项目(90610037);“西部之光”联合资助项目

第一作者简介:梁莉莉(1980—),女,博士研究生,专业方向:水环境地球化学及铜锌同位素地球化学。E-mail: lianglili@vip.gyig.ac.cn.

红枫湖是贵阳市近郊的一个人工水库,是国家4A级自然风景名胜区和贵阳市重要的饮用水源。随着工农业的迅速发展,大量污染物包括重金属排入河流,水质严重恶化,后果严重。1994年9月下旬大批网箱鱼因此死亡(40多万kg),直接经济损失达280多万元<sup>[1]</sup>。据2000年不完全统计,仅平坝县每年就有200万吨工业废水排入,四河流域的居民生活污水含有大量的氨氮、悬浮物、砷化物、硫和重金属,导致湖水严重污染<sup>[2]</sup>。主要的湖泊污染物重金属与有机污染物不同,不能通过自然的降解过程分解,在生物活动过程中富集后毒性更大<sup>[3]</sup>。湖泊重金属主要来源于流域土壤岩石的风化、城市生活污水和工业废水的排放。排入湖泊的重金属经过悬浮物沉降而驻留在沉积物中,成为二次污染源。目前对湖泊重金属污染的评价主要侧重于湖泊沉积物和上覆水体<sup>[4~7]</sup>,单纯针对悬浮物中重金属污染的研究则较少<sup>[8,9]</sup>。悬浮物是一种由无机、有机和生物碎屑、浮游动植物、细菌和其他能被0.22 μm或0.45 μm滤膜截留的颗粒物组成的混合物,不仅影响着水生生态系统中重金属的

活化和迁移,而且影响着重金属在水体、沉积物和食物链之间的相互转化,是一个非常关键的化学组分,含有其他水中溶解态物质难以凸现的环境和地球化学信息<sup>[10,11]</sup>。因此,悬浮物的研究使我们能较全面了解水环境的污染状况,对揭示水环境的污染效应与水体净化规律有着极其重要的意义。本文评价了红枫湖水体悬浮物中重金属污染及其潜在生态危害,对比了不同季节各入湖河流悬浮物重金属的潜在生态危害指数,为环境治理提供了依据。

## 1 样品的采集与分析

### 1.1 样品的采集

红枫湖主要输入水源是入湖河流,主要有羊昌河(R1)、后六河(R2)、麻线河(R3)、桃化源河(R4)、贵州化肥厂河(R5)和麦包河(R7),唯一的出口为猫跳河(R6)。属于雨热同期型气候区,在冬春温度较低时,降雨量较小,河流流量较低;夏季温度较高时,雨水充沛,河流流量较大。沿水流方向,由南向北分别于南湖(HF-S)和北湖(HF-N)各选取一个采样点(图

