

文章编号:1000-2367(2021)02-0118-07

DOI:10.16366/j.cnki.1000-2367.2021.02.016

宿州市沱河城市景观河流重金属富集及污染评价

苏海民,孙朋,张勇

(宿州学院 环境与测绘工程学院,安徽 宿州 234000)

摘要:为探讨宿州市景观河流底泥重金属的富集和污染状况,采集沱河景观河流底泥样品 37 个,测定了 V, Cr, Zn, Pb, Cu 和 As 等重金属元素的含量,运用污染负荷指数法、富集因子法评价了沱河底泥重金属的污染和富集程度,并利用因子分析法对重金属来源进行识别.结果表明:1)沱河底泥重金属除 V 和 Cr 外, Cu, Zn, Pb 和 As 元素值均高于安徽省土壤背景值;污染负荷指数(P_{LI})变化在 0.64~1.87 之间,均值为 1.24,属中度污染.2)富集因子表明重金属污染顺序由大到小为 Cu, As, Zn, Pb, Cr, V.其中, Cr 和 V 属轻度富集;其余元素为中度富集.3)因子分析显示各元素在显著性水平下成正相关关系,第一因子主要有 Cu, Zn, Pb, Cr 和 V. Cr 和 V 来源受到人为活动和自然母质共同作用; Cu, Zn, Pb 主要来源于工业生产和交通,第二因子主要是 As 元素,其来源应该为煤炭等化学燃料的燃烧.可见,宿州市沱河景观河流底泥受到了一定程度的重金属污染,尤其是 Cu 和 Zn,研究结果对于宿州市沱河环境治理具有一定的参考价值.

关键词:重金属;污染负荷指数;富集因子;沱河

中图分类号:X142

文献标志码:A

城市河流是城市生态系统的重要组成部分,常因地势较低成为城市各种排放污染物的归宿,包含了特定的环境污染信息,对城市环境质量状况具有很好的指示作用^[1-2].作为一类重要的污染物,重金属因其难降解、易富集、毒性强和长期潜伏性等特点而被人们重视^[3].在城市化和工业化的快速发展过程中重金属通过径流、吸附和沉降等途径进入河流底泥^[4],使河流水体中重金属浓度降低,当底泥生物活性、理化性质发生转变时,重金属又会因溶解进入水体,造成“二次污染”威胁河流水质安全^[5].因此,有关水体底泥重金属污染成了学术界研究的热点问题之一.目前,国内关于河湖底泥重金属的研究较多,主要涉及城市河流重金属赋存形态^[6]、来源解析^[7]及重金属空间分布^[8]方面,尤其是关于北京^[6]、上海^[9]、重庆^[10]大中城市的研究较多,对于中小城市的研究报道较少.随着加速皖北崛起战略的实施和城市化的发展,宿州市作为重要的煤炭型城市,煤炭开采、加工和运输将会影响区域生态环境质量,河流及底泥一旦污染必然影响附近居民生活与健康.沱河景观带是以沱河为轴线由市政府精心打造的集美观、休闲娱乐为一体的重要便民工程,河流水体及沉积物环境质量是其重要组成部分,了解沱河底泥重金属富集和污染状况具有重要意义.从本区已有研究来看,李致春等^[11]通过厘清沱河底泥重金属地球化学特征分析了沱河相关的污染状况,发现宿州市护城河重金属污染程度较沱河严重.然而,关于沱河景观带的重金属来源解析还没有被关注.基于此,为了解宿州市社会经济发展对沱河景观带生态环境的影响和重金属污染治理,本研究通过对沱河底泥采样,测试了 V, Cr, Zn, Pb, Cu 和 As 等主要重金属含量,运用污染负荷指数法、富集因子法和因子分析法等对重金属富集状况和来源进行研究,以期对宿州市生态环境治理和修复提供参考作用.

收稿日期:2020-05-06; **修回日期:**2020-08-16.

基金项目:安徽省高校优秀青年人才计划重点项目(gxyqZD2016347);安徽省高校人文社科重点项目(SK2019A0524);宿州学院优秀人才项目(2014XJGG06;2018XJHB04);土壤生物地理重点课程项目(szxy2018zdkc54);宿州学院资源与环境教学团队项目(szxy2018jxtD01).

