

doi: 10.11720/wtyht.2022.1074

李生清.海河流域沉积物重金属形态分布特征及生态风险评估[J].物探与化探,2022,46(3):781-786.http://doi.org/10.11720/wtyht.2022.1074

Li S Q.Speciation and distribution of heavy metals in sediments in Haihe River Basin and their effects on ecological risk assessment[J].Geophysical and Geochemical Exploration,2022,46(3):781-786.http://doi.org/10.11720/wtyht.2022.1074

# 海河流域沉积物重金属形态分布特征 及生态风险评估

李 生 清

(山东省地质矿产勘查开发局 八〇一水文地质工程地质大队,山东 济南 250014)

**摘 要:** 海河流域中含有重金属的生活、工业污水排放量较大,致使重金属大量进入水环境并聚集在沉积物中。传统的生态风险评估方法忽略了重金属形态分布特征因素,造成生态风险评估可靠性较低的问题。本文以海河流域平原段河流为研究对象,提出了海河流域沉积物重金属形态分布特征及生态风险评估研究,在海河流域设置采集点,采集沉积物样品,并在实验室中使用混合酸处理样品,采用原子吸收法测定样品中重金属含量,分析沉积物重金属形态分布特征。在生态风险评估中,借助丰度计算完善生态风险评估指数,设计重金属生态风险评估标准。实验结果表明,设计方法得到的各个采样点和各类重金属评价与实际情况更加接近,可靠性更高,评估性能更好。

**关键词:** 海河流域;沉积物;重金属;形态分布特征;生态风险评估

**中图分类号:** P692

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-8918(2022)03-0781-06

## 0 引言

海河流域经济发达,位于中国城市与工业相对集中的北方地区,属于缺水河流。该经济带的降水量较少且分布不均匀,加之周边很多工业发展迅速,导致海河流域水污染较为严重,呈现明显的污水补给,且污水中成分相对复杂的现象,因此,海河流域的污染成为了中国境内具有代表性的缺水河流污染类型<sup>[1-2]</sup>。当源自工厂的工业污水成为水源补给时,污水中含有的重金属和有毒有害的有机物成为了海河流域中污染的主要来源,除此之外,农业中的化肥农药以及城市中汽车尾气的排放,也会使大气中的重金属离子沉降到河流中造成污染。海河流域中的沉积物是水域中的重要组成部分,其中,形成的胶体在正常状态下可以吸附水体污染物,但是水域在受到巨大扰动的情況下,会将这些污染物释放出来,对于生态环境而言,沉积物中含有的重金属具有蓄积性和持久性,对其形态分布特征和生态风险评估具有重要意义,因此海河流域的沉积物是在水环

境污染研究中的重要研究对象<sup>[3-4]</sup>。针对传统的生态风险评估方法,已有学者提出海河流域沉积物中典型重金属的生态风险评估及验证方法<sup>[5]</sup>,即采用物种敏感度分布法和急性毒性比,得出沉积物质量基准,利用 S-Logistic 和 S-Gompertz 模型,拟合重金属慢性 SSD 曲线,获取重金属沉积物质量基准低值;运用 ACRs,获取相应重金属沉积物质量基准高值;验证基准值对海河流域沉积物重金属毒性的预测能力。该方法预测沉积物毒性总准确率较高,但忽略了重金属形态分布特征因素,导致生态风险评估可靠性较低。为此,本文对海河流域沉积物重金属形态分布特征进行研究,并对海河流域的生态风险评估方法进行设计。

## 1 海河流域沉积物重金属形态分布特征

### 1.1 采集样品

海河流域东临渤海湾,西倚太行山,流域总面积占全国总面积的 3.3%,地势西北高,东南低,属于温带东亚季风气候,春、秋、冬季较为干旱,夏季降雨较

收稿日期: 2021-02-05; 修回日期: 2021-09-22

基金项目: 山东省地下水资源与环境动态演变机制与调控(KY201932)