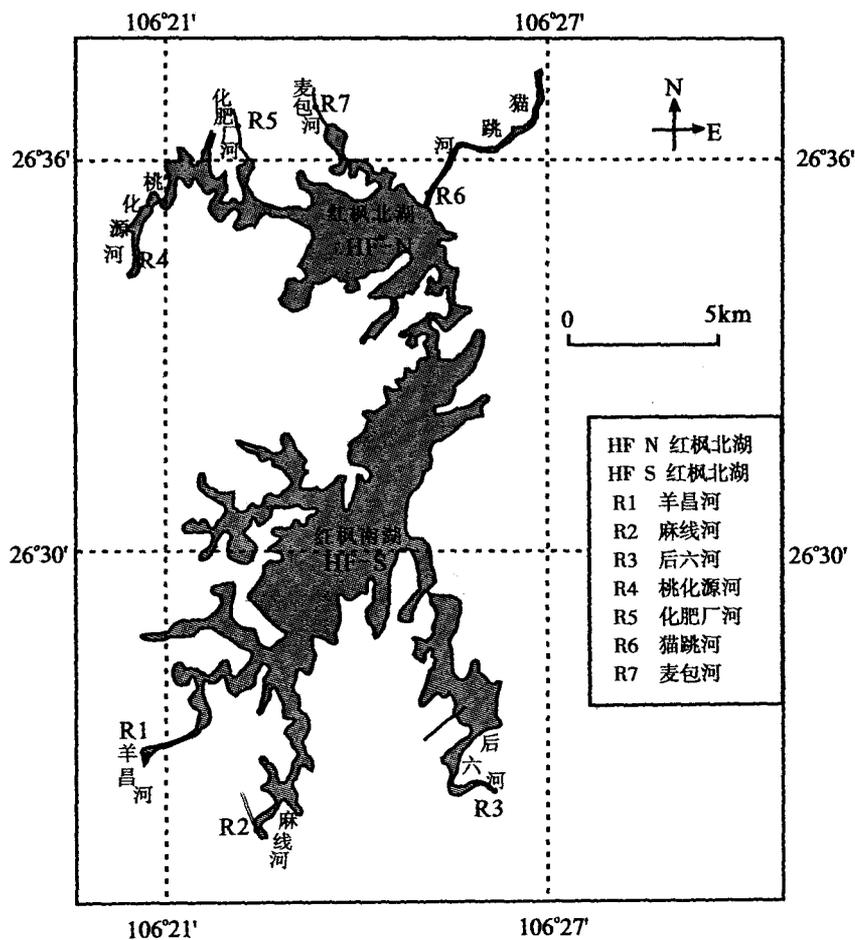


图1 红枫湖采样点分布图

Fig. 1 The sampling locations in Hongfeng Lake area

1)。采样时间为2006年8月至2007年6月,每两个月在月初采样一次。用采水器分层采集,采样间距在不同季节稍有差异,一般3 m~5 m。每条河流均在离生活区较远的地方选择一个采样点,分别采集2006年8月和2007年2月的样品。采集后立即用MODEL 9250M/9251M型现场参数仪测定水温、溶解氧、pH和电导,并用Gilson连续可调移液器滴定 $\text{HCO}_3^-$ 。水样装入1.5 L的聚乙烯瓶(用优级纯的盐酸浸泡三天以上,然后用Millpore超纯水冲洗至中性后在超净台内吹干),运回实验室后尽快过滤。

### 1.2 样品的分析

水样经醋酸纤维滤膜过滤后,用10%的二次蒸馏盐酸浸泡24 h以上,用Millpore超纯水洗至中性,与滤膜一起在超净烘箱内50℃下烘干并称重。记录过滤体积。悬浮物样品直接用王水和HF消解后,用2%的 $\text{HNO}_3$ 定容至10 mL。样品测试在国家地质试验测试中心的ICP-MS上测定,空白、标准与样品同时进行测试,仪器分析结果与标准给定值的相对标准偏差小于10%。试验用 $\text{HNO}_3$ 和HCl均经二次蒸馏,试验用水为Millpore超纯水,电阻为18.2Ω。试验用器皿均为聚四氟乙烯材料。

## 2 潜在生态危害的评价方法

潜在生态危害指数(RI)评价方法为Lars Hakanson应用沉积学原理评价重金属污染和生态危害的方法<sup>[12]</sup>。该方法作为国际上土壤、沉积物中重

金属污染研究的先进方法之一,不仅反映了某一特定环境中不同污染物的影响,也反映了多种污染物的综合影响,并定量划分出潜在生态危害程度,是目前应用比较广泛的一种方法<sup>[13~16]</sup>。该方法的重金属毒性系数( $T_i$ )为 $\text{Cd}=30>\text{Pb}=\text{Cu}=5>\text{Cr}=2>\text{Zn}=1$ 。单个重金属潜在生态危害系数为 $E_i=T_i \times C_i/C_0$ 。式中, $C_i$ 、 $C_0$ 、 $T_i$ 分别为第*i*种重金属的监测浓度、参比值和毒性系数,某区域多个重金属的潜在生态危害指数 $\text{RI}=\sum E_i$ 。根据 $E_i$ 和RI值,参照沉积物、土壤中重金属潜在生态危害系数、生态危害指数和污染程度的关系,将沉积物的潜在生态危害状况进行分级(表1)。

## 3 结果与讨论

### 3.1 悬浮物中重金属的分布

红枫湖悬浮物中重金属平均含量均高于红枫湖土壤背景值(表2)。用SPSS软件对样品中的Zn、Cu、Cr、Pb和Cd进行正态分布检验,均符合正态分布,但变异系数均较大,其中Zn和Pb的变异系数最大,分别为58.55%和57.50%,其次为Cd(47.56%),Cu(45.92%)和Cr(44.40%)。这种较大的变异性反映了悬浮物重金属随季节和空间的变化较大。悬浮物中Zn、Cu、Cr、Pb和Cd分别是沉积物背景值的3.17、4.26、0.63、10.40和4.94倍。其中Pb的积累最明显,其次为Cu、Cd和Zn的积累,Cr在悬浮物中无积累(表2)。

