

· 调查与评价 ·

渭河干流 (宝鸡段) 表层沉积物 Cu、Zn、Pb 污染特征与评价

王旭^{1,2}, 曹军骥¹, 张宝成^{1,2}

(1. 中国科学院地球环境研究所, 黄土与第四纪地质国家重点实验室, 陕西 西安 710075;

2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 对渭河干流 (宝鸡段) 表层沉积物中重金属 Cu、Zn、Pb 含量进行了调查, 用潜在生态危害系数法对其污染水平进行了评价, 并与松花江 (吉林市段)、淮河 (江苏段)、长江 (下游)、苏州河、珠江 (广州段) 5 条河流表层沉积物中 Cu、Zn、Pb 的含量做了对比研究。结果表明, 3 种重金属元素平均含量均超出相应的土壤背景值, 出现了一定程度上的富集; 生态危害系数均 < 40, 属轻微生态危害。重金属含量水平在国内诸河中处于中间位置。

关键词: 渭河 (宝鸡段); 沉积物; 重金属; 评价

中图分类号: X830 **文献标识码:** C **文章编号:** 1006 - 2009 (2008) 06 - 0026 - 04

Characteristics and Evaluation of Cu, Zn, Pb Pollution in Surficial Sediments of Weihe River, Bao Ji Section

WANG Xu^{1,2}, CAO Jun-ji¹, ZHANG Bao-cheng^{1,2}

(1. State Key Laboratory of Loess & Quaternary Geology, Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xian, Shanxi 710075, China; 2. Graduate University of the Chinese Academy of Science, Beijing 100049, China)

Abstract: The Cu, Zn, Pb contents in the sediment surface were investigated on the main stream of the Weihe River (Baoji section). The potential ecological risk index was used for evaluating the pollution to compare the levels of Cu, Zn, Pb contents in the sediment surface among the 5 rivers including the Songhua River (Jilin section), the Huaihe River (Jiangsu section), The Yangtze River (downstream), the Suzhou River and Pearl River (Guangzhou section). The results showed that the average levels of 3 heavy metals exceeded the soil background value and the heavy metals concentrated in the sediments. All ecological risk indexes were under 40 to present a negligible ecological risk and at the middle of heavy metal level list in the Chinese rivers.

Key words: Weihe River (Bao Ji section); Sediment; Heavy metal; Evaluation

重金属是环境中普遍存在的污染物之一, 且具有毒性大、不易降解、易通过食物链富集、对人体健康危害大等特点。环境中的重金属可通过大气沉降、工农业废水排放等各种途径进入河流, 并在流水搬运过程中逐步沉积。河流沉积物成为进入河流的重金属的一个重要归宿, 当沉积物中重金属积累达到一定程度时, 可对河流生态系统产生严重的负面影响, 并最终通过食物链间接地危害人体健康。

宝鸡地处关中西部, 是西北的工业重镇, 工业门类齐全, 交通发达。渭河自西而东穿过宝鸡, 重

金属污染不可避免。现对渭河 (宝鸡段) 沉积物重金属含量水平进行调查, 探讨其污染特征, 评价其潜在危害, 为渭河宝鸡段污染治理提供科学依据。

1 调查方法

1.1 样品采集

采用均匀布点法。2008 年 5 月, 沿渭河干流

收稿日期: 2008 - 07 - 09; 修订日期: 2008 - 08 - 15

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (NSFC 40675081)

作者简介: 王旭 (1984—), 男, 陕西商洛人, 硕士研究生, 研究方向为灰尘、土壤重金属污染。

(宝鸡段)布点,间隔约 7 km ~ 8 km,见图 1。采 0 cm ~ 2 cm 表层沉积物,一个样品由若干亚样组成,共采集样品 10 个。样品就地混合,装入塑料袋,编号(从西向东依次为 1[#]—10[#]),同时记录采样点海拔、经纬度。

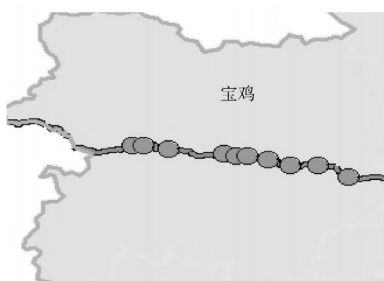


图 1 采样点分布

1.2 样品分析

样品采集后立即带回实验室,于通风、阴凉处自然风干,用四分法分出 10 g 样品,剔除植物残体及砾石,用玛瑙研钵研磨,使其全部通过 200 目塑料筛。处理好的样品再分出 4 g 左右,用压样机压制成片,装入塑料袋,待测。