第一作者: 李生清(1983-),女,青海海东人,大学本科,高级工程师,研究方向为水文地质工程地质环境地质。

多,但是由于太平洋副热带高压的影响,会使得降水强度和范围有所不同,时常发生旱涝灾害。在海河流域的一些主要水系中,平原段流经河北、天津等主要城市,接纳城市的工业和生活污水,并设置了区域排污口<sup>[6]</sup>,这就造成了该段海河平原流域中的污染加剧。本次研究选取与 S203 省道相邻的海河流域区域靠西侧的沙河地段为实验流域段。样品采集的过程中,主要参考排污口的位置和分布情况,在实验流域段内设置若干采样点。采样点的分布范围如图 1 所示,采样点的坐标情况如表 1 所示。

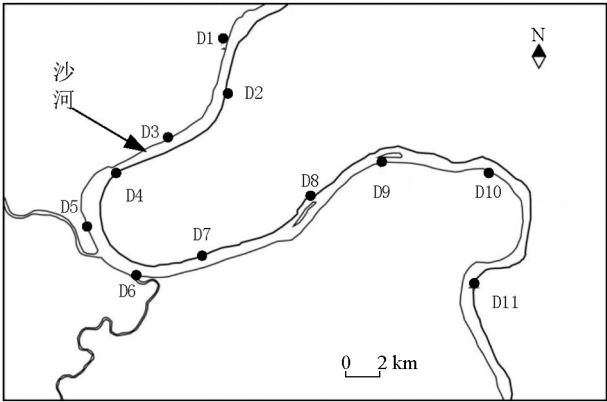


图 1 采样点的分布情况示意

Fig.1 Schematic diagram of the distribution of sampling points

表 1 采样点坐标

Table 1 Coordinates of sampling points

采样点编号	坐标	
	北纬	东经
D1	39°51'52"	114°59'26"
D2	38°28'26"	114°53'58"
D3	39°53'54"	114°37'39"
D4	37°14'25"	115°23'52"
D5	36°26'53"	115°24'57"
D6	38°58'33"	115°32'46"
D7	39°34'32"	115°27'58"
D8	36°54'35"	114°39'42"
D9	37°31'41"	115°44'76"

在各个采样点中得到海河流域的沉积物,沉积物形状为水平层状,采集的样品主要是黑灰色与黄褐色的淤泥。笔者在采样过程中,使用沉积柱取样器,所取得的样品为剖面沉积物,统一所有采样点的挖掘深度为 80 cm,间距为 10 cm,自上而下连续取样。将得到的样品装入干燥洁净的密封袋中,带到实验室中进行处理。

1.2 样品处理

将采集到的样品冷冻后放入机器中干燥,再将

其捣碎过 200 目的筛子,在此过程中,去除样品中的石块、植物等干扰物质,使用陶瓷研钵进行研磨,过 100 目筛,最终得到粉末样品后,在 4 ℃ 条件下避光保存<sup>[7-8]</sup>。利用酸溶法将经过处理的粉末样品进一步进行处理,其中的重金属与酸反应会生成易于检测的可溶性盐。酸溶法中使用的酸一般为混合酸,主要原因是单一品种的酸溶解重金属的能力较弱<sup>[9]</sup>。为了精准测定沉积物中的重金属组分,选择硝酸、氢氟酸和高氯酸的混合酸对样品进行消解,再采用原子吸收法<sup>[10]</sup>测定重金属铬、镉、砷、铅、汞的含量,具体步骤如下:首先称取 0.5 g 经过处理后的沉积物样品放入容器内,加入蒸馏水进行润湿,随后加入 10 mL 的稀盐酸并加热,稀盐酸蒸发减少到 3 mL 后停止加热,冷却至室温后向其中加入 5 mL 硝酸、5 mL 氢氟酸和 3 mL 高氯酸,并将容器盖上盖子继续加热 1 h<sup>[11]</sup>;加热完毕后,容器壁上出现黑色物质,打开容器盖并间断性摇晃容器,当容器中有浓厚白烟冒出时盖上容器盖;当容器壁上的黑色物质完全消失后打开盖子,将容器内的混合酸与样品的混合物加热至黏稠状停止加热,若无法出现黏稠状,则说明消解不到位,此时可以向容器中加入 3 mL 硝酸、3 mL 氢氟酸和 1 mL 高氯酸重复上述操作;停止加热并冷却至室温后,用蒸馏水清洗容器及盖子,最后加入 1 mL 硝酸将剩余样品完全溶解;将经过上述操作后得到的沉积物样品进行离心,离心参数选择为:离心速率 3 000 rpm,离心时间 10 min;经过离心后,得到沉积物样品的上清液,使用 0.45 μm 的滤膜过滤后,将滤液冷却,使用容量瓶定容到 50 mL,利用原子吸收法测定样品中重金属铬、镉、砷、铅、汞的含量。