表1 Hakanson 潜在生态危害评价指标

Table 1 The Hakanson potential ecological risk index

潜在生态危害系数 ( $E_i$ )	现在危害指数 (RI)	现在生态危害程度
<40	150	轻度生态危害
40~80	150~300	中度生态危害
80~160	300~600	强度生态危害
160~320	≥600	很强生态危害
≥320		极强生态危害

表2 红枫湖悬浮物重金属含量和潜在危害系数( $n=80$ )

Table 2 The contents and potential ecological risk coefficients of selected heavy metals in SPM of Hongfeng Lake

$n=80$	Zn	Cu	Cr	Pb	Cd
最大值	1343.55	169.56	138.58	311.14	7.17
最小值	128.18	27.23	14.18	11.14	0.82
平均值	338.10	71.73	51.68	128.94	2.92
标准偏差	197.97	32.94	22.94	74.14	1.39
变异系数(%)	58.55	45.92	44.40	57.50	47.56
土壤背景值	106.50	16.80	81.60	12.40	0.59
$E_i$	3.17	21.35	1.27	51.99	148.31
污染程度	轻度	轻度	轻度	中度	强度

悬浮物中Cu和Zn的积累主要由贵州化肥厂废水输入,化肥厂河悬浮物中Cu和Zn含量分别高达4042  $\mu\text{g/g}$ 和1409  $\mu\text{g/g}$ 。Pb的积累除受河流输入的影响外(854.82  $\mu\text{g/g}$ ),还受化工厂工业废气的

影响,以冶炼厂的废气含量最高;汽车排出的含铅废气也是一个不可忽视的污染源,它们可通过大气的干湿沉降汇入湖泊。Cd的污染主要来自生活污水,输运城市污水的麦包河Cd高达11.1  $\mu\text{g/g}$ 。Cu、

Pb、Zn 和 Cd 等通过吸附作用会在悬浮物中积累,浮游生物的吸收与吸附过程也使重金属得以积累<sup>[17,18]</sup>。

### 3.2 悬浮物重金属的季节性变化

从图 2 可看出,悬浮物中重金属的季节性变化明显,且不同金属的变化趋势不太一致。Zn 的最大值出现在 6 月,最小值在 12 月;丰水期的平均值高于枯水期,主要是丰水期流域侵蚀过程输入的高含量 Zn(1409 mg/kg)的悬浮物增多,而夏季藻类大量繁殖对 Zn 的吸收与吸附也是一个原因<sup>[19]</sup>。Cu 的最大值(109.51 mg/kg)和最小值(48.76 mg/kg)都出现在丰水期,枯水期的变化则比较平稳(53.71~91.64 mg/kg),说明 Cu 在丰水期随陆源物质的输入与大气的干湿沉降的增加而增加,同时,夏季藻类的爆发也影响悬浮物中 Cu 含量的变化,以上因素导致 Cu 在丰水期的变化极不均匀。Pb 和 Cd 的季节性变化相似,最大值均出现在枯水期(冬季 2 月份),最小值则为丰水期的 8 月。这种变化趋势可能是受河流输入与大气沉降的共同作用所致。冬季, Pb 可通过冶炼厂废渣、汽车废气的干沉降方式输入,而 Cd 则除了冶炼厂、电池、电镀、涂料、塑料稳定剂等通过干沉降的方式输入外<sup>[20]</sup>,还受到未经雨水稀释的生活污水的污染,且此时悬浮物浓度较低(2.52 mg/L),从而 Pb 的污染在冬季最高;丰水期由于河流输入的悬浮物增多(6.04 mg/L)和雨水的稀释,使 Pb 和 Cd 的污染降低。