元素的测定采用 XRF (X 射线荧光光谱仪) 法,共测定 Cu、Zn、Pb 3 种重金属元素。测试采用国家标准样品 GSS - 8。

2 结果与讨论

2.1 重金属含量水平

渭河表层沉积物重金属含量及陕西省 A 层土壤背景值见表 1。

表 1 渭河表层沉积物重金属含量 mg/kg

重金属	Cu	Zn	Pb
最大值	65.6	158	64.1
最小值	16.6	55.3	21.3
平均值	38.7	103	36.8
陕西背景值 ^[1]	21.4	69.4	21.4

由表 1 可见,Cu、Zn、Pb 3 种重金属元素平均值远高于其相应的土壤背景值。渭河沉积物已受到重金属的污染。从各元素变化范围看,均表现出较大的变幅,反映出其较大的空间变异性,暗示了其来源比较广,可能有较多不同点、面污染源的存在。

2.2 重金属沿河流变化特征

渭河表层沉积物重金属含量沿河流变化情况见图 2。

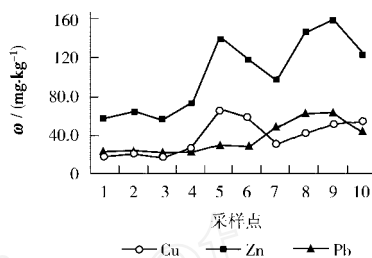


图 2 重金属含量沿河分布

由图 2 可见,自西向东,3 种重金属元素含量均表现出上升的趋势,且 Cu、Zn 变化趋势基本一致,可能因为 Cu、Zn 有相同的排放源。4[#]、5[#]、7[#]均在宝鸡市区以西的秦岭山区中,基本无人源排放,保持其自然背景值;而其余点位于宝鸡市区以东的平原地带,宝鸡市区有矿物、冶金、化工、电子、建材等企业,故渭河流过宝鸡市区后,从 4[#]开始各重金属含量迅速上升。到 5[#]时,Cu、Zn 达到第一个高值;6[#]位于虢镇,虢镇有电子电器、化工、秦岭铜厂等企业,Cu、Zn 仍保持较高含量,到 7[#]进入一个低点;8[#]位于蔡家坡,蔡家坡有重型汽车、电子设备、专用机械等工业门类,有陕汽集团、法士特公司等大公司,Cu、Zn 排放量大,从 8[#]开始,Cu、Zn 含量又开始上升,到 9[#]、10[#]达到第 2 个高值。由于 Pb 也主要来源于工业生产,如冶金、电子、化工等行业,因而 Pb 分布的变化也有一个随工业区分布变化而变化的过程,且变化趋势与 Cu、Zn 相似,但也有所不同,具体表现在:一方面,Pb 从 6[#]到 7[#]是一个明显上升的过程,而 Cu、Zn 是一个迅速下降的过程;另一方面,Cu、Zn 的分布表现出两个明显的峰值,而 Pb 只表现为一个明显的峰值,另一个不是十分明显的峰值在 5[#],这可能是 5[#]—7[#]附近具体的工业门类分布不同及 3 种重金属元素排放量大小的不同所导致的。

2.3 重金属富集水平

富集因子是用以定量评价污染程度与污染来源的重要指标,它选择满足一定条件的元素作为参考元素(或称标准化元素)。样品中污染元素质量分数与参考元素质量分数的比值与背景区中二者质量分数比值的比率即为富集因子 F_i 。Al 是一种

地壳常量元素,分布广泛、均匀,缺少明显的人为源,常被选作参考元素^[2]。而渭河(宝鸡段)干流主要流经黄土高原,可用黄土母质元素含量作为背景值。现以 Al 为参比元素,以黄土母质为背景,计算各重金属元素的富集因子。渭河表层沉积物重金属元素富集因子折线图见图 3。

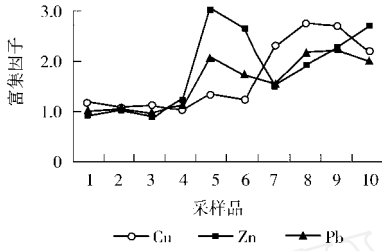


图 3 重金属富集因子

图 3 表明,富集因子较高的点为 5#、8#、9#,与其重金属含量水平一致。富集因子结果说明,所有重金属在各点均出现一定程度的富集,受到一定程度的污染,这是长期人类活动影响的结果。

