

DOI: 10.7524/AJE.1673-5897-20140515004

陈吉, 李秋华, 李仲根, 等. 河北省衡水湖沉积物中汞的分布特征及生态风险[J]. 生态毒理学报, 2014, 9(5): 908-915

Chen J, Li Q H, Li Z G. Distribution and risk assessment of mercury in the sediments of Hengshuihu Lake, Hebei Province [J]. Asian Journal of Ecotoxicology, 2014, 9(5): 908-915 (in Chinese)

河北省衡水湖沉积物中汞的分布特征及生态风险

陈吉^{1 2 3}, 李秋华^{1*}, 李仲根², 王明猛⁴

1. 贵州师范大学贵州省山地环境信息系统和生态环境保护重点实验室, 贵阳 550001

2. 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

3. 中国地质大学(武汉)地球科学学院, 武汉 430074

4. 太原理工大学环境科学与工程学院, 太原 030024

收稿日期: 2014-05-15 录用日期: 2014-07-15

摘要: 衡水湖是华北平原上第一个国家级内陆淡水湖泊湿地类型的自然保护区, 为了解衡水湖沉积物中汞的分布特征及生态风险, 于2013年8月在衡水湖采集了5根柱状沉积物, 对其中的总汞、甲基汞、孔隙水溶解态汞、有机质、pH以及含水率进行了分析。结果表明, 衡水湖沉积物中总汞的平均含量为 $22.5 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$, 低于全国及河北省表层土壤背景值。但表层沉积物汞含量明显高于底层, 说明近年来的外源汞输入对湖泊汞负荷产生了一定影响, 且靠近湖泊东部106国道的采样点汞含量明显高于湖泊中西部的采样点, 暗示交通运输等人为活动是该湖泊的一个重要汞输入源。利用潜在生态危害指数法进行评估, 显示汞的生态风险较低, 说明现阶段衡水湖的沉积物汞浓度不会对生态环境产生不利影响。

关键词: 衡水湖; 湖泊沉积物; 汞含量; 生态风险

文章编号: 1673-5897(2014)5-908-08 中图分类号: X171.5 文献标识码: A

Distribution and Risk Assessment of Mercury in the Sediments of Hengshuihu Lake, Hebei Province

Chen Ji^{1 2 3}, Li Qiuhua^{1*}, Li Zhonggen², Wang Mingmeng⁴

1. Key Laboratory for Information System of Mountainous Area and Protection of Ecological Environment of Guizhou Province, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China

2. State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China

3. Faculty of Earth Science, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

4. College of Environmental Science and Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China

Received 15 May 2014 **accepted** 17 July 2014

Abstract: Hengshuihu Lake is the first national inland freshwater wetland nature reserve in North China Plain. To reveal the status of mercury distribution and ecological risk in sediments of Hengshuihu lake, we collected five columnar sediment cores in August 2013. The total mercury, methyl mercury, dissolved mercury in pore waters, organic matter, pH and moisture content were analyzed. The average total mercury content in the sediments was 22.

基金项目: 国家自然科学基金项目(41373056); 国家重点基础研究发展计划(973)项目(2013CB430001)

作者简介: 陈吉(1992-), 男, 硕士研究生, 研究方向为环境科学, E-mail: jigerchen@163.com

* 通讯作者(Corresponding author) E-mail: qiuhua2002@126.com

$5 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$, which is lower than the national and Hebei Provincial surface soil background value. Within in the sediment cores, the mercury in the upper layer was higher than that of the lower parts, hinting the recent input by human activities. Meanwhile, the total mercury in the sediment cores in eastern part of the lake, which is closer to the national highway 106, was significantly higher than the central and western sites, indicating that the transportation has important impacts on the Hg accumulation. Nevertheless, based on potential ecological harm index assessment, ecological risk by mercury in the sediment was very low. This suggests there is no adverse ecological impact on the lake environment at this stage.

Keywords: Hengshuihu Lake; sediment of freshwater lake; mercury content; ecological risk

汞是一种具有持久性、生物积累性的生命毒性非必要元素,汞及其化合物对人类和其他哺乳类动物具有很强的毒性,其中毒性最强的是脂溶性很强的甲基汞,其毒性是无机汞数百倍,且甲基汞主要对神经系统,特别是中枢神经系统造成损害。汞作为一种全球性的污染物,已受到世界各国的普遍关注。虽然水体中的汞含量很低,但通过食物链的富集放大作用,处于食物链顶端的生物体内可积累很高的汞,进而威胁到整个生态系统。水体沉积物中富含水分和有机物,污染物(包括重金属)极易在此富集,进入水体的污染物会在水流速度缓慢的时候沉降富集于沉积物中。水体物理化学条件的改变,如受到水流扰动,表层沉积物中的污染物会被再次释放进入水体而造成二次污染,因此属于二次污染源。判断沉积物污染常以沉积物中污染元素的总量作为指标^[1-3]。