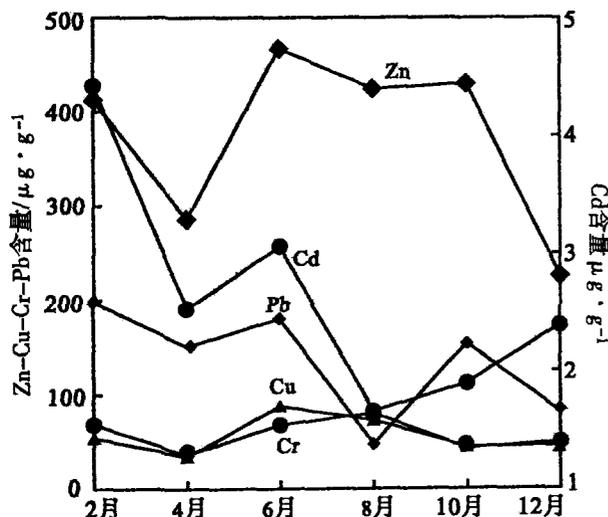


图 2 红枫湖重金属的季节性变化特征

Fig. 2 Seasonal variations of characteristics of the selected heavy metals in SPM of Hongfeng Lake

### 3.3 重金属的空间变化

红枫湖水体悬浮物中重金属的空间变化见图 3,由图可见,其空间变化幅度较大。总体上南湖的 Zn、Cr 和 Pb 的污染比北湖严重,而北湖的 Cu 和 Cd 污染则大于南湖。这可能主要受河流输入的影响。南边羊昌河流经平坝化肥厂,Zn、Cr 和 Pb 的污染较高;而后六河与麻线河为农业河流,主要污染物为农药和化肥<sup>[1]</sup>。北边桃花源河接受上游矿山废水的排放,Zn 的污染最严重,含量高达 2367.38 μg/g,其次为 Cu 的污染;而贵州化肥厂河以 Cu 的污染最严重,高达 4042 μg/g,其次为 Zn、Pb、Cr 的污染,分别为 1409.06 μg/g、854 μg/g 和 400 μg/g;流经城镇的麦包河以毒性系数最高的 Cd 污染最为严重,高达 11.75 μg/g。

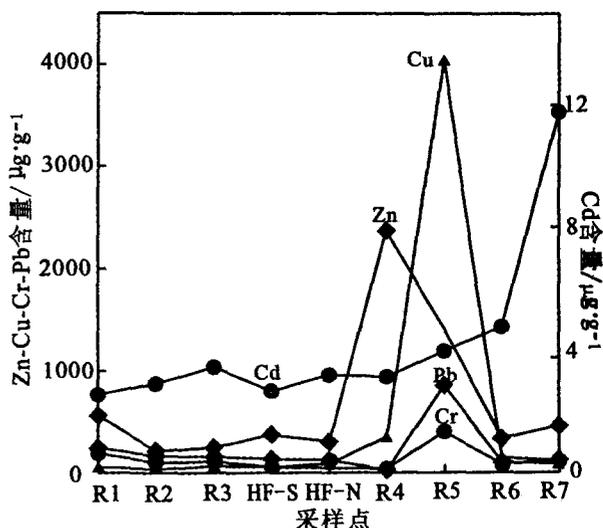


图 3 红枫湖重金属的空间变化特征

Fig. 3 Spatial variations of characteristics of the selected heavy metals in SPM of Hongfeng Lake

### 3.4 重金属的潜在生态危害指数评价

将 Hakanson 潜在生态危害指数用于评价水体悬浮物重金属污染时,所选择的参比值差别较大。悬浮物是水体污染物迁移的主要载体,来源有流域土壤岩石的风化产物、动植物残骸、工业废水、废渣、废气中的颗粒物<sup>[11]</sup>,沉积物则是污染物的主要储存场所。因此对背景值的选择既可用全球沉积物重金属的平均背景值为参比<sup>[14]</sup>,也可用国家土壤环境质量标准(GB15618-1995)或当地土壤重金属背景值为参比<sup>[21]</sup>。为了反应特定区域的差异性,本文选用红枫湖周岸及中间小岛上未受人类活动明显影响的土壤平均含量作为 Zn、Cu、Pb、Cd 的标准<sup>[13]</sup>,Cr 以贵阳市天然土壤中重金属自然含量平

均值为参比<sup>[22]</sup>。这套标准与 GB 15618-1995 相比(表 3), Pb、Cu、Cr 的含量都低于一级标准, Zn 和 Cd 的含量均低于二级标准, 说明此标准未受污染, 可以作为红枫湖悬浮物重金属的背景值。

从表 2 数据可以计算出红枫湖悬浮物中重金属潜在危害系数, 最大的 Cd 已经达到强度危害; 其次是 Pb 达中度危害; Zn、Cu 和 Cr 为轻度危害, 依次为 Cu>Zn>Cr。潜在生态危害指数 RI 为 226.09, 说明重金属的污染已经达到中度生态危害, 亟需对重金属的污染加强治理, Cd 和 Pb 的治理更是迫在眉睫。