作者简介(通信作者):苏海民(1979—),男,山东鄄城人,宿州学院副教授,主要从事资源与环境方向研究, E-mail: hm-su2004@163.com.

1 研究区概况

宿州市位于安徽省东北部,苏、鲁、豫、皖4省交界,总面积9 787 km²,气候为暖温带季风气候,地形以平原为主,是安徽省重要的粮食生产基地.沱河古称洧水,发源于河南省商丘市刘官庙刘堤西南,经虞城、夏邑、永城、安徽濉溪、宿州、固镇至江苏泗洪注入洪泽湖,全长243.1 km,河流水深约1.5~2.0 m,年平均流量约5~60 m³/s.沿岸有永夏煤田矿区、濉溪地方矿煤和宿州地方煤矿,煤炭储量丰富,工业以机械制造、面粉加工、化肥等为主,农业生产发达.宿州市沱河景观带建于2006年,始于三角洲公园,止于南外环高架桥,全长9.9 km,两侧平均宽度70 m,由“河流之歌”“城市之歌”“生活之歌”和“自然之歌”4部分组成,是集自然、人文于一体的重要城市景观.

2 材料与方法

2.1 样品采集与处理

采样点布置在三角洲公园附近、港口北路桥至东沱河闸之间,采样点间距约100 m,其中三角洲公园采集样品11个,港口北路桥至东沱河闸两端采集样品26个,共计37个底泥样品,采样点分布见图1.用自制采样器具(内径5 cm)距岸边3~5 m距离采集河流底泥,去除大块杂质和植物残体装入自封袋带回实验室.沥干水分在室内经自然风干后放入烘干箱(80 ℃)保持24 h,研磨过200目筛备测.

重金属元素含量采用X射线荧光光谱分析(X-RF,仪器型号Explorer 9000SDD)测定,该方法被广泛应用于岩石矿物、水体沉积物和土壤重金属元素的测定^[12].准确称取样品粉末4 g放入30 t压片机压成约6 mm厚的薄片,然后利用X射线荧光光谱分析仪测试样品中重金属元素的质量分数,每个样品测试3次取平均数为元素最终结果.测试中为控制测试精度,每测试3个样品利用仪器自带标样校准,并采用国家标准(GBW07307)沉积物进行质量监控,使测试误差控制在10%以内^[13].

2.2 研究方法

2.2.1 污染负荷指数法

污染负荷指数法(Pollution load index)是在进行重金属污染分级时用来评价其污染水平的^[14].计算公式为:

$$P_i = C_i / C_n, \quad (1)$$

$$P_{LI} = \sqrt[n]{P_{i_1} \times P_{i_2} \times \cdots \times P_{i_n}}, \quad (2)$$

式中, P_i 为重金属单因子污染指数,也叫作富集系数; C_i 为样品重金属*i*的实际测试值,mg/kg; C_n 为相应元素*i*的背景值或当地参考值,mg/kg;本研究以安徽省土壤背景值为参考标准. P_{LI} 为每个采样点重金属污染负荷指数; n 为样品测定的重金属个数.通常将 P_{LI} 分为5级, $P_{LI} < 1$ 时,土壤无污染; $1 \leq P_{LI} < 2$ 时,土壤中度污染; $2 \leq P_{LI} < 3$ 时,土壤较强污染; $3 \leq P_{LI} < 5$ 时,土壤强度污染; $P_{LI} \geq 5$ 时,土壤极强污染.