1.3 重金属形态分布特征

经过上述方法测定,得到海河流域中沉积物重金属含量数据。由于篇幅原因,选择采样点深 40 cm 处的含量测定结果进行举例分析,得到的结果统计如表 2 所示。

选择区域背景值<sup>[12]</sup>,即在没有受到外界干扰的情况下,以元素的自然浓度为参考,对海河流域中沉积物的重金属形态的分布特征进行分析。从表 2 中可以看出,5 种重金属元素含量的平均值均超过了区域背景值,分别是背景值的 2.53、1.54、11.4、5.03 和 2.12 倍,最大值分别达到了  $553.5\times10^{-6}$ 、 $1.32\times10^{-6}$ 、 $241.5\times10^{-6}$ 、 $159.5\times10^{-6}$  和  $0.84\times10^{-6}$ ,这说明该段海河流域的污染相对严重。各个采样点剖面中重金属元素平均值造成的污染排名,按超出背景值倍数为砷>铅>铬>汞>镉,采用原子吸收法获得各个采

样点各个深度的沉积物重金属测定值,将沉积物重金属测定值作为横坐标,深度作为纵坐标,可以得到海河流域沉积物重金属的垂向分布特征如图 2 所示。

从图 2 可以看出,在所选择的实验海河流域段中,重金属元素铅在-70~-80 cm 中达到了峰值  $195.6\times 10^{-6}$ , -60~-70 cm 次之,达到了  $135.2\times 10^{-6}$ ;

表 2 沉积物 40 cm 深度处样品重金属含量测定结果  
Table 2 Results of determination of heavy metal content in samples at 40 cm of the sediment

采样点 编号	重金属元素含量/ $10^{-6}$				
	铬	镉	砷	铅	汞
D1	63.5	0.36	192.3	112.3	0.36
D2	72.3	0.58	132.4	103.6	0.34
D3	51.6	1.22	241.5	122.4	0.51
D4	77.3	0.49	203.6	159.5	0.29
D5	108.3	0.68	125.6	114.3	0.59
D6	54.3	0.91	144.7	126.3	0.67
D7	166.8	1.32	156.8	142.8	0.84
D8	553.5	0.97	165.4	114.7	0.61
D9	221.3	0.42	177.3	135.0	0.55
平均值	152.1	0.77	171.1	125.7	0.53
背景值 <sup>[12]</sup>	60	0.5	15	25	0.25

铬在-70~-80 cm 达到了峰值  $188.3\times 10^{-6}$ , -60~-70 cm 次之,达到了  $161.2\times 10^{-6}$ ;重金属元素汞在-70~-80 cm 达到了峰值  $0.53\times 10^{-6}$ , -60~-70 cm 次之,达到了  $0.47\times 10^{-6}$ ;重金属元素镉在-60~-70 cm 达到了峰值  $0.83\times 10^{-6}$ , -70~-80 cm 次之,达到了  $0.62\times 10^{-6}$ ;根据上述的分析可知,在选择实验区域段中,在-60~-70 cm、-70~-80 cm 深度处的重金属污染最严重。

2 海河流域沉积物重金属生态风险评估方法

在文献[5]的重金属生态风险评估方法中,由于忽略了重金属形态分布特征的因素,造成生态风险评估可靠性低的问题。因此,笔者在海河流域沉积物重金属生态风险评估方法研究中,将考虑重金属的形态分布特征,以此提高生态风险评估可靠性。