红枫湖悬浮物重金属的潜在生态危害指数随季节性变化较大(表 4)。其中 2 月份已达强度生态

危害, 4 月、6 月、10 月和 12 月也达中度生态危害, 顺序依次为: 6 月>4 月>12 月>10 月; 8 月份仅为轻度生态危害。

表 3 红枫湖土壤背景值与土壤环境质量的对比

Table 3 The comparison of background heavy metals in the soils collected in Hongfeng Lake area to Environmental quality standards of soils  $\mu\text{g/g}$

元 素	GB15618-1995			红枫湖土壤背景值
	一级	二级	三级	
Zn	100	200~300	500	106.50
Cu	52	50~100	400	16.80
Cr	90	250~350	300	81.60
Pb	35	250~350	500	12.40
Cd	0.20	0.30~060	1.00	0.59

表 4 红枫湖悬浮物重金属的潜在危害系数及其季节性和空间性变化

Table 4 Seasonal and spacial variations of the potential ecological risk coefficient and the potential ecological risk index of SPM in Hongfeng Lake

月 份	季 节 变 化					
	2	4	6	8	10	12
$E_{\text{Zn}}$	3.59	2.65	3.74	3.32	3.39	2.35
$E_{\text{Cu}}$	27.27	17.90	32.59	19.82	14.51	15.98
$E_{\text{Cr}}$	1.57	0.86	1.26	1.90	0.92	1.09
$E_{\text{Pb}}$	86.95	58.29	67.50	16.30	52.63	30.30
$E_{\text{Cd}}$	242.14	155.50	192.02	85.62	96.10	118.51
RI	361.52	235.19	297.11	126.96	167.56	168.23

位 置	空 间 变 化								
	羊昌河 (R1)	后六河 (R2)	麻线河 (R3)	南 湖 (HF-S)	北 湖 (HF-N)	桃化源河 (R4)	化肥厂河 (R5)	猫跳河 (R6)	麦包河 (R7)
$E_{\text{Zn}}$	5.29	2.33	2.00	3.51	2.84	22.23	13.23	3.15	4.29
$E_{\text{Cu}}$	17.90	20.27	10.47	16.71	25.98	104.19	1203.03	44.20	34.44
$E_{\text{Cr}}$	4.73	2.75	2.43	1.40	1.13	1.01	9.82	1.99	3.06
$E_{\text{Pb}}$	99.37	64.32	66.06	54.51	49.48	9.89	344.69	40.41	33.41
$E_{\text{Cd}}$	129.29	175.01	147.29	134.77	161.86	158.78	201.21	241.26	596.69
RI	256.58	264.69	228.25	210.91	241.28	296.10	1771.98	331.00	671.89

从表 4 可见, 入湖河流悬浮物重金属的潜在生态危害指数均大于红枫湖水体。其潜在生态危害指数最大为化肥厂河, 已达极强度生态危害, 其中 Cu、Pb 和 Cd 的潜在生态危害系数已达到极强。其次为麦包河与猫跳河, 也达到很强的生态危害, 主要是因为毒性最大的 Cd 元素含量较高所致。其余河流及湖泊均已达中度生态危害, 其顺序依次为: 桃化源河>后六河>羊昌河>北湖>麻线河>南湖。

## 4 结 论

(1) 红枫湖水体悬浮物重金属生态危害指数为 226.09, 属于中度危害, 其中 Cd 和 Pb 的生态危害系数已达强度生态危害。重金属污染治理工作的当务之急是 Cd 和 Pb 的治理。

(2) 红枫湖水体悬浮物重金属生态危害指数随着季节变化差异较大, 其中 2 月份已达强度生态危害, 4 月、6 月、10 月和 12 月也达到中度生态危害, 顺序依次为: 6 月>4 月>12 月>10 月; 8 月份潜在

生态危害为轻度危害。因此污染的治理应考虑季节因素。

(3)入湖河流悬浮物重金属的潜在生态危害指数均大于红枫湖水体。化肥厂河潜在生态危害指数已达到极强;其次为麦包河与猫跳河,为很强生态危害;其余河流及湖泊均已达中度生态危害,其顺序依次为:桃化源河>后六河>羊昌河>北湖>麻线河>南湖。