2.4 重金属的潜在生态危害评价

采用潜在生态危害系数法对渭河沉积物重金属污染进行评价。其数学表达式为:

$$E_r^i = T_r^i \times C_s^i / C_n^i$$

- 式中: E_r^i ——某一重金属的潜在生态危害系数;
- T_r^i ——其毒性响应系数,反映重金属的毒性强度和生物对其污染的敏感程度;
- C_s^i ——该元素的实测含量;
- C_n^i ——评价所需要的参考值,以全球沉积物的平均背景值为参考值。

表 2 给出了相关重金属元素毒性系数和参考值,表 3 为生态危害程度的划分标准,计算结果见表 4。

表 2 重金属元素的参考值和毒性系数

元素	Cu	Zn	Pb
参考值 / (mg · kg ⁻¹)	28.7	111	34.9
毒性系数	5	1	5

由表 4 可见,各重金属污染程度顺序为: Cu > Pb > Zn; 各采样点各元素的生态危害系数均 < 40, 属于轻微生态危害水平。说明渭河宝鸡段沉积物重金属的生态危害都很弱,暂时不会对流域生态环

表 3 潜在生态危害分级

生态危害系数	生态危害程度
$E_r^i < 40$	轻微
$40 \leq E_r^i < 80$	中等
$80 \leq E_r^i < 160$	强
$160 \leq E_r^i < 320$	很强
$E_r^i \geq 320$	极强

表 4 重金属的潜在生态危害系数

采样点	E_r^i		
	Cu	Zn	Pb
1#	3.06	0.52	3.25
2#	3.68	0.59	3.17
3#	2.90	0.50	3.05
4#	4.54	0.66	3.25
5#	11.44	1.26	4.25
6#	10.29	1.06	4.00
7#	5.39	0.87	7.05
8#	7.44	1.34	9.04
9#	9.10	1.43	9.18
10#	9.53	1.11	6.41

境造成危害。

2.5 与国内其他河流表层沉积物重金属含量比较
为了了解渭河表层沉积物重金属污染水平在全国主要河流中的位置,比较了渭河与松花江(吉林市段)、淮河(江苏段)、长江(下游)、苏州河、珠江(广州段) 5 条河流表层沉积物中 Cu、Zn、Pb 的含量水平,见表 5。

表 5 主要河流沉积物重金属含量 mg/kg

河流	Cu	Pb	Zn
松花江(吉林市段) ^[3]	26.0	25.9	79.8
淮河(江苏段) ^[4]	20.4	33.7	71.6
长江(下游) ^[5]	38.5	28.4	112
苏州河 ^[6]	234	39.2	513
珠江(广州段) ^[7]	348	103	383
渭河(宝鸡段)	38.7	36.8	103

由表 5 可见,渭河 Cu 含量低于珠江(广州段)、苏州河,与长江(下游)持平,而高于淮河(江苏段)、松花江(吉林市段),处于中间位置; Pb 含量仅低于珠江(广州段),与苏州河、淮河(江苏段)持平,高于其他两条河流,仍处于中间位置; Zn 含量水平与 Cu 相似。可见,渭河污染水平在全国主要河流中处于中等水平。出现这种情况的原因主

要与河流流经的地区有关,珠江(广州段)流经广州市,苏州河流经上海市,广州与上海均为全国发达地区,城市排污量大,各重金属含量表现出较高的水平;长江(下游)虽然流经南京、常州、苏州、无锡等大中城市,但长江水流量大,对重金属有一定的稀释作用,反而与渭河流经的宝鸡段含量情况大约相当,处于中等水平;淮河(江苏段)地处苏北欠发达地区,排污量小,重金属含量水平低,松花江流经吉林市,吉林市是东北老工业基地之一,但表现出较低的重金属含量,可能与采样点的布设有关。

3 结论

渭河表层沉积物 3 种重金属元素 Cu、Zn、Pb 平均含量均远远高于当地土壤背景值,且元素含量沿河流变化剧烈,其中 Cu、Zn 变化趋势基本一致;各元素的富集因子均在 1.0~3.0 之间,表现出轻微或中等程度的富集;潜在生态危害系数表明,各重金属暂时不会对河流生态系统产生危害;与国内其他河流