2.1 完善生态风险评估指数

从海河流域沉积物重金属形态分布特征研究中可知,海河流域中含有多种重金属元素,不同种类的重金属对于海河流域周边的生态环境的污染和破坏都不相同。这些重金属造成的污染程度会随着重金属在沉积物中的含量增加而变大,引发海河流域的生态环境问题。因此,在对海河流域沉积物重金属进行生态风险评估时,首先要完善生态风险评估指数以及其相应的计算方法。生态风险评估指数主要是衡量各个重金属元素在沉积物中对于生态环境的污染力,在计算的过程中,以丰度表示法作为原理依据,计算出沉积物中各种类重金属的相对丰度系数,并根据海河流域中沉积物重金属的形态分布特征,计算出总的重金属丰度数,再分配相应的权重到各类重金属元素中得到相应的污染力指数,用来描述海河流域沉积物中重金属元素对生态环境的影响。海河流域沉积物中的重金属元素大幅度超标,就会造成周围农作物对重金属的吸收,并通过食物链进入到人体内,造成身体健康的危害,对生物产生风险,对生态产生威胁。但是如果在合理的指标范围内,则对环境具有一定的调节作用。因此,在重金属的生态风险评估过程中,完善生态风险评估指数是对沉积物中重金属对于水域和土壤造成的风险程度的描述,得到的风险评估指数以及相关的计算公式如下<sup>[13]</sup>:

$$W_1 = \sqrt{\frac{W_s}{W_{os}}}$$

(1)

式中:风险评估指数  $W_1$  描述的是海河流域沉积物

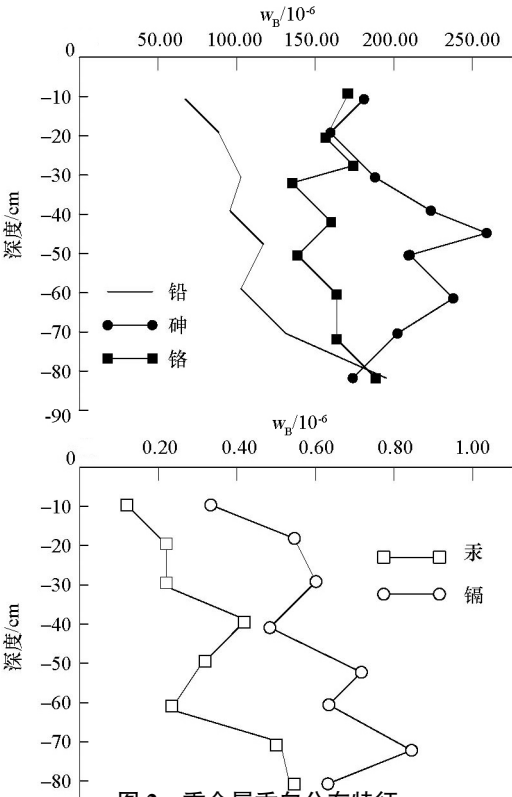


图 2 重金属垂向分布特征

Fig.2 Vertical distribution characteristics of heavy metals

重金属元素砷在-40~-50 cm 达到了峰值  $269.5\times 10^{-6}$ , -50~-60 cm 达到了  $241.2\times 10^{-6}$ ;重金属元素



重金属对于水源生态的影响; $W_{os}$ 表示有关于水源污染的国家相关标准; $W_s$ 表示沉积物中重金属实际可以利用的含量。对于周边土壤而言,存在以下的风险评估指数计算公式<sup>[14-15]</sup>:

$$W_2 = \sqrt{\frac{W_{总} - W_1}{W_{ot}}}。$$

(2)

式中: $W_{总}$ 表示沉积物中重金属的总量; $W_{ot}$ 表示有关于土壤污染的国家相关标准,该土壤风险评估指数表示了农作物在污染土壤中对重金属的吸收情况。在明确上述计算规则后,根据上文分析得到的海河流域沉积物重金属形态分布特征,设计相应的生态风险评估标准。

2.2 设计重金属生态风险评估标准

在设计生态风险评估标准时,主要利用 Hakanson 指数法<sup>[16]</sup>,计算沉积物重金属潜在生态风险评估指数,计算公式为:

$$E = T \times \frac{\alpha}{\beta}。$$

(3)

式中: $T$ 表示沉积物重金属污染系数; $\alpha$ 表示沉积物重金属实测含量; $\beta$ 表示沉积物重金属背景值。根据潜在生态风险评估指数对污染程度进行划分,进一步得到生态风险评估标准等级<sup>[17-18]</sup>。本文对重金属生态风险评估标准进行等级划分如表 3 所示。

