

# 城市河流沉积物污染研究展望

李 燕<sup>1,2,3,4\*</sup>, 何俐蓉<sup>1,2,3,4</sup>, 王 鹏<sup>1,2,3,4</sup>

<sup>1</sup>陕西地建土地工程技术研究院有限责任公司, 陕西 西安

<sup>2</sup>陕西省土地工程建设集团有限责任公司, 陕西 西安

<sup>3</sup>自然资源部退化及未利用土地整治工程重点实验室, 陕西 西安

<sup>4</sup>陕西省土地整治工程技术研究中心, 陕西 西安

收稿日期: 2022年1月12日; 录用日期: 2022年2月15日; 发布日期: 2022年2月22日

## 摘 要

城市河流环境质量提升与生态景观恢复是新型城镇化和美丽人居环境建设的重要组成部分之一。河流沉积物作为营养物质与各类污染物重要的源和汇, 沉积物中污染物的种类、时空分布、环境效应以及对河流生态系统乃至人体健康具有不可忽略的影响, 深入研究污染物在河流沉积物中的赋存运移机理及其相互响应关系, 对河流生态环境保护、城市生态文明建设等具有重要意义。

## 关键词

城市河流, 沉积物, 污染物

# Research and Prospect of Urban River Sediment Pollution

Yan Li<sup>1,2,3,4\*</sup>, Lirong He<sup>1,2,3,4</sup>, Peng Wang<sup>1,2,3,4</sup>

<sup>1</sup>Institute of Land Engineering and Technology, Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

<sup>2</sup>Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

<sup>3</sup>Key Laboratory of Degraded and Unused Land Consolidation Engineering, The Ministry of Natural Resources, Xi'an Shaanxi

<sup>4</sup>Shaanxi Provincial Land Consolidation Engineering Technology Research Center, Xi'an Shaanxi

Received: Jan. 12<sup>th</sup>, 2022; accepted: Feb. 15<sup>th</sup>, 2022; published: Feb. 22<sup>nd</sup>, 2022

\*通讯作者。

## Abstract

The improvement of the environmental quality of urban rivers and the restoration of ecological landscapes are one of the important components of new urbanization and the construction of beautiful human settlements. River sediment is an important source and sink of river nutrients and various pollutants, among which the types, temporal and spatial distribution of pollutants, environmental effects and impacts on river ecosystems and even human health cannot be ignored. In-depth study of the occurrence and transport mechanism of pollutants in river sediments and their mutual response relationship is of great significance to river ecological environmental protection and urban ecological civilization construction.

## Keywords

Urban Rivers, Sediments, Pollutants

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

河流是城市环境的重要依托和历史文化的重要载体，也是新型城镇化建设提升人居环境品质的重要标志之一，具有强烈的社会属性。城市河流面临着污染负荷日益加重、河道内水量被社会经济用水大量挤占、生态流量与生态水位难以保障的困境。为了城市防洪排涝安全，许多城市河流进行人工改造和生态恢复工程，形成了高度人工化城市河流，河道冲淤及重建重构修复对水环境质量及水生生态的影响是新型城镇化建设中河道整治研究的重点和难点[1]。有关研究表明，我国城市河流存在重金属、微塑料等危害大、来源广、降解难的污染物，特别是河流沉积物作为流域各类物质的汇与源，在河流水环境保护乃至流域生态环境改善、生态系统功能恢复等方面具有重要意义。沉积物中高毒性、难降解、易积累的重金属等污染物是干扰河流生态健康的重要内源，常作为水环境质量的重要参考指标。特别的，潜水带因其独特的水温作用机理，在水温调节、环境缓冲、生态保护等方面具有重要作用[2]。研究河流沉积物污染物类型、赋存特性、时空分布、迁移扩散规律以及对生态系统及人体健康的影响具有重要价值。