### 参考文献 (References):

- [1] 张维. 红枫湖、百花湖环境特征及富营养化[M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 1999.  
Zhang Wei. The characteristics of environment and eutrophication in Hongfeng and Baihua Lake[M]. Guiyang: Guizhou Science and Technology Press, 1999. (in Chinese)
- [2] 周光智. 红枫湖重要水源污染严重[J]. 社科新视野, 2000, (6): 25-26.  
Zhou Guangzhi. The serious pollution of important source in Hongfeng Lake[J]. Expanding Horizons of Social Science, 2000, (6): 25-26. (in Chinese)
- [3] Volterra L, Conti M E. Algae as biomarkers, bioaccumulators and toxin producers[J]. International Journal of Environment and Pollution, 2000, 13, 92-125.
- [4] 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: 71-74.  
Dai Xiuli, Sun Cheng. The Characteristics of heavy metals distribution and pollution in sediment from Lake Taihu [J]. Shanghai Environmental Sciences, 2001, 20: 71-74. (in Chinese with English abstract)
- [5] 乔胜英, 蒋敬业, 向武, 唐俊红. 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: 353-357.  
Qiao Shengying, Jiang Jingye, Xiang Wu, Tang Junhong. Distribution of heavy metals in sediments in lakes in Wuhan with assessment on their potential ecological risk [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2005, 14: 353-357. (in Chinese with English abstract)
- [6] 张曼华, 申德君, 吴晓林, 黄颖. 红枫湖水体中重金属污染的现状分析[J]. 贵州大学学报(自然科学版), 2007, 24: 327-330.  
Zhang Manhua, Shen Dejun, Wu Xiaolin, Huang Ying. The actuality analysis of the heavy metals pollution in Hongfeng lake[J]. Journal of Guizhou University (Natural Science Edition), 2007, 24: 327-330. (in Chinese with English abstract)
- [7] 滑丽萍, 华路, 高娟, 张振贤, 尹逊霄, 朱风云, 王学东. 中国湖泊底泥的重金属污染评价研究[J]. 土壤, 2006, 38: 366-373.  
Hua Liping, Hua Luo, Gao Juan, Zhang Zhenxian, Yin Xunxiao, Zhu Fengyun, Wang Xuedong. Heavy metal pollution of sediments of lakes in China[J]. Soils, 2006, 38: 366-373. (in Chinese with English abstract)
- [8] Jain C K. Metal fractionation study on bed sediments of River Yamuna, India[J]. Water Research, 2004, 38: 569-78.
- [9] Tang D, Warnken K W, Santschi P H. Distribution and partitioning of trace metals (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) in Galveston Bay waters[J]. Marine Chemistry, 2002, 78: 29-45.
- [10] dman F, Ruth T, Ponter C. Validation of a field filtration technique for characterization of suspended particulate matter from freshwater. Part I. Major elements[J]. Applied Geochemistry, 1999, 14: 301-317.
- [11] Turner A, Millward G E. Suspended particles: Their role in estuarine biogeochemical cycles[J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2002, 55: 857-883.
- [12] Hakanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control; A sedimentological approach[J]. Water Research, 1980, 14, 975-1001.
- [13] 袁惠民, 陈文生. 红枫湖沉积物中主要重金属潜在生态危害性评价[J]. 贵州环保科技, 1997, 3: 39-43.  
Yuan Huimin, Chen Wensheng. The heavy metal and their potential ecological risk assessment in sediment of Hongfeng Lake [J]. Guizhou Environmental Protection Science and Technology, 1997, 3: 39-43. (in Chinese with English abstract)
- [14] 贾振邦, 梁涛, 林健枝, 吕凤伟. 香港河流重金属污染及潜在生态危害评价研究[J]. 北京大学学报(自然科学版), 1997, 33(4): 485-492.  
Jia Zhenbang, Liang Tao, Lin Jianzhi. Lü Fengwei. Study on heavy metal contamination and potential ecological risk in Hong Kong rivers[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 1997, 33: 485-492. (in Chinese with English abstract)
- [15] 李章平, 陈玉成, 杨学春, 魏世强. 重庆市主城区土壤重金属的潜在生态危害评价[J]. 西南农业大学学报, 2006, 28: 227-230.  
Li Zhangping, Chen Yucheng, Yang Xuechun, Wei Shiqiang. Assesment of potential ecological hazard of heavy metals in urban soils in Chongqing[J]. Journal of Southwest Agricultural University, 2006, 28: 227-230. (in Chinese with English abstract)
- [16] 武永锋, 刘丛强, 涂成龙. 贵阳市土壤重金属污染及其潜在生态风险评价[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2007, 26: 254-257.  
Wu Yongfeng, Liu Congqiang, Tu Chenglong. The heavy metal pollution in urban soils of Guiyang city and their potential ecological hazard assessment[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2007, 26: 254-257. (in Chinese with English abstract)
- [17] Yu R Q, Wang W X. Biokinetics of cadmium, selenium, and zinc in freshwater alga Scenedesmus obliquus under different phosphorus and nitrogen conditions and metal transfer to Daphnia magna [J]. Environmental Pollution, 2004, 129: 443-456.
- [18] Baudrimont M, Schafer J, Marie V, Maury-Brachet R, Bossy