衡水湖国家级自然保护区,是华北平原惟一保持沼泽、水域、滩涂、草甸和森林等完整湿地生态系统的自然保护区,位于河北省南部的衡水、冀州和枣强之间,地理坐标为东经 $115^{\circ}27'50'' \sim 115^{\circ}42'51''$,北纬 $37^{\circ}31'40'' \sim 37^{\circ}41'56''$,东西向最大宽度 22.28 km,南北向最大长度 18.81 km,海拔在 18~25 m 左右,总面积 187.87 km^2 ,其中湖面 75 km^2 ,平均水深 3~4 m,蓄水量近 2 亿 m^3 。衡水湖生物多样性十分丰富,以内陆淡水湿地生态系统和国家 I、II 级鸟类为主要保护对象。由于地处华北平原,人口密集,人为活动剧烈,区域汞排放较多(如电厂燃煤^[4]),以及周边的北京密云水库^[1]、天津于桥水库^[5]、海河^[5]、山东南四湖^[6]等沉积物已表现出一定的汞污染特征,所以本研究以衡水湖沉积物为对象,研究汞含量的分布特征,并对汞的生态风险进行评估,为保护区的生态环境安全和制定合理的保护措施提供基础资料。

1 材料和方法(Materials and methods)

1.1 采样概况

样品采集于 2013 年 8 月份,结合保护区的地形、水域及植被覆盖等情况,在北部开阔水域采集了 5 根沉积物柱,每个采样点用 GPS 定位,采样位置如图 1 所示。沉积物柱采用 SWB-1 型便携式不扰动湖泊沉积物采样器采集^[8],根据重力作用,沉积物被采集于内径为 5.75 cm 的 PVC 管中,确保沉积物未被扰动。沉积物柱采集后,首先记录沉积物柱的表观现状,如层理特征、颜色变化及柱长等。本研究采集的 5 根沉积物,表层 0.2 cm 均覆盖有一层浅绿色层,可能为藻类物质,以下沉积物为黑色,最底层的底土为致密的褐色或黄色土壤。沉积物柱 1 位于湖中最大岛屿梅花岛西南侧约 400 m 处,北侧 1 km 处有输水水闸,水面开阔,水深约 3 m,沉积物柱长 14 cm,5~6 cm 处由沉积物变为底土;沉积物柱 2 位于柱 1 以南,周围有香蒲等水草分布,水深约 4 m,沉积物柱长 13 cm,4~5 cm 处由沉积物变为底土;沉积物柱 3 位于柱 2 以东 1 km 处,东部 200 m 处有

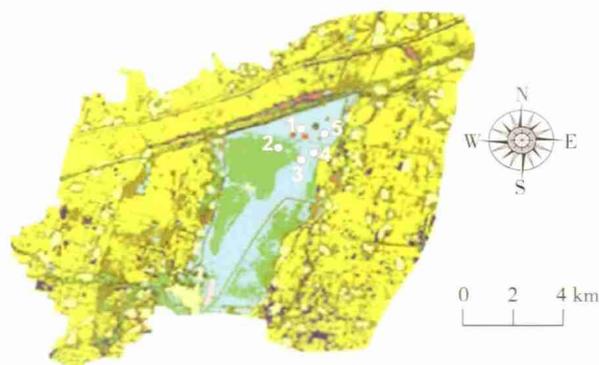


图 1 衡水湖采样点分布图(底图基于文献[7])

Fig. 1 Sampling sites at Hengshuihu Lake
(Base map is referred to [7])

水草,水面开阔,水深约3 m,沉积物柱长22 cm,17~18 cm处为沉积物-底土界面;沉积柱4位于柱3以北约400 m,两边有蒲草,水深4 m,采得沉积物柱长27 cm,24~25 cm以下含有部分黄色底土;柱5位于柱4以北,为梅花岛与游客中心之间的开阔水域,水深约3 m,沉积物柱长15 cm,9~10 cm以下为底土。5个采样点均采集到了底土层,说明沉积物柱完整,且衡水湖的沉积物普遍不深。沉积物柱现场用取样匙按1 cm的间距分割,盛装于50 mL聚乙烯离心管中,盖紧并用parafilm®封口膜密封,放置在冰柜中低温保存,带回实验后进行处理^[9]。

1.2 样品分析方法

1.2.1 仪器与试剂

仪器:真空冷冻干燥仪(FD-3-85D-MP型,美国)、Lumex测汞仪(RA-915+塞曼效应汞分析仪和配套PYRO-915热解装置,俄罗斯)、冷原子荧光测汞仪(BrooksRand(III),加拿大)、水质参数仪(三信仪表厂751型,上海)、离心机(Thermo scientific, Legend Mach 1.6R,美国)、水浴锅(数显恒温水浴锅DRHH-S4型,上海)、电子天平(Denver Instrument, 0.1 mg精度,美国)。

试剂:硫酸、硝酸、硫酸铜、二氯甲烷等化学试剂为国药集团分析纯或优级纯试剂。

1.2.2 样品预处理

将分割后的沉积物在实验室中离心过滤,获取孔隙水,然后将沉积物冷冻干燥、磨碎,具体的步骤如下:首先沉积物在4℃恒温、转速3 000 r·min⁻¹的条件下离心30 min,然后用经过酸预处理的注射式过滤器以及0.45 μm滤膜(Millipore)过滤提取孔隙水。提取孔隙水后的沉积物样品用真空冷冻干燥仪(-80℃)干燥,并研磨至150目以供分析^[9]。