2.2.2 富集因子法

富集因子(Enrichment factor)法是通过样品元素含量与地壳或母岩中的标准元素比较,判断元素的自

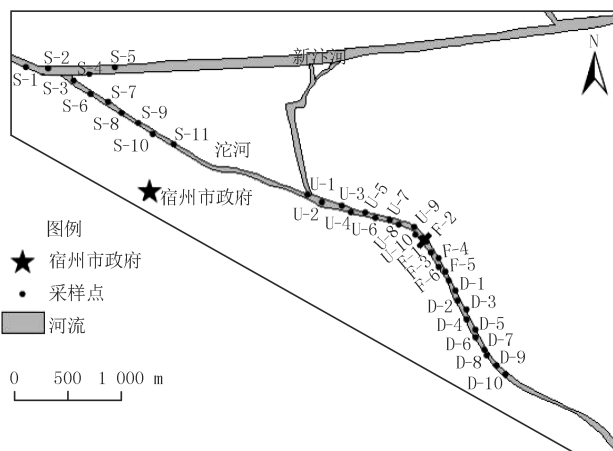


图1 宿州市沱河景观带底泥采样点分布图

Fig.1 Sediment sampling sites of Tuo River landscape belt in Suzhou city

然来源或人为来源,标准元素的选择对评价结果具有重要影响,常用的参考元素有 Fe, Ti, Sc 和 Al^[15],考虑到宿州市的地质状况和元素特性,本研究选取 Al 作为参考元素.计算公式为:

$$E_F = (C_i/C_n)_s / (C_i/C_n)_b, \quad (3)$$

式中, E_F 为重金属富集因子; C_i 样品重金属实测值, C_n 参考元素值或土壤背景值, s 和 b 分别代表土壤样品和地壳或背景.因该方法是用来表示重金属的富集程度的,故分级采用富集强度表示.当 $E_F \leq 1$ 时,表示土壤无污染; $1 < E_F \leq 2$ 时,表示土壤重金属轻度富集,说明重金属由自然过程和人为活动共同影响; $2 < E_F \leq 5$ 时,表示土壤重金属中度富集,且当 $E_F > 2$ 时,重金属主要来源于人类活动; $5 < E_F \leq 20$ 时,表示土壤重金属显著富集; $20 < E_F \leq 40$ 时,表示土壤重金属强烈富集;当 $E_F > 40$ 时,表示土壤重金属极强富集.

2.2.3 数据统计与分析

数据统计和相关分析在 SPSS 21 中完成,图表制作在 Excel 和 Minitab 15 中完成.

3 结果与分析

3.1 重金属含量分析

对沱河底泥重金属含量统计分析结果见表 1.从统计结果看,沱河底泥重金属含量差异非常大,V, Cr, Cu, Zn, Pb 和 As 分别变化于 49~98、24~86、23~73、29~315、19~73 和 7~23 mg/kg 之间,平均值分别为 75.42、53.43、44.81、107.43、33.45 和 14.00 mg/kg.与安徽省土壤背景值比较,V, Cr 低于安徽省土壤背景值,污染较弱,Cu, Zn, Pb 和 As 高于安徽省土壤背景值,分别为土壤背景值的 2.20 倍、1.73 倍、1.25 倍和 1.56 倍.为分析沱河底泥重金属的污染和富集情况,将采样点重金属含量与全国水系沉积物背景值^[16]比较,发现其结果与安徽省土壤背景值基本一致.其中,V, Cr 略低于全国平均值,Cu, Zn, Pb 和 As 高于全国平均值的 1.45~2.24 倍.说明沱河底泥产生了一定程度的重金属富集.但与开封市^[17]城市河流污染相比,相应元素均低于开封市的富集程度.

变异系数的大小可以反映重金属空间分布状况和来源信息,变异系数越大,重金属空间分布差异越大,受人类活动影响也越明显.表 1 显示出 Cu, Zn, Pb 和 As 的变异系数均大于 30%,尤其是 Zn 和 Pb 分别达到 75.91 和 43.33%,说明这些元素含量空间分布差异较大,来源很大程度上受人类活动的干扰.