根据表 3 中设计的生态风险评估等级分级标准,结合海河流域沉积物中重金属分布形态特征,在实际应用中,对海河流域沉积物的实际情况进行把控,深度了解其中重金属污染的风险和危害情况,降低生态风险评估过程中的误差,在提高评估可靠性的同时,保证海河流域周围水源与土壤的生态健康。

表 3 重金属生态风险评估标准等级划分

Table 3 Classification of heavy metal ecological risk assessment standards

风险评估等级	潜在生态风险评估指数	污染程度
Z	<5	无污染
I	10~20	极轻度污染
II	20~40	轻度污染
III	40~80	中度污染
IV	80~160	强污染
V	160~320	极强污染
VI	≥320	严重污染

3 实验分析

3.1 实验准备

为了验证本文设计的生态风险评估方法是否具有可靠性,需要设计具体的实验进行验证。在实验

中,选择某流域中的沉积物作为实验数据的来源,按照上文所述的方案对该片流域的沉积物进行采样并处理。利用局部估计总体的思路,样本抽取严格遵循了概率抽样程序,且在具体的实施过程中,没有未应答和样本替换现象。采样参考实验流域排污口位置和分布最近的情况,在海河流域段内设置的若干采样点中随机选取 5 个采样点,经过检测后,得到这 5 个采样点在 40 cm 深度处样品的重金属含量情况如表 4 所示。

从表 4 中可以看出,除了重金属元素汞的采样点平均值没有超过背景值之外,另外 4 种重金属元素的平均值含量分别超过背景值的 1.57、1.33、1.62 和 2.55 倍。将表 4 中的检测结果作为实验中的基础数据,分别使用本文设计的生态风险评估方法和传统的生态风险评估方法对选择的流域沉积物重金属进行生态风险评估,并将得到的评估结果进行对比。

表 4 实验流域沉积物 40 cm 深度处样品  
重金属含量测定结果

Table 4 Results of determination of heavy metal content in samples at 40 cm of sediment in the experimental watershed

采样点编号	重金属元素含量/ $10^{-6}$				
	铬	镉	砷	铅	汞
①	77.2	0.56	106.3	112.3	0.15
②	66.7	0.82	89.6	103.7	0.28
③	43.8	1.08	92.5	122.4	0.33
④	58.3	0.66	117.3	159.5	0.34
⑤	99.5	0.89	159.7	114.3	0.29
平均值	69.1	0.80	113.1	122.4	0.28
背景值 <sup>[12]</sup>	44	0.6	70	48	0.30

3.2 实验结果对比

本文设计的生态风险评估方法和传统的生态风险评估方法在各个采样点的评估结果如表 5 所示。

从表 5 可以看出,在实验流域中采集得到的沉积物样品中,重金属铬在采样点⑤的检测结果已经达到了Ⅲ级风险,采样点③没有铬污染;在采样点①中没有受到金属镉的污染,采样点⑤和③的污染等级为Ⅱ级;砷在采样点⑤的检测结果已经达到了Ⅳ级风险,采样点②和③的污染等级为Ⅱ级;重金属铅的污染最为严重,在采样点④的风险评估等级已经达到了Ⅴ级,污染相对较轻的两个采样点①和③的风险评估等级也达到了Ⅲ级;重金属汞仅在采样点③和④达到Ⅰ级风险评估等级。根据上述分析,并对比两种生态风险评估结果可知,使用传统方法得到的生态风险评估值均较高,显示出了严重污染的

总体情况,但是这与实际情况出入较大;综上所述,本文设计的方法在各个采样点和各类重金属评价的结果与实际情况更加接近,可靠性更高,评估性能更好。

表 5 两种评估方法的评估结果对比

采样点	传统方法					本文方法				
	铬	镉	砷	铅	汞	铬	镉	砷	铅	汞
①	Ⅲ	Ⅰ	Ⅴ	Ⅵ	Ⅴ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ
②	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅳ	Ⅱ
③	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅰ
④	Ⅳ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅰ	Ⅲ	Ⅴ	Ⅰ
⑤	Ⅲ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅳ	Ⅳ	Ⅱ

4 结语

本文主要针对海河流域沉积物中的重金属元素铬、镉、砷、铅、汞的形态分布特征和生态风险评估方法进行研究,分析其在沉积物中的总量,得到形态分布特征,并重新设计了生态风险评估方法,在实验中也得到了验证。虽然能够有效提高生态风险评估可靠性,但是由于技术等原因还有一些不足之处,在今后的研究中,要加强重金属的相关毒性测试,增加毒性风险的评估。

参考文献 (References) :

[1] 向语兮,王晓,单保庆,等.白洋淀表层沉积物重金属形态分布特征及生态风险评价[J].环境科学学报,2020,40(6):309-318.