1.2.3 分析方法

(1)沉积物总汞 使用Lumex测汞仪直接测定。分析过程及原理为^[10]:称量200~500 mg的样品在800℃高温下热解,样品中的各种形态Hg转化为Hg⁰蒸气,通过冷原子吸收仪测定,每个样品分析3~5次,取平均值作为该样品的Hg含量结果。测试中用沉积物标准物质(GSD-3, GSD-4a,汞含量标准值分别为48和78 ng·g⁻¹)进行质量控制,汞的回收率为93.7%~102.2%。

(2)沉积物甲基汞 称取300 mg样品用硝酸和硫酸铜溶液浸提,二氯甲烷(CH₂Cl₂)萃取并结合水相乙基化、恒温气相色谱、冷原子荧光(GC-

CVAFS)法测定沉积物中的甲基汞(BrooksRand(III))^[11]。利用土壤标准物质(ERM-CC580,甲基汞含量75.5 ng·g⁻¹)进行质量控制,甲基汞的平均回收率为86%。

(3)孔隙水溶解态汞 过滤后的孔隙水样品加BrCl氧化,SnCl₂还原,金管预富集,冷原子荧光光谱法测定(BrooksRand(III))^[12]。

(4)沉积物有机质 称取0.01~0.1 g样品采用恒温水浴水合热法结合重铬酸钾滴定法测定^[13]。

(5)沉积物pH 称取10 g样品以去离子水和土2.5:1(m/v)的比例混合摇匀,静置自然沉降3 h后,利用水质参数仪进行测定。

2 结果(Results)

沉积物总汞、甲基汞、有机质、pH、含水率以及孔隙水的溶解态汞的垂直分布如图2及表1所示。5个沉积物柱中总汞平均含量分别为13.9 ng·g⁻¹、17.3 ng·g⁻¹、33.9 ng·g⁻¹、39.8 ng·g⁻¹、20.4 ng·g⁻¹,变化范围12.2~47.0 ng·g⁻¹,总平均含量25.5 ng·g⁻¹,5根沉积物的总Hg含量都随深度增加而逐渐降低(图2A),且湖心及西部区域沉积物(柱1及2)含量明显低于东部(柱3及4),相差可达2倍。沉积物中甲基汞平均含量(图2B)分别为0.03 ng·g⁻¹、0.04 ng·g⁻¹、0.08 ng·g⁻¹、0.05 ng·g⁻¹、0.03 ng·g⁻¹,变化范围0.01~0.45 ng·g⁻¹,总平均含量0.05 ng·g⁻¹。除沉积物柱3和4表层5 cm含量较高外,其他柱子上下部都很低,这可能和沉积物中总汞、有机质含量及含氧量等有关。5根柱子的甲基汞占总汞的平均比例分别为0.21%、0.21%、0.31%、0.16%、0.16%。

孔隙水溶解态汞平均含量(图2C)分别为5.4 ng·L⁻¹、5.0 ng·L⁻¹、12.0 ng·L⁻¹、11.3 ng·L⁻¹、8.1 ng·L⁻¹,变化范围1.1~24.2 ng·L⁻¹,总平均含量8.6 ng·L⁻¹,与总汞含量密切相关,随深度加大含量降低。沉积物中有机质(图2D)比例分别为1.03%、1.10%、4.64%、3.14%、3.28%,比例范围0.8~6.5%,总的平均比例为2.7%,自5 cm起有机质含量迅速下降。pH(图2E)变化范围7.11~8.22,平均为7.59,呈中性到微碱性,随深度增加呈增大趋势。含水率(图2F)变化范围18.9~76.8%,平均为49.2%,随深度增加而减小,底部含水率接近20%,为密实的底土。

