

# 水体中重金属污染特征及潜在生态风险评价

李晓昱

河南省周口水文水资源勘测局 河南周口 466000

**摘要:** 构建水体中重金属污染特征分析和量化分析模型, 结合污染评价分析实现对潜在生态风险评价, 分析水体中Hg、Phe、Ant、Flua、Chry等重金属污染元素含量, 通过水体PAHs污染评价标准体系, 建立水体中重金属污染的环境流域参数分析模型, 结合流域水体进行污染评价, 采用量化回归分析方法, 实现对污染元素的生态风险评价, 采用概率法和熵值法, 构建潜在生态风险指数分析模型, 通过内梅罗综合污染指数分析, 实现水体中重金属污染的浓度折算与潜在生态风险量化分析。测试得知, 该方法进行水体中重金属污染及潜在生态风险评价简单可靠, 为污染防治及生态治理提供理论参考。

**关键词:** 水体; 重金属污染; 特征; 潜在生态风险

## Characteristics and potential ecological risk assessment of heavy metal pollution in water

Xiaoyu Li

Zhoukou Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Henan Province, Zhoukou, Henan 466000

**Abstract:** Construction of heavy metals in water body pollution characteristics analysis and the quantitative analysis model, combined with analysis of potential ecological risk assessment, pollution evaluation analysis of Hg in water, Phe, Ant, Flua, Chry elements, such as heavy metal pollution by water pollution of PAHs evaluation standard system, establish the environment of heavy metal pollution in water basin parameters analysis model, Combination of river basin water pollution assessment, using the quantitative regression analysis method, the implementation of pollution elements of ecological risk assessment, using the probability method and entropy value method, build the potential ecological risk index analysis model, through the inside, the comprehensive pollution index analysis, the concentration of heavy metal pollution in water conversion and potential ecological risk quantitative analysis. The test results show that the method is simple and reliable for the evaluation of heavy metal pollution and potential ecological risk in water, which provides theoretical reference for pollution prevention and ecological treatment.

**Keywords:** Water body; Heavy metal pollution; Characteristic; Potential ecological risk

### 引言:

在生态环境建设和污染评价中, 水体的重金属污染不容小觑, 构建水体中重金属污染特征及潜在生态风险评价模型, 各区域的环境特征及行为, 构建水体中重金属污染特征及变化规律分析模型, 通过PAHs污染源分析, 实现对水体及支流的环境污染治理和生态风险评

估。水体中的重金属污染主要由有机污染物 (Persistent Organic Pollutants, POPs) 和多环芳烃 (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs) 污染等构成<sup>[1]</sup>, 结合对PAHs的结构与毒性特征分析, 建立水体中重金属污染特征及潜在生态风险评价模型, 结合污染评价分析实现对潜在生态风险评价, 分析水体中Hg、Phe、Ant、Flua、Chry等重金属污染元素含量, 实现水体中重金属污染的浓度折算与潜在生态风险量化分析。

### 一、采样点概况及采样准备

为了研究水体中的重金属污染特征以及其潜在的生态

**作者简介:** 李晓昱, 女, 1981年出生, 回族, 籍贯: 河南淮阳县, 学历: 本科, 职称: 工程师, 研究方向: 水环境监测。

态风险, 本文选取了某采样点进行水体采样测试, 根据实际采样需求, 选取的采样点必须具有符合测试需求的环境特征, 因此本文使用网格布点法选取某水库水体进行特征采集, 为了保证测试效果, 选取8个采样点进行采集, 采样点的点位空间分布坐标间隔约为13m, 将整个水库的水体划分为3个部分, 受水体实际情况的影响, 每个区域的采样点约2~3个, 实验所需的仪器必须能准确测定水体中的重金属含量, 因此本实验使用电感耦合法, 利用电感耦合质谱仪分离水体中的重金属元素, 并用原子荧光光度计测量沉积物中的重金属分布。