- C, Boudou A, Blanc G. Geochemical survey and metal bioaccumulation of three bivalve species (*Crassostrea gigas*, *Cerastoderma edule* and *Ruditapes philippinarum*) in the Nord Medoc salt marshes (Gironde estuary, France) [J]. *Science of The Total Environment*, 2005, 337: 265-280.
- [19] Pokrovsky O S, Pokrovski G S, Gelabert A, Schott J, Boudou A. Speciation of Zn associated with diatoms using X-ray absorption spectroscopy [J]. *Environmental Science & Technology*, 2005, 39: 4490-4498.
- [20] 邓秋静, 宋春然, 谢锋, 何锦林, 谭红, 吉玉碧, 陈安宁. 贵阳市耕地土壤重金属分布特征及评价 [J]. *土壤*, 2006, 38: 53-60.  
Deng Qiuqing, Song Chunran, Xie Feng, He Jinlin, Tan Hong, Ji Yubi, Chen Anning. Distribution and evaluation of heavy metals in cultivated soil of Guiyang [J]. *Soils*, 2006, 38: 53-60. (in Chinese with English abstract)
- [21] 赵沁娜, 徐启新, 杨凯. 潜在生态危害指数法在典型污染行业土壤污染评价中的应用 [J]. *华东师范大学学报(自然科学版)*, 2005, (1): 111-116.  
Zhao Qinna, Xu Qixin, Yang Kai. Application of potential ecological risk index in soil pollution of typical polluting industries [J]. *Journal of East China Normal University (Natural Science Edition)*, 2005, (1): 111-116.
- [22] 陆引罡, 王巩. 贵州贵阳市郊区菜园土壤重金属污染的初步调查 [J]. *土壤通报*, 2001, 32: 235-237.  
Lu Yingang, Wang Gong. Heavy metal pollution in vegetable-planting soils in the suburbs of Guiyang city, Guizhou Province [J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2001, 32: 235-237. (in Chinese with English abstract)

• 学会之声 •

## 地质流体和流体包裹体研究国际会议暨 第十五届全国流体包裹体会议在广州举行

会议由中国科学院广州地球化学研究所、中国科学院成矿动力学重点实验室、中国科学院地球化学研究所、矿床地球化学国家重点实验室、中国矿物岩石地球化学学会矿物包裹体专业委员会、广东省地质学会、广东省科学技术协会和广州市科学技术协会主办, 国家基金委和核工业北京地质研究院等单位协办。

近年来, 地球中流体的存在方式及其运移已被越来越多的地学工作者所关注, “流体的地质作用”逐渐成为国际地球科学界公认的前沿研究领域之一; 在解决人类社会面临的资源、环境和灾害等问题中发挥着越来越重要的作用; 利用油气包裹体找石油和天然气是一门新的技术, 在美国、加拿大、

中国和澳大利亚已经取得了大量的成果。

国内外专家学者 230 余人参加了 2007 年 11 月 7~9 日的会议。会议收到论文和摘要 100 余篇。二十余个大会报告和七十余个小组报告引起广泛的兴趣和热烈的讨论。六位来自美国、加拿大和法国的国际知名地质流体包裹体专家的报告使大家获益匪浅! 我国包括地质流体和包裹体研究在内的地学科研成果也给他们留下了深刻的印象, 并希望能与之开展更多的合作和交流。代表们在会上交流的研究方法、技术手段, 以及多学科的交叉研究, 特别是油气领域的应用, 开创了可喜的局面, 也为今后加强思路、方法、技术手段的创新确立了努力方向。