沉积物柱3和4的总汞、甲基汞、孔隙水溶解态汞、有机质、含水率在0~5 cm范围内明显高于柱1、2,而pH则在柱1、2中更高。各项参数在深部沉积物中趋于一致。

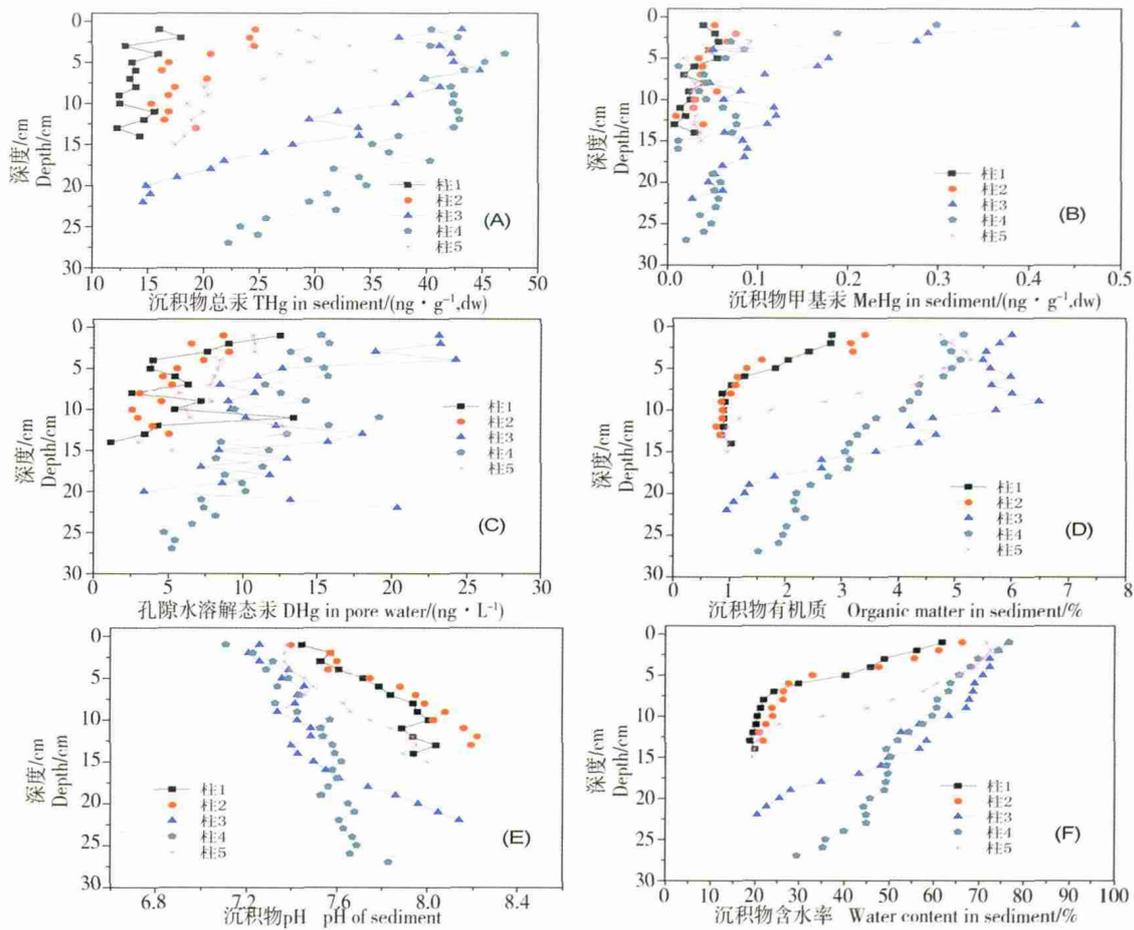


图 2 衡水湖 5 个沉积物柱中的总汞 (A)、甲基汞 (B)、孔隙水溶解态汞 (C)、有机质 (D)、pH (E) 和含水率 (F) 的垂直分布图
 Fig. 2 Vertical variations of total mercury (A), methyl mercury (B), dissolved mercury in pore water (C), organic matter (D), pH (E), water content (F) in five sediment cores from Hengshuihu Lake

表 1 衡水湖 5 根沉积物柱汞含量及各参数统计结果

Table 1 Summary result of mercury content and other parameters in 5 sediment cores from Hengshuihu Lake