## 2. 河流沉积物污染研究方法

### 2.1. 野外现场原位测定

河流沉积物渗透系数是河流上覆水-地下水水力联系及水量交换的重要水文地质表征参数，也是沉积物污染物迁移扩散机理研究的重要参数。对于沉积物渗透系数的测定，根据不同的研究目的及精度要求采用不同的野外测定方法，如竖管渗透实验法通过观测水管水头下降情况以确定。此外潜流带水交换是沉积物中污染物累积-释放的重要途径之一，水力交换强度、交换量及过程将直接影响沉积物中污染物含量及活性。水交换量计算主要由水力梯度法、温度梯度法、抽水试验、压力计法、渗流仪法、热示踪等数值模拟和遥感技术等，往往需要在野外进行试验辅以更为准确的水交换量计算，总体上水交换方式和强度计算方法简便快捷、结果精度较高[3]。

## 2.2. 实验室分析

河流沉积物中重金属、持久性有机物、高分子聚合物以及微塑料等污染物种类、含量及时空分布特性研究,需要在实验室定量测定污染物含量和分析形态等表征参数。同时,沉积物氮、磷营养物质含量、物理性质以及生物多样性等均在室内检测通过实验测定。如沉积物机械组成可以参照已有的分类标准[4],如表 1 所示对沉积物粒径分三级。

**Table 1.** Classification methods for mechanical composition of river sediments  
**表 1.** 河流沉积物机械组成分类方法

粒径 R (mm)	类别
R < 0.075	粉砂和黏土
0.075~2.0	沙
>2.0	砾石

## 3. 河流沉积物污染评价

河流沉积物污染评价涉及沉积物及上覆水,其中上覆水环境质量评价方法有单因子指数法和综合污染指数法[5]。沉积物污染根据污染物类型可采用地累积指数、污染负荷指数、生物富集系数以及潜在健康、生态风险评估等方法。

### 1) 地累积指数法

地累积指数法( $I_{geo}$ )以某重金属的含量和对应研究区域的地球化学背景值两者的关系为基础,定量表示重金属的污染程度,根据  $I_{geo}$  值大小富集程度为无富集 - 极强富集,相应的污染程度为无污染 - 较强污染。

### 2) 生物富集系数法

生物富集系数(EF)评价与溯源重金属污染程度时可以区别自然污染源和人为污染源,但因其参考指标选择不同而评价结果有较大区别。富集系数评价法将污染程度划分为 5 个等级。采用 EF 评价沉积物重金属污染的超富集植物尚存在争议,为此周启星[6]等提出了相对最为准确的四个标准:临界含量标准、植物重金属含量地上部分 > 根部、生物量(植株大小、茎叶生长状况等特征)不能明显减少(与未受污染植物相比)、植物体内的重金属含量一定要大于土壤中的含量(富集系数 > 1.0),即富集系数大于 1,至少当土壤中重金属含量高到足以使植物体内富集的含量大于超富集植物临界含量。

### 3) 潜在风险评估

沉积物潜在风险评估可分生态风险评估和健康风险评估。其中,生态风险评估采用多采用瑞典学者 Hakanson 在 1980 年提出的潜在生态危害指数法,生态危害指数与污染物浓度、种类、毒性及其敏感性成正比,可以定量评估沉积物重金属的潜在生态风险[7]。另一方面,健康风险评估多采用美国 EPA 或我国 HJ25.3 的健康风险评估方法,通过模型计算化学致癌物和非化学致癌物的健康风险[8]。

## 4. 沉积物污染影响因素分析

国内外诸多研究表明,河流沉积物污染迁移扩散在时间上呈显著的季节变化规律,特别是年内径流分布明显不均的季节性河流,一般夏季和冬季水交换量差异较大,相应的在不同河段也呈现空间变化特征。有报道表明,河流水交换不仅在垂向沉积层(潜流带) - 上覆水间,横向上也因降雨、径流、补给排泄等存在水交换,整个河流流域的河道沉积物层(潜流带)水交换量呈现:上游 > 下游、河道两岸 > 河道

中心的规律[9]。此外,河道沉积物污染物在影响水土环境质量的同时,也对生态系统产生一定程度的影响,如河道水-土界面水力梯度、渗透系数、微地形差异、水深流速及河道的断面形状、冲淤特性和沉积物的机械组成及生物扰动等因素,在影响沉积物-上覆水水交换量、交换过程和交换方向的同时,对沉积物中污染物、营养元素等滞留也其主要影响作用。