## 二、水体中重金属污染特征

为了实现水体中重金属污染特征及潜在生态风险评价, 在不同环境介质中构建水体中重金属污染物质的降解模型, 通过(光解)和物理(吸附解析)反应, 构建水体中重金属污染的特征分析模型, 分析表层水体、悬浮颗粒的物质迁移参数<sup>[2]</sup>, 结合光解、挥发及生物特性分析, 进行水体中重金属的化学元素特征分析, 通过悬浮颗粒重组, 得到水体中重金属污染的采集时间和种类分布情况。2020年8月共采集水样为25410个, 沉积样品161个, 理论样品3382个, 所测得水体中重金属浓度为19.5214, 2020年9月共采集水样为26803个, 沉积样品170个, 理论样品3567个, 所测得水体中重金属浓度为20.5919, 2020年10月共采集水样为25082个, 沉积样品159个, 理论样品3338个, 所测得水体中重金属浓度为19.2695, 2020年11月共采集水样为23934个, 沉积样品173个, 理论样品3633个, 所测得水体中重金属浓度为18.3879, 2020年12月共采集水样为24426个, 沉积样品155个, 理论样品3251个, 所测得水体中重金属浓度为18.7657, 2021年1月共采集水样为24754个, 沉积样品157个, 理论样品3295个, 所测得水体中重金属浓度为19.0176, 2021年2月共采集水样为23525个, 沉积样品149个, 理论样品3131个, 所测得水体中重金属浓度为18.0730, 2021年3月共采集水样为24180个, 沉积样品153个, 理论样品3218个, 所测得水体中重金属浓度为18.5768, 2021年4月共采集水样为25000个, 沉积样品158个, 理论样品3327个, 所测得水体中重金属浓度为19.2065, 2021年5月共采集水样为23443个, 沉积样品149个, 理论样品3120个, 所测得水体中重金属浓度为18.0101, 2021年6月共采集水样为22787个, 沉积样品144个, 理论样品3033个, 所测得水体中重金属浓度为17.5063, 2021年7月共采集水样为22295个, 沉积样品141个, 理论样品2967个, 所测得水体中重金属浓度

为17.1285, 2021年8月共采集水样为23033个, 沉积样品146个, 理论样品3065个, 所测得水体中重金属浓度为17.6952, 2021年9月共采集水样为21311个, 沉积样品135个, 理论样品2836个, 所测得水体中重金属浓度为16.3728。

由以上数据可知, 从2020年8月至2021年9月水样个数由初始的25410逐渐减少至最后的21311, 且随着采集水样个数的减少水体中的重金属沉积物的数量也逐渐减少, 由初始的161个逐渐下降至后续的135个, 样品的个数也由初始的3382降低至2836, 此时的水体重金属浓度呈下降趋势, 14个采样点位的重金属检测结果数值如下:

采样点位S1的微量元素检测铜、锌、镉、铅、络、镍、锰、汞、砷的数值分别为: 48.9、151、0.21、21、145、68、675、0.0042、31.25, 采样点位S2的微量元素检测铜、锌、镉、铅、络、镍、锰、汞、砷的数值分别为: 98.15、122、0.13、17.25、154、69、596、0.035、32.25, 采样点位S3的微量元素检测铜、锌、镉、铅、络、镍、锰、汞、砷的数值分别为: 26.46、152、0.15、16.85、154、71、596、0.024、21.59, 采样点位S4的微量元素检测铜、锌、镉、铅、络、镍、锰、汞、砷的数值分别为: 31.28、141、0.18、16.84、155、72、586、0.026、21.54, 采样点位S5的微量元素检测铜、锌、镉、铅、络、镍、锰、汞、砷的数值分别为: 25.65、142、0.17、15.36、154、71、536、0.038、22.45, 采样点位S6的微量元素检测铜、锌、镉、铅、络、镍、锰、汞、砷的数值分别为: 23.46、144、0.19、15.39、152、73、548、0.039、22.15, 采样点位S7的微量元素检测铜、锌、镉、铅、络、镍、锰、汞、砷的数值分别为: 24.69、148、0.22、15.29、154、72、563、0.041、22.22, 采样点位S8的微量元素检测铜、锌、镉、铅、络、镍、锰、汞、砷的数值分别为: 25.60、158、0.20、15.39、148、72.24、514、0.028、22.47, 检测结果表明, 该检测区域的8个检测试点中, 水体的重金属含量全部超标。

对水体中重金属污染特征采样, 根据参照中华人民共和国环境保护标准HJ784-2016, 构建水体中重金属污染的测定和分析模型, 根据碱性过硫酸钾紫外分析法和钼酸铵分光光度法<sup>[3]</sup>, 进行重金属的提取、净化以及检测, 得到不同的测定时间下水体中重金属污染的梯度洗脱相关系数。