表 1 沱河底泥重金属统计特征

Tab. 1 Statistical characteristics of heavy metals of sediment in Tuo River

元素	最小值/ (mg · kg ⁻¹)	最大值/ (mg · kg ⁻¹)	平均值/ (mg · kg ⁻¹)	方差	变异系数/%	安徽背景值/ (mg · kg ⁻¹)	全国背景值/ (mg · kg ⁻¹)
V	49.00	98.00	75.43	13.26	17.59	98.20	77.00
Cr	24.00	86.00	53.43	13.65	25.54	66.60	54.00
Cu	23.00	73.00	44.81	14.58	32.53	20.40	20.00
Zn	29.00	315.00	107.43	81.55	75.91	62.00	67.00
Pb	19.00	73.00	33.45	14.50	43.33	26.60	23.00
As	7.00	23.00	14.00	4.33	30.95	9.00	9.00

3.2 重金属污染负荷指数分析

经计算,沱河底泥重金属单因子污染指数(富集系数)和污染负荷指数分布见图 2.富集系数 V, Cr, Cu, Zn, Pb 和 As 的变化区间分别为:0.50~0.99、0.36~1.29、1.27~3.58、0.47~5.08、0.71~2.74 和 0.79~2.56,平均污染顺序由大到小为 Cu, Zn, As, Pb, Cr, V.其中,V 全部采样点 P_1 值均小于 1, Cr 有 10.81% 的采样点处于 1~2 之间,超过安徽省土壤背景值; Cu 全部土样 $P_1 > 1$, 有 51.35% 的采样点高于背景值的 2~5 倍; Zn, Pb 和 As 分别有 64.86%、48.65% 和 86.49% 的采样点高于安徽省土壤背景值.污染负荷指数(P_{Li})变化于 0.64~1.87 之间,均值为 1.24,属中度污染. P_{Li} 值大于 1 的采样点主要分布在三角洲公园和汴河路沱河桥以南区域.可能与三角洲公园距离工业区较近,沱河桥以南为宿州市环城路,靠近经济技术开发区,受煤炭运

输及工业生产影响.

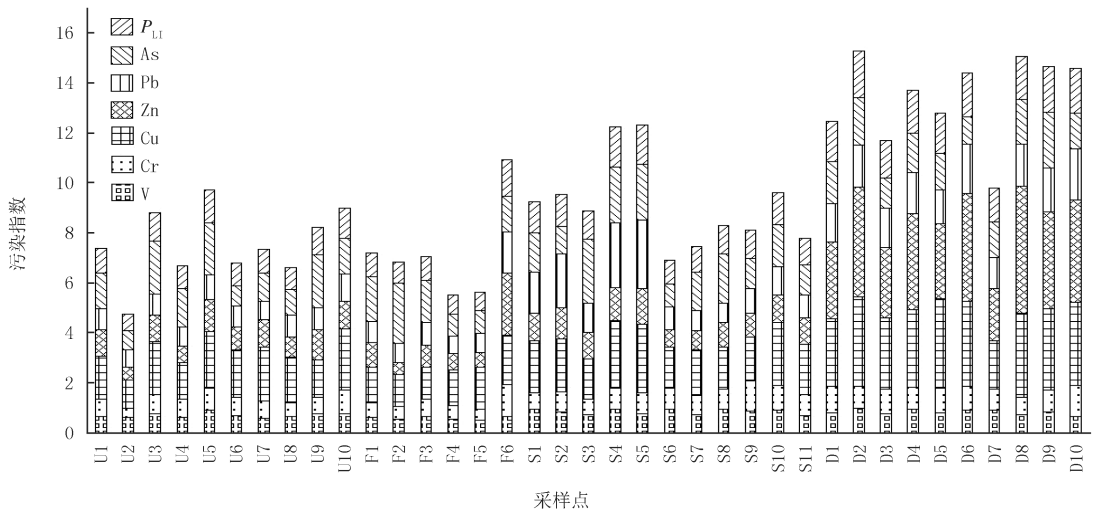


图2 沱河底泥重金属污染负荷指数

Fig.2 Heavy metal pollution load index of sediment in Tuo River

3.3 重金属富集因子分析

以 Al 为参考标准元素运用(3)式计算沱河底泥重金属富集因子结果见图 3.从图 3 中可看出,采样点中 6 种元素的平均污染顺序由大到小为 Cu, As, Zn, Pb, Cr, V.其中,除有 1 个采样点外, Cr 和 V 采样点富集因子值都在 1~2 之间,属于轻度富集,说明沱河底泥重金属既有自然地质背景来源,又受到人为活动的影响^[18];而 Cu, Zn, As 和 Pb 等 4 种重金属元素平均值均在 2~5 之间,为中度富集,且分别有 32.43%、27.03%、5.41%和 5.41%的采样点富集因子超过 5,根据富集因子分级标准,属于显著富集,说明重金属来源明显地受到人类活动的干扰^[19].从箱线图分布来看,Cu, As, Zn, Pb 4 种元素富集因子空间分布呈偏态分布,尤其 Zn 空间差异较大,这与其变异系数分布相一致.