沉积物柱 编号 No. of sediment cores	统计值 Statistical values	沉积物 总汞 THg in sediment $/(ng \cdot g^{-1}, dw)$	沉积物甲基汞 $/(ng \cdot g^{-1}, dw)$	沉积物甲基汞 比例/% Percentage of MeHg in sediment /%	孔隙水溶解态汞 DHg in pore water $/(ng \cdot L^{-1})$	沉积物 有机质/% Organic matter in sediment/%	沉积物 pH pH in sediment	沉积物含 水率/% Water content in sediment/%
柱 #1 Core #1 (N = 14)	Min-Max Mean \pm SD Median	12.2 ~ 17.9 14.2 \pm 1.6 13.9	0.01 ~ 0.06 0.03 \pm 0.02 0.03	0.06 ~ 0.43 0.23 \pm 0.11 0.21	1.1 ~ 13.5 6.2 \pm 3.6 5.4	0.84 ~ 2.82 1.47 \pm 0.76 1.03	7.45 ~ 8.04 7.80 \pm 0.19 7.87	18.9 ~ 62.0 32.2 \pm 15.3 23.2
柱 #2 Core #2 (N = 13)	Min-Max Mean \pm SD Median	15.3 ~ 24.7 19.2 \pm 3.4 17.3	0.01 ~ 0.08 0.04 \pm 0.02 0.04	0.05 ~ 0.32 0.22 \pm 0.07 0.21	2.6 ~ 9.0 5.3 \pm 2.1 5.0	0.76 ~ 3.40 1.54 \pm 1.00 1.10	7.40 ~ 8.22 7.88 \pm 0.27 7.95	21.0 ~ 66.3 35.2 \pm 16.4 26.5
柱 #3 Core #3 (N = 22)	Min-Max Mean \pm SD Median	14.6 ~ 44.7 31.6 \pm 10.3 33.9	0.03 ~ 0.45 0.12 \pm 0.10 0.08	0.11 ~ 1.04 0.36 \pm 0.22 0.31	3.4 ~ 24.2 13.3 \pm 5.7 12.0	0.94 ~ 6.47 4.15 \pm 1.90 4.64	7.21 ~ 8.14 7.54 \pm 0.26 7.45	20.5 ~ 76.6 54.6 \pm 18.2 57.6
柱 #4 Core #4 (N = 27)	Min-Max Mean \pm SD Median	22.2 ~ 47.0 36.7 \pm 7.1 39.8	0.01 ~ 0.30 0.06 \pm 0.06 0.05	0.03 ~ 0.74 0.17 \pm 0.14 0.16	4.7 ~ 19.2 11.1 \pm 3.9 11.3	1.50 ~ 5.14 3.36 \pm 1.15 3.14	7.11 ~ 7.83 7.52 \pm 0.17 7.57	29.5 ~ 76.8 53.5 \pm 12.0 50.3
柱 #5 Core #5 (N = 15)	Min-Max Mean \pm SD Median	17.4 ~ 35.4 24.1 \pm 6.1 20.4	0.02 ~ 0.12 0.05 \pm 0.03 0.03	0.06 ~ 0.42 0.19 \pm 0.10 0.16	3.0 ~ 13.0 8.3 \pm 2.8 8.1	0.91 ~ 5.26 3.08 \pm 1.80 3.28	7.37 ~ 8.00 7.64 \pm 0.24 7.63	19.2 ~ 72.6 47.1 \pm 21.5 50.7
所有 5 根 All five cores (N = 91)	Min-Max Mean \pm SD Median	12.2 ~ 47.0 27.4 \pm 10.8 25.5	0.01 ~ 0.45 0.07 \pm 0.07 0.05	0.03 ~ 1.04 0.24 \pm 0.16 0.20	1.1 ~ 24.2 9.6 \pm 4.9 8.6	0.8 ~ 6.5 3.0 \pm 1.7 2.7	7.11 ~ 8.22 7.64 \pm 0.26 7.59	18.9 ~ 76.8 46.8 \pm 18.5 49.2

3 讨论(Discussion)

3.1 相关关系及污染物来源

沉积物各参数之间的相关系数见表2,可以看出,各参数间均存在显著的正或负相关关系。沉积物总汞、甲基汞、孔隙水溶解态汞、有机质4者相互表现为显著的正相关性($p < 0.01$),说明:1,孔隙水溶解态汞含量与沉积物总汞含量密切相关;2,有机质含量与甲基汞含量密切相关,高有机质有利于甲基汞的形成。 pH 与各形态汞呈明显的负相关性($p < 0.01$),说明高的 pH 会在一定程度上抑制汞的分布及一些形态汞的形成。

结合图1和表1可以看出,5根沉积物柱的汞含量均表现为表层明显高于底层,说明沉积物中的汞主要是由于近年来的外源输入造成的(如汞的大气干湿沉降、地表径流输入等),由于没有对沉积物进行定年分析,因此,还无法对汞的沉积速率进行计算。从空间分布上可以看出,位于东部的柱3和柱4汞含量明显高于位于中部和西部的柱1和柱2,而柱5则介于这两者之间,沉积物柱3、4靠近106国道,该公路是一条繁忙的交通主干道,车流量大,因此汽车尾气排放、运输物资的飘洒等,都有可能对附近的水域产生影响,使柱3和4的 Hg 含量偏高。当然,湖泊东部区域还可能还存在其他 Hg 污染源,如莲花种植、人工施肥等活动。

3.2 污染程度分析

我国和河北省的A层土壤 Hg 背景值分别为65和 $36 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ ^[14],尽管沉积物柱3和4表层 Hg 含量

略高于河北省背景值,但低于全国背景值,这两个柱子的汞平均含量(33.9 和 $39.8 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$)接近于该省的土壤背景值,说明衡水湖并不存在明显的汞含量异常。虽然甲基汞的毒性要远高于无机汞,但是由于本研究的甲基汞含量非常低,并且目前还没有专门针对沉积物甲基汞污染评价的合适方法,因此本研究未对甲基汞的生态风险进行评价。

与国内外淡水湖泊和水库比较(表3),衡水湖总体 Hg 含量较低,属于地区背景值正常水平,这与外国未受污染的湖泊沉积物 Hg 含量相当,甚至更低。这可能是因为衡水湖作为国家级自然保护区,没有受到明显的工农业和生活废水等的影响。与省内的白洋淀湿地(沉积物 Hg 含量为 $30 \sim 60 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$)^[21]相比,衡水湖沉积物汞含量较低,可能是因为白洋淀的人为扰动(如水上旅游等)更为剧烈所致。国内太湖和滇池等水体,由于距离城市较近,长期接纳各种工业废水和生活污水,已经出现一定的 Hg 污染现象。贵州的几个水库,由于处于高汞地质背景带上,区域土壤、沉积物汞含量普遍很高,加上存在的土法炼锌、炼汞等人为活动,使水体沉积物 Hg 含量明显高于其它区域。