根据检测范围, 分析水体中Hg、Phe、Ant、Flua、Chry等重金属污染元素含量, 检出Hg的下限范围为0.34-1.566 ng/L。

### 三、水体中重金属污染浓度分析

为了保证重金属污染浓度特征分析效果, 本文使用内梅罗综合指数法进行污染特征评价, 结合铬金属元素的综合污染指数进行分析, 通过水体PAHs污染评价标准体系, 建立水体中重金属污染的环境流域参数分析模型, 结合逸度模型分析水体中重金属污染特征, 通过有机碳归一化分配的方法, 建立16种重金属污染下的逸度计算模型, 重金属元素Nap中沉积物含量为62.6527 kg/m<sup>3</sup>, 水相界面为0.0454, 有机碳含量0.0655ng/L, 沉积物逸度容量0.0805 mol/m<sup>3</sup>, 重金属元素Acy中沉积物含量为57.1646 kg/m<sup>3</sup>, 水相界面为0.0442, 有机碳含量0.0597 ng/L, 沉积物逸度容量0.0734 mol/m<sup>3</sup>, 重金属元素Ace中沉积物含量为57.8506 kg/m<sup>3</sup>, 水相界面为0.0437, 有机碳含量0.0605 ng/L, 沉积物逸度容量0.0743 mol/m<sup>3</sup>, 重金属元素Fluo中沉积物含量为59.0854kg/m<sup>3</sup>, 水相界面为0.0446, 有机碳含量0.0618 ng/L, 沉积物逸度容量0.0759 mol/m<sup>3</sup>, 重金属元素Phe中沉积物含量为59.9087 kg/m<sup>3</sup>, 水相界面为0.0463, 有机碳含量0.0626 ng/L, 沉积物逸度容量0.0770 mol/m<sup>3</sup>, 重金属元素Ant中沉积物含量为56.7530kg/m<sup>3</sup>, 水相界面为0.0458, 有机碳含量0.0593 ng/L, 沉积物逸度容量0.0729 mol/m<sup>3</sup>, 重金属元素Flua中沉积物含量为61.4179 kg/m<sup>3</sup>, 水相界面为0.0465, 有机碳含量0.0642ng/L, 沉积物逸度容量0.0789 mol/m<sup>3</sup>, 重金属元素Pyr中沉积物含量为59.7715 kg/m<sup>3</sup>, 水相界面为0.0448, 有机碳含量0.0625ng/L, 沉积物逸度容量0.0768 mol/m<sup>3</sup>, 重金属元素Chry中沉积物含量为53.3229 kg/m<sup>3</sup>, 水相界面为0.0453, 有机碳含量0.0557 ng/L, 沉积物逸度容量0.0684 mol/m<sup>3</sup>, 重金属元素BaA中沉积物含量为57.8506 kg/m<sup>3</sup>, 水相界面为0.0449, 有机碳含量0.0605 ng/L, 沉积物逸度容量0.0743 mol/m<sup>3</sup>, 重金属元素BbF中沉积物含量为59.3598kg/m<sup>3</sup>, 水相界面为0.0456, 有机碳含量0.0621 ng/L, 沉积物逸度容量0.0763 mol/m<sup>3</sup>, 重金属元素BkF中沉积物含量为57.8506 kg/m<sup>3</sup>, 水相界面为0.0466, 有机碳含量0.0605 ng/L, 沉积物逸度容量0.0743 mol/m<sup>3</sup>, 重金属元素BaP中沉积物含量为52.0881 kg/m<sup>3</sup>, 水相界面为0.0443, 有机碳含量0.0544 ng/L, 沉积物逸度容量0.0668 mol/m<sup>3</sup>, 重金属元素DBA中沉积物含量为50.5789 kg/m<sup>3</sup>, 水相界面为0.0447, 有机碳含量0.0528 ng/L, 沉积物逸度容量0.0649 mol/m<sup>3</sup>, 重金属元素BghiP中沉积物含量为61.4179 kg/m<sup>3</sup>, 水相界面为0.0463, 有机碳含量0.0642 ng/L, 沉积物逸度容量0.0789 mol/m<sup>3</sup>, 重金属元素BghiP中沉积物含量为55.9298 kg/m<sup>3</sup>, 水相界面为