Xiang Y X, Wang X, Shan B Q, et al. Distribution characteristics and ecological risk assessment of heavy metals in surface sediments of Baiyangdian Lake [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2020, 40(6): 309-318.

[2] 刘刚,范博博,王育来,等.引江济淮输水通道派河沉积物重金属形态分布特征及生态风险评价[J].安徽农业科学,2019,47(4):98-102.

Liu G, Fan B B, Wang Y L, et al. Distribution characteristics and ecological risk assessment of heavy metals in the sediments of Paihe in the water diversion channel from the Yangtze River to the Huaihe River [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2019, 47(4): 98-102.

[3] Al-Saady Y I, Al-Obaydi M M, Othman A A, et al. Distribution pattern of heavy minerals assemblages in recent sediments of Lesser Zab River Basin (LZRB), NE Iraq [J]. Environmental Earth Sciences, 2021, 80(4): 155-159.

[4] 万瑞安,胡恭任,韩璐,等.厦门西港近岸海域柱状沉积物重金属形态分布及生态风险评价[J].华侨大学学报:自然科学版,2019,40(4):515-521.

Wan R A, Hu G R, Han L, et al. Distribution and ecological risk assessment of heavy metals in columnar sediments in the coastal waters of Xigang, Xiamen [J]. Journal of Huaqiao University: Natural Science Edition, 2019,40(4): 515-521.

[5] 李宏伟,张彦峰,阳金希,等.海河流域沉积物中典型重金属的生态风险评估及验证[J].生态毒理学报,2020,15(2):154-164.

Li H W, Zhang Y F, Yang J X, et al. Ecological risk assessment and verification of typical heavy metals in the sediments of the Haihe River Basin [J]. Journal of Ecotoxicology, 2020, 15(2): 154-164.

[6] 赵斌,朱四喜,杨秀琴,等.草海湖沉积物中重金属污染现状及生态风险评价[J].环境科学研究,2019,32(2):235-245.

Zhao B, Zhu S X, Yang X Q, et al. Pollution status of heavy metals in Caohai Lake sediments and ecological risk assessment [J]. Environmental Science Research, 2019, 32(2): 235-245.

[7] 李政,陈虎林,余璨,等.拉萨河表层沉积物重金属时空分布特征及生态风险评价[J].高原科学研究,2019,3(1):64-76,119.

Li Z, Chen H L, Yu C, et al. Temporal and spatial distribution characteristics of heavy metals in surface sediments of Lhasa River and ecological risk assessment [J]. Plateau Science Research, 2019, 3(1): 64-76,119.

[8] 赵艳民,秦延文,曹伟,等.洞庭湖表层沉积物重金属赋存形态及生态风险评价[J].环境科学研究,2020,33(3):60-68.

Zhao Y M, Qin Y W, Cao W, et al. Occurrence forms and ecological risk assessment of heavy metals in surface sediments of Dongting Lake [J]. Environmental Science Research, 2020, 33(3): 60-68.

[9] 刘蔚怡,孟媛,靳百川,等.ICP-OES 研究北运河表层沉积物中重金属的空间分布特征及生态风险评价[J].光谱学与光谱分析,2020,40(12):3912-3918.

Liu W Y, Meng Y, Jin B C, et al. ICP-OES research on the spatial distribution characteristics and ecological risk assessment of heavy metals in the surface sediments of the North Canal [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2020, 40(12): 3912-3918.

[10] Choleva T G, Tsogas G Z, Giokas D L. Determination of silver nanoparticles by atomic absorption spectrometry after dispersive suspended microextraction followed by oxidative dissolution back-extraction [J]. Talanta, 2019, 196: 255-261.