相比,渭河沉积物重金属含量水平居于中间位置。

[参考文献]

- [1] 国家环境保护局. 中国土壤元素背景值 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990: 347 - 379.
- [2] 吴光红, 朱兆洲, 刘二保, 等. 天津城市排污河道沉积物中重金属含量及分布特征 [J]. 环境科学, 2008, 29(2): 413 - 420.
- [3] GUO S h, WANG X I, LI Y, et al. Investigation on Fe, Mn, Zn, Cu, Pb and Cd fractions in the natural surface coating samples and surficial sediments in the Songhua River, China [J]. Journal of Environmental Science, 2006, 18(6): 1193 - 1198.
- [4] 黄宏, 郁亚娟, 王晓栋, 等. 淮河沉积物中重金属污染及潜在生态危害评价 [J]. 环境污染与防治, 2004, 26(3): 207 - 209.
- [5] 沈敏, 于红霞, 邓西海. 长江下游沉积物中重金属污染现状与特征 [J]. 环境监测管理与技术, 2006, 18(5): 15 - 18.
- [6] 周立, 郑祥民, 殷效玲. 苏州河沉积物中重金属的污染特征及其评价 [J]. 环境化学, 2008, 27(2): 269 - 270.
- [7] 牛红义, 吴群河, 陈新庚. 珠江(广州河段)表层沉积物中的重金属污染调查与评价 [J]. 环境监测管理与技术, 2007, 19(2): 23 - 25.

(上接第 6 页)

行是监控系统发挥作用的基本保证,现在运行比较好的多是采取一家统一运营和管理的第三方运营模式^[5]。第三方运营也是国家极力推行的污染治理设施运营模式。这种模式能够较好地保证系统正常和规范运行,但其改变了原有的法律关系,表现为民事责任和行政责任的交叉与混淆,使得第三方运营模式在行政管理上遇到问题。必须尽快明确第三方社会化运营的新的法律关系和法律责任。

(2) 水污染物自动监测设备一般都和流量计配套安装,以达到准确计算总量的要求。但由于大多数企业没有做到清污分流,雨污分流,甚至没有独立的排污口,流量计往往不能反映企业的真正排放情况。国家曾经对排污口规范化整治提出过“方便监测、方便计量、方便监督”的原则,但企业的管网如何算是符合清污分流,雨污分流,排污口如何算是达到“三个方便”的要求,并没有作出强制性的规定。因此,水污染物自动监测设备如果和流量计配套安装使用,有很多不能满足计算总量的要求。有必要强化对企业环境保护基础设施建设的管理,并出台相关强制性的技术标准和规范,促使排污企业逐步规范管网和排污口。

(3) 目前南京市要求企业 COD 自动监测 1 h 产生一个数据,1 d 24 个数据; SO₂ 每 5 min 产生一

个数据,1 d 288 个数据。所有这些数据要完全达标是难以做到的。现在一般是以均值是否超标来评价,但是以一天的均值,还是一个月的均值。目前认为以月均值是否超标比较合理和科学,因为企业的生产和治污工艺都有可能发生不稳定的状态,有时要几天甚至更多时间才能调整过来。但在以月均值进行评价时,同时要附带一个条件,日均值不得超过某一个数值。比如,以 COD 排放浓度限值为 100 mg/L 为例,那么,月均值不得超过 100 mg/L,同时日均值不得超过 200 mg/L。当然这需要有一个规范将其固定下来才能具备行政的有效性。

[参考文献]

- [1] 李国刚. 从传统走向现代——发展中的中国环境监测 [J]. 环境监测管理与技术, 2005, 17(6): 1 - 3.
- [2] 陈建江. 对我国环境自动监测发展的思考 [J]. 环境监测管理与技术, 2007, 19(1): 1 - 3.
- [3] 魏山峰. 试论环境监控中心在总量减排中的作用 [J]. 中国环境报, 2008 - 02 - 01(2).
- [4] 夏韦, 马瑞, 宗亚杰. 推进污染源自动监控 提高环保工作水平 [J]. 黑龙江环境通报, 2007, 31(2): 1 - 2.
- [5] 喻义勇, 董艳平, 孟磊. 污染源在线监控管理模式探讨 [J]. 环境监测管理与技术, 2008, 20(5): 5 - 8.

本栏目责任编辑 李文峻 陈宝琳