3.3 汞的潜在生态危害指数

Håkanson提出了适用于划分沉积物污染程度及水域潜在生态风险的潜在生态危害指数法,这是一种相对快速、简便和标准的方法,不但考虑了重金属的含量,而且将重金属的生态效应、环境效应及毒理学联系在一起,采用具有可比性、等价属性的指数分级法进行评价,其具体的计算公式如下:

表2 衡水湖沉积物汞与各参数之间的相关性

Table 2 Pearson correlations between mercury and other parameters in sediments from Hengshuihu Lake

测定参数 Measured parameters	沉积物总汞 THg in sediment	沉积物甲基汞 MeHg in sediment	孔隙水溶解态汞 DHg in pore water	有机质 Organic matter	沉积物 pH pH in sediment
沉积物总汞 THg in sediment	1.00				
沉积物甲基汞 MeHg in sediment	0.46**	1.00			
孔隙水溶解态汞 DHg in pore water	0.65**	0.55**	1.00		
有机质 Organic matter	0.84**	0.56**	0.61**	1.00	
沉积物 pH pH in sediment	-0.78**	-0.55**	-0.59**	-0.90**	1.00

注:** $p < 0.01$ (双尾)。

Note: ** $p < 0.01$ (double tail).

表 3 国内外淡水湖泊系统沉积物的 Hg 含量比较

Table 3 Comparisons of mercury in sediment and pore waters in fresh water system world wide

湖泊名称 Name of fresh water lake	水体污染状况 Pollution status	省份, 国家 Province, country	沉积物总汞 THg in sediment (ng·g ⁻¹ , dw)	沉积物甲基汞 MeHg in sediment (ng·g ⁻¹ , dw)	孔隙水溶解态汞 DHg in pore water (ng·L ⁻¹)	参考文献 References
衡水湖 Hengshuihu Lake	背景水平 Background	河北, 中国 Hebei, China	12.2 ~ 47.0 27.4 ± 10.8	0.01 ~ 0.45 0.07 ± 0.07	1.1 ~ 24.2 9.6 ± 4.9	本研究 This research
太湖 Taihu	富营养化 Hypereutrophic	江苏, 中国 Jiangsu, China	12 ~ 470	0.02 ~ 0.96	8.8 ~ 260	Wang et al. ^[15]
滇池 Dianchi	富营养化 Hypereutrophic	云南, 中国 Yunnan, China	99 ~ 580 290 ± 120	0.43 ~ 2.95 1.2 ± 0.68	28 ~ 86 54 ± 16	Wang et al. ^[16]
乌江渡水库 和东风水库 Wujiangdu and Dongfeng Reservoir	地质富汞带 Geologically Hg ~ enriched area	贵州, 中国 Guizhou, China	180 ~ 330	0.1 ~ 8.0	15 ~ 30	Feng et al. ^[17]
红枫湖水库 Hongfeng Reservoir	营养正常 Eutrophic	贵州, 中国 Guizhou, China	212 ~ 603	0.2 ~ 8.4	10 ~ 50	He et al. ^[9]
百花湖水库 Baihua Reservoir	Hg 污染区 Hg polluted	贵州, 中国 Guizhou, China	260 ~ 39 000	0.5 ~ 28	6.1 ~ 5 860	Yan et al. ^[18]
Salmon Falls Creek Reservoir	营养正常 Eutrophic	Idaho, USA	23 ~ 83	0.24 ~ 2.5	11 ~ 230	Gray and Hines ^[19]
Spring Lake	背景水平 Background	Minnesota, USA	30 ~ 230	0 ~ 4.5	10 ~ 22.0	Hines et al. ^[20]

$$C_r^i = \frac{C_i}{C_n^i} \quad (1)$$

$$E_r^i = T_r^i \times C_r^i \quad (2)$$

式中: C_r^i 为某一金属的污染参数(单因子污染参数); C_i 为沉积物中污染物的实测参数; C_n^i 采用环境背景值为参比值(根据中国土壤质量标准(GB 15618-1995) I 类标准值, Hg 取 150 ng·g⁻¹); E_r^i 为潜在生态风险参数; T_r^i 为单个污染物的毒性响应参数(Hg 毒性响应参数为 40)。

对于单个风险因子的指数所对应的风险等级为: $E_r^i < 40$ 为低生态风险; $40 \leq E_r^i < 80$ 为中等生态风险; $80 \leq E_r^i < 160$ 为较高生态风险; $160 \leq E_r^i < 320$ 为高生态风险; $E_r^i \geq 320$ 为极高生态风险^[2-3, 22]。

本研究中实测参数为各沉积柱总汞的平均含量, 所得评价结果见表 4。生态风险大小顺序为: 采样点 4 > 点 3 > 点 5 > 点 2 > 点 1 不管是各采样点还是整个采样区, 汞的生态风险程度都是较低的(生态风险指数 < 40) 不会对生态环境产生不利影响。