[11] 杨辉,王书言,黄继勇,等.同时检测土壤中铅镉铬汞砷重金属元素含量方法的优化[J].河南科技大学学报:自然科学版,2020,41(1):74-79,9.

Yang H, Wang S Y, Huang J Y, et al. Optimization of methods for simultaneous determination of Pb, Cd, Cr, Hg, and As heavy metal elements in soil [J]. Journal of Henan University of Science and Technology: Natural Science Edition, 2020, 41(1): 74-79, 9.

[12] 李艳玲,陈卫平,杨阳,等.济源市平原区农田重金属污染特征及综合风险评估[J].环境科学学报,2020,40(6):2229-2236.

Li Y L, Chen W P, Yang Y, et al. Heavy metal pollution characteristics and comprehensive risk assessment of farmland in the plain area of Jiyuan City [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2020, 40

(6): 2229–2236.

[13] 陈朝述,李艺,何梅,等.广西马尾河沉积物重金属赋存形态及其风险特征研究[J].生态环境学报,2019,28(9):1850–1858. Chen C S, Li Y, He M, et al. Study on the occurrence and risk characteristics of heavy metals in the sediments of Mawei River in Guangxi [J]. Acta Eco-Environmental Sciences, 2019, 28(9): 1850–1858.

[14] 李波,喻庆国,危锋,等.滇西北剑湖表层沉积物重金属分布特征和生态风险[J].环境污染与防治,2019,41(4):468–473. Li B, Yu Q G, Wei F, et al. Distribution characteristics and ecological risks of heavy metals in the surface sediments of Jianhu Lake, Northwestern Yunnan [J]. Environmental Pollution & Control, 2019, 41(4): 468–473.

[15] 孙康康,董旭辉.广州市流花湖沉积物重金属污染特征及潜在生态风险评估[J].亚热带水土保持,2020,32(1):19–26.

Sun K K, Dong X H. Heavy metal pollution characteristics and potential ecological risk assessment of sediments in Liuhua Lake, Guangzhou [J]. Subtropical Soil and Water Conservation, 2020, 32(1): 19–26.

[16] Ojekunle O Z, Ojekunle O V, Adeyemi A A, et al. Evaluation of surface water quality indices and ecological risk assessment for heavy metals in scrap yard neighbourhood[J].SpringerPlus, 2016, 5(1): 1–16.

[17] Huang L, Rad S, Xu L, et al. Heavy metals distribution, sources, and ecological risk assessment in Huixian wetland, South China [J].Water, 2020, 12(2): 431–437.

[18] Keshavarzi A, Kumar V. Ecological risk assessment and source apportionment of heavy metal contamination in agricultural soils of Northeastern Iran[J].International journal of environmental health research, 2019, 29(5): 544–560.

Speciation and distribution of heavy metals in sediments in Haihe River Basin and their effects on ecological risk assessment

LI Sheng-Qing

(No. 801 Hydrogeological and Engineering Geological Brigade of Shandong Provincial Bureau of Geology and Mineral Resources, Jinan 250014, China)

**Abstract:** Since a large amount of domestic and industrial wastewater containing heavy metals has been discharged into the Haihe River Basin, many heavy metals enter the water environment and accumulate in the sediments. Traditional ecological risk assessment methods ignore the speciation and distribution of heavy metals, leading to the low reliability of ecological risk assessment. This study investigated the plain section of the Haihe River Basin and researched the speciation and distribution of heavy metals in the sediments in the Haihe River Basin and carried out the ecological risk assessment. Sediment samples were collected at the collection points deployed in the Haihe River Basin. Afterward, the samples were processed using mixed acids at the laboratory. Then, the contents of heavy metals in the samples were determined using atomic absorption spectrometry, and the speciation and distribution of heavy metals in the sediments were analyzed. For the ecological risk assessment, abundance calculation was adopted to improve the ecological risk assessment indices and design the ecological risk assessment standard of heavy metals. The experimental results show that the obtained evaluation of the sampling points and various heavy metals were closer to the actual situation, has higher reliability, and displayed better evaluation performance compared to results obtained using traditional assessment methods.

**Key words:** Haihe River Basin; sediment; heavy metal; speciation and distribution characteristics; ecological risk assessment

(本文编辑:蒋实)