河流水环境质量是河流生态健康的主要重要组成部分,水化学组分及其在沉积物层的累积富集对沉积物污染物溯源解析具有重要意义,在一定程度上反应人类生产生活对河流及其沉积物生态系统健康的影响方式和程度。特别的,对于北方季节性河流,其水温、DO、pH 值、盐度、径流、降雨等因素直接影响污染物在河流水、土环境中迁移循环过程[10]。更重要的,沉积物的机械组成及孔隙度与其含水率和渗透系数密切相关,沉积物孔隙度越大,渗透系数越大,相应的含水量越高、沉积物间隙水物质上下迁移扩散越频繁。例如,一般的粗砂的孔隙度为 33%~35%,粘质土孔隙度 45%~60%,壤土孔隙度 14.5%~72.8%。同时,污染物背景值及自身性质也将影响其在沉积物中的吸附、降解转化以及迁移扩散。

## 5. 结语

城市河流沉积物运移机制及迁移转化机理研究是推进河流生态空间建设、河道空间重建、生态修复、生态人文景观建设,为智慧城市和智慧人居建设、实现高品质城市宜居人居环境建设的重要组成部分。对于河流沉积物污染研究还可从以下方面得以发展。

1) 对沉积物层重金属、有机物、微塑料等不同类型污染物的综合环境行为及污染机制进行研究,不局限于同一类或一种污染物的研究。

2) 对沉积物污染物的空间分布研究在关注浅层(0~10 cm)水平分布的同时,进一步考虑深层沉积物污染情况及底栖生物的垂向活动范围。

3) 以河流一定时空范围内的沉积物层整体为研究对象,研究沉积物不同粒径级别的污染物及其与粒径间的相互关系。

## 基金项目

陕西省企业创新争先青年人才托举计划项目(2021-1-2, 2020-4-1); 陕西地建-西安交大土地工程与人居环境技术创新中心开放基金(2021WHZ0094); 陕西省土地工程建设集团内部科研项目(DJNY2021-24, DJNY2021-20); 陕西地建土地工程技术研究院内部项目(2021-NBYY-23)。

## 参考文献

- [1] 刘斌, 盛恩国, 蔡深文, 等. 赤水河流域中游沉积物营养元素分布特征及污染评价[J]. 地球环境学报, 2021, 12(2): 214-223.
- [2] 郭伟强. 漓河潜流带水交换对沉积物间隙水阴阳离子含量的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西北大学, 2018.
- [3] 王璇, 等. 城市湖泊沉积物微塑料污染特征研究[J]. 环境科学, 2020, 41(7): 3240-3248.
- [4] 张台凡, 宋进喜, 杨小刚, 等. 渭河陕西段沉积物中总磷、总氮时空分布特征及其影响因素研究[J]. 环境科学学报, 2015, 35(5): 1393-1399.
- [5] 米玉婷. 金矿区河流沉积物中砷和锌的动力学释放[D]: [硕士学位论文]. 烟台: 烟台大学, 2016.
- [6] 杜俊杰, 周启星, 李娜, 等. 超积累植物修复重金属污染土壤的研究进展[J]. 贵州农业科学, 2018, 46(5): 64-72.
- [7] 李庞微, 肖海丰, 武伟. 四排干河表层沉积物中磷的形态及分布特征研究[J]. 环境科学与管理, 2021, 46(9): 50-54.
- [8] 王超, 叶秋, 贾伯阳, 等. 典型山地城市河流营养元素空间分布特征及影响因素分析: 以重庆市清水溪为例[J/OL]. 环境科学: 1-15. <https://doi.org/10.13227/j.hjlx.202106209>, 2021-09-18.

- [9] 张羲, 于一雷, 李胜男, 等. 潮河沉积物重金属污染特征及生态风险评价[J]. 环境科学与技术, 2020, 43(7): 169-179.
- [10] 刘警阳, 刘宗堡, 曹兰柱, 等. 松花江干流中下游河型转化控制因素研究[J/OL]. 沉积学报: 1-17. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/62.1038.P.20210824.0907.002.html>, 2021-08-24.