表 4 各沉积物柱汞的生态风险评价

Table 4 The ecological risk of Hg for each sediment core in the study area

沉积物柱编号 No. of sediment core	柱 #1 Core #1	柱 #2 Core #2	柱 #3 Core #3	柱 #4 Core #4	柱 #5 Core #5	所有 5 根 All five cores
Hg 含量/(ng·g ⁻¹) Hg content/(ng·g ⁻¹)	13.9	17.3	33.9	39.8	20.4	25.5
C_r^i	0.09	0.12	0.23	0.27	0.14	0.17
E_r^i	3.7	4.6	9.0	10.6	5.4	6.8
生态风险程度 Ecological risk degree	低生态风险 Low ecological risk					

本研究在衡水湖北部开阔水域采集了 5 个沉积物柱, 测定了沉积物的总汞、甲基汞、有机质、pH、含水率以及孔隙水的溶解态汞, 平均值分别为: 25.5 ng·g⁻¹、0.05 ng·g⁻¹、2.7%、7.59、49.2%、8.6 ng·L⁻¹。衡水湖沉积物 Hg 含量总体低于地区土壤背景值,

通过潜在生态风险评估的结果也显示衡水湖的生态风险较低。与国内外各种淡水水体相比,衡水湖沉积物的汞含量处于较低水平。但是沉积物柱的表层汞含量明显高于底部,说明近年来外源输入的汞有明显增加,而靠近东部 106 国道的采样点 Hg 含量明显高于中西部的采样点,暗示交通运输等人为活动可能是该保护区汞输入的一个重要来源,这主要是由于汽车尾气排放、运输物资飘洒等原因引起的。

致谢:感谢阳许、尤琼智两位硕士同学在采样及分析过程中的帮助和支持。

通讯作者简介:李秋华(1977—),男,博士,教授,主要研究方向为水域生态学研究,发表学术论文 40 余篇。

参考文献:

- [1] 庄敏,贾洪武,王文华,等. 北京密云水库沉积物中汞的存在形式研究[J]. 环境保护科学, 2005, 31(131): 23-25
Zhuang M, Jia H W, Wang W H, et al. Study on existent form of mercury in sediments of Miyun Reservoir, Beijing [J]. Environmental Protection Science, 2005, 31(131): 23-25 (in Chinese)
- [2] 李玉斌,冯流,刘征涛,等. 中国主要淡水湖泊沉积物中重金属生态风险研究[J]. 环境科学与技术, 2012, 35(2): 200-205
Li Y B, Feng L, Liu Z T, et al. Ecological risk assessment of sediment heavy metals in main lakes of China [J]. Environmental Science & Technology, 2012, 35(2): 200-205 (in Chinese)
- [3] 汪飞,黄小平,张景平,等. 广东柘林湾养殖海域沉积物中汞的分布、累积及其生态风险[J]. 生态毒理学报, 2012, 5(2): 184-192
Wang F, Huang X P, Zhang J P, et al. Distribution, accumulation and ecological risk of mercury in the sediment of the mariculture zone at Zhelin Bay of Guangdong province [J]. Asian Journal of Ecotoxicology, 2012, 5(2): 184-192 (in Chinese)
- [4] Tian H Z, Wang Y, Xue Z G, et al. Trend and characteristics of atmospheric emissions of Hg, As, and Se from coal combustion in China, 1980-2007 [J]. Atmospheric Chemistry and Physics, 2010, 10: 11905-11919
- [5] Wu G H, Wei Z, Su R X. Distribution, accumulation and mobility of mercury in superficial sediment samples from Tianjin, northern China [J]. Journal of Environmental Monitoring, 2011, 13(9): 2488-2495
- [6] Ma Z W, Chen K, Yuan Z W, et al. Ecological risk assessment of heavy metals in surface sediments of six major Chinese freshwater lakes [J]. Journal of Environmental Quality, 2013, 42(2): 341-350
- [7] Li X W, Li C, Zhang L N, et al. Modeling the scenarios of wetland restoration in Hengshui Lake national nature reserve [J]. Procedia Environmental Sciences, 2010, 2: 1279-1289
- [8] 王雨春,黄荣贵,万国江. SWB-1 型便携式沉积物-界面水取样器的研制[J]. 地质地球化学, 1998, 1: 94-96
Wang Y C, Huang R G, Wan G J. A newly developed sampler for collecting samples near the lacustrine sediment-water interface [J]. Geology-Geochemistry, 1998, 1: 94-96 (in Chinese)
- [9] 何天容,冯新斌,郭艳娜,等. 红枫湖沉积物中汞的环境地球化学循环[J]. 环境化学, 2008, 29(7): 1768-1774
He T R, Feng X B, Guo Y N, et al. Geochemical cycling of mercury in the sediment of Hongfeng Reservoir [J]. Environmental Science, 2008, 29(7): 1768-1774 (in Chinese)
- [10] 王翠萍,闫海鱼,刘鸿雁,等. 使用 Lumex 测汞仪快速测定固体样品中总汞的方法[J]. 地球与环境, 2010, 38(3): 378-382
Wang C P, Yan H Y, Liu H Y, et al. The method of rapidly measuring total mercury in solid samples using Lumex analytical equipment [J]. Earth and Environment, 2010, 38(3): 378-382 (in Chinese)
- [11] 何天容,冯新斌,戴前进,等. 萃取-乙基化结合 GC-CVAFS 法测定沉积物及土壤中的甲基汞[J]. 地球与环境, 2004, 32(2): 83-86
He T R, Feng X B, Dai Q J, et al. Determination of methyl mercury in sediments and soils by GC-CVAFS after aqueous phase ethylation [J]. Earth and Environment, 2004, 32(2): 83-86 (in Chinese)
- [12] 闫海鱼,冯新斌,商立海,等. 天然水体中痕量汞的形态分析方法研究[J]. 分析测试学报, 2003, 22(5): 10-13
Yan H Y, Feng X B, Shang L H, et al. Speciation analysis of ultra trace levels of mercury in natural waters [J]. Journal of Instrumental Analysis, 2003, 22(5): 10-13 (in Chinese)
- [13] 季天委. 重铬酸钾容量法中不同加热方式测定土壤有机质的比较研究[J]. 浙江农业学报, 2005, 17(5): 311-313
Ji T W. Comparison on determining the organic matter contents in the soils by different heating methods in the potassium dichromate-volumetric method [J]. Acta Agriculture Zhejiangensis, 2005, 17(5): 311-313 (in Chinese)