0.0422, 有机碳含量0.0584 ng/L, 沉积物逸度容量0.0718 mol/m<sup>3</sup>。

结合16种重金属污染下逸度计算结果, 采用概率法和熵值法, 构建潜在生态风险指数分析模型, 得到二次污染源释放计算方式。构建潜在生态风险指数分析模型, 通过内梅罗综合污染指数分析, 实现对水体中重金属污染浓度分析。

实际检测结果受单因子污染指数影响, 存在环境均值和浓度均值与环境质量间的差值因素, 因此本实验使用Nemerow, 结合GB15618水体中金属污染特征标准对其进行评价。产生的内梅罗指数均值与水体污染标准进行对比, 对比体系如下: 内梅罗指数均值小于0.7证明水体安全, 污染水平为清洁, 内梅罗指数均值在0.7~1.0之间, 此时的污染处于警戒线等级, 污染尚清洁, 内梅罗指数均值在1.0~2.0之间, 证明此时处于轻度污染, 内梅罗指数均值处于2.0~3.0证明此时处于中毒污染, 内梅罗指数均值大于3.0证明此时水体中毒污染, 因此使用内梅罗指数均值公式可以对个测试点位进行水体重金属污染特征评价。

### 四、潜在生态风险评价测试验证

构建生态风险评价指标体系, 得到不同约束指标下水体重金属污染特征及潜在生态风险相关度评价结果。水体中所含重金属生态风险评价指标涉及到用水普及率、污水集中处理率、单位GDP污水排放强度、高锰酸盐指数、人均氮肥施用量、人均磷肥施用量、单位GDP生活用水强度、溶解氧、污水处理厂处理能力、生化需氧量、单位GDP化肥施用强度、万元工业增加值用水量、单位GDP工业废水排放强度、水功能区水质达标率、人均生活污水排放量。用水普及率对应的水样个数为16489个, 沉积样品数为42个, 理论样品数为120个, 污水集中处理率对应的水样个数为17394个, 沉积样品数为45个, 理论样品数为126个, 单位GDP污水排放强度对应的水样个数为16277个, 沉积样品数为42个, 理论样品数为118个, 高锰酸盐指数对应的水样个数为17394个, 沉积样品数为45个, 理论样品数为126个, 人均氮肥施用量对应的水样个数为15851个, 沉积样品数为41个, 理论样品数为115个, 人均磷肥施用量对应的水样个数为16064个, 沉积样品数为41个, 理论样品数为117个, 单位GDP生活用水强度对应的水样个数为15266个, 沉积样品数为39个, 理论样品数为111个, 溶解氧对应的水样个数为15691个, 沉积样品数为40个, 理论样品数为114个, 污水处理厂处理能力对应的水样个数为16223

个, 沉积样品数为42个, 理论样品数为118个, 生化需氧量对应的水样个数为15213个, 沉积样品数为39个, 理论样品数为110个, 单位GDP化肥施用强度对应的水样个数为14787个, 沉积样品数为38个, 理论样品数为107个, 万元工业增加值用水量对应的水样个数为14468个, 沉积样品数为37个, 理论样品数为105个, 单位GDP工业废水排放强度对应的水样个数为14947个, 沉积样品数为38个, 理论样品数为108个, 水功能区水质达标率对应的水样个数为13830个, 沉积样品数为35个, 理论样品数为100个, 人均生活污水排放量对应的水样个数为17128个, 沉积样品数为44个, 理论样品数为125个。分析上述测试结果得知, 本文方法进行水体中重金属污染及潜在生态风险评价简单可靠, 显著度水平较高。

### 五、结语

结合对PAHs的结构与毒性特征分析, 建立水体中

重金属污染特征及潜在生态风险评价模型, 通过内梅罗综合污染指数分析, 实现对水体中重金属污染浓度分析, 本文方法对水体中重金属污染特征及潜在生态风险评估具有重要的指导意义。

### 参考文献:

[1]王雪飞, 李振, 单明娥, 谷正.顶空-气相色谱法测定环境水体中8种苯系物[J].化学分析计量, 2021, 30(10): 55-59.

[2]毛玉婷, 欧阳思达, 柯智盛, 胡艳, 于书棋, 相明雪, 朱衷榜, 章萍.掺镁铝酸三钙制备及其共去除水体中氮磷的性能[J].无机化学学报, 2021, 37(10): 1745-1752.

[3]徐银健, 贾汉森, 刘诗琦, 马履一, 段劫.基于模糊层次分析法的木质成型颗粒环境影响评价[J].太阳能学报, 2021, 42(09): 377-386.