- [14] 中国环境监测总站. 中国土壤元素背景值 [M]. 中国环境科学出版社, 1990: 88, 354
- [15] Wang S F, Xing D H, Jia Y F, et al. The distribution of total mercury and methyl mercury in a shallow hypereutrophic lake (Lake Taihu) in two Seasons [J]. Applied Geochemistry, 2012, 27(1): 343 - 351
- [16] Wang S F, Zhang M M, Li B, et al. Comparison of mercury speciation and distribution in the water column and sediments between the algal type zone and the macrophytic type zone in a hypereutrophic lake (Dianchi Lake) in southwestern China [J]. Science of the Total Environment, 2012, 417-418: 204 - 213
- [17] Feng X B, Jiang H M, Qiu G L, et al. Geochemical processes of mercury in Wujiangdu and Dongfeng Reservoirs, Guizhou, China [J]. Environmental Pollution, 2009, 157(11): 2970 - 2984
- [18] Yan H Y, Feng X B, Shang L H, et al. The variations of mercury in sediment profiles from a historically mercury-contaminated reservoir, Guizhou Province, China [J]. Science of the Total Environment, 2008, 407(1): 497 - 506
- [19] Gray J E, Hines M E. Biogeochemical mercury methylation influenced by reservoir eutrophication, Salmon Falls Creek Reservoir, Idaho, USA [J]. Chemical Geology, 2009, 258(3-4): 157 - 167
- [20] Hines N A, Brezonik P L, Engstrom D R. Sediment and porewater profiles and fluxes of mercury and methylmercury in a small seepage lake in Northern Minnesota [J]. Environmental Science & Technology, 2004, 38(24): 6610 - 6617
- [21] Su L Y, Liu J L, Per Christensen. Spatial distribution and ecological risk assessment of metals in sediments of Baiyangdian wetland ecosystem [J]. Ecotoxicology, 2011, 20(5): 1107 - 1116
- [22] Lars Håkanson. An ecological risk index for aquatic pollution control. A Sedimentological Approach [J]. Water Research, 1980, 149(8): 975 - 1001 ◆

国际标准化组织发布关于玩具中用增塑剂的标准

2014 年 9 月 17 日 来源: 国际标准化组织

国际标准化组织 (ISO) 已正式发布了 ISO 标准 8124 - 6, 这是一项关于玩具和儿童用品中使用的特定增塑剂的标准。

该标准适用于由塑料、纺织品和涂料, 以及其他材料制成的玩具和儿童用品。它为下列物质规定了测定方法: 邻苯二甲酸二丁酯 (DBP), 邻苯二甲酸丁苄酯 (BBP), 邻苯二甲酸二异辛酯 (DEHP), 邻苯二甲酸二正辛酯 (DNOP), 邻苯二甲酸二异壬酯 (DINP); 以及邻苯二甲酸二异癸酯 (DIDP)。

中国领导了该标准的制定工作。2009 年初, 中国国家标准化管理委员会 (SAC) 技术委员会提议了一项关于增塑剂限制的 ISO 标准, 同年 11 月, 设在纽约的 ISO 玩具安全技术委员会指定中国负责领导制定一项关于玩具中的增塑剂的 ISO 标准。

中国已制定了 4 项玩具安全强制性国家标准, 它们包括针对 6 种邻苯二甲酸酯的浓度限值。这 4 项标准是:

- GB 6675. 1-2014 基本规范;
- GB 6675. 2-2014 机械与物理性能;
- GB 6675. 3-2014 可燃性;
- GB 6675. 4-2014 特定元素的迁移。

根据中国国家标准化管理委员会的数据, 在全球范围内制造的玩具中有约 70% 在中国生产。

引自《化学品安全信息周报》2014 年第 39 期总第 303 期 (中国检验检疫科学研究院化学品安全研究所编译)

http://www.chinachemicals.org.cn/reported_detail.aspx?contentid=315&ClassID=230