3.4 重金属来源分析

通过分析发现,宿州市沱河景观水体底泥除 V 和 Cr 外,其他元素均值都不同程度地高于安徽省土壤背景值,富集因子也表明 Cu, As, Zn 和 Pb 的指数均大于 2,属于中度富集至显著富集,都说明了沱河底泥重金属出现了污染.为进一步说明重金属来源,运用 SPSS 21 和 Minitab 15 统计分析工具对采样点数据进行了相关分析和因子分析,并进行 KMO 和 Bartlett 检验,获取了各重金属元素的相关系数(见表 2)并依据特征根大于 1 的标准提取前两个主成分因子(见图 4),第一主成分方差贡献率为 53.80%,第二主成分方差贡献率为 17.10%,前两个成分累积贡献率达 70.90%,包含了数据大部分的信息,可以进行因子分析.

表 2 沱河底泥重金属相关系数

Tab. 2 Correlation coefficient of heavy metals of sediment in Tuo River

元素	V	Cr	Cu	Zn	Pb	As
V	1					
Cr	0.463	1				
Cu	0.481	0.548 *	1			
Zn	0.359	0.476	0.869 **	1		
Pb	0.434	0.460	0.688 *	0.577 *	1	
As	0.242	0.030	0.143	0.120	0.249	1

注: ** 双侧显著性相关 $P=0.01$, * 双侧显著性相关 $P=0.05$.

从相关系数看,6 种元素在显著性水平下均成正相关关系,其中 Cu, As, Zn 和 Pb 正相关关系明显,尤其

Zn和Cu,Pb和Cu,Pb和Zn,Cu和Cr相关关系均大于0.548,As和其余元素的相关系数都在0.25以下.这些显著的相关性表明它们很可能具有同一来源,若对环境带来污染则为伴生型污染^[20].图4显示第一主成分因子主要有Cu,Zn,Pb,Cr和V.其中Cr和V在所有采样点污染相对较轻,富集因子指数也在1~2之间,说明其来源虽受到人为活动干扰,但自然母质仍是其主要来源;Cu,Zn,Pb是沱河底泥中污染较为严重、相关性最显著的3种元素,同源的可能性很大,依据工业活动排放的元素,宿州市在皖北加速崛起的战略中工业快速发展,电力和热力生产、煤炭开采、选洗和燃烧、新兴电子和机械工业均能释放Cu和Zn,有研究表明^[21]交通排放、刹车装置、汽车轮胎磨损都会释放出Pb和Zn,宿州市沱河采样点沿线为外环路(沱河路),为大型运输车辆通道,增加了交通污染.第二主成分因子主要是As元素,该元素与其他元素相关性较低,其来源应该与煤炭等化学燃料的燃烧有关,而沱河流域沿线有永夏煤田矿区、濉溪地方矿煤和宿州地方煤矿,也可证实这一点.

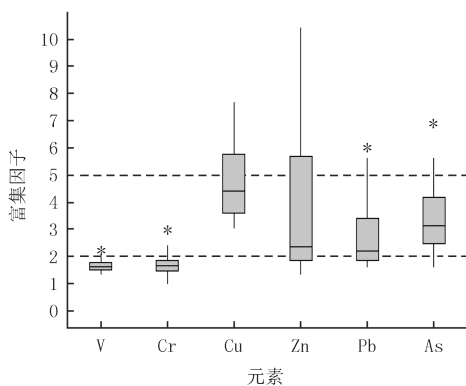


图3 沱河底泥重金属富集因子箱线图

Fig.3 Boxplot of heavy metal enrichment factors of sediment in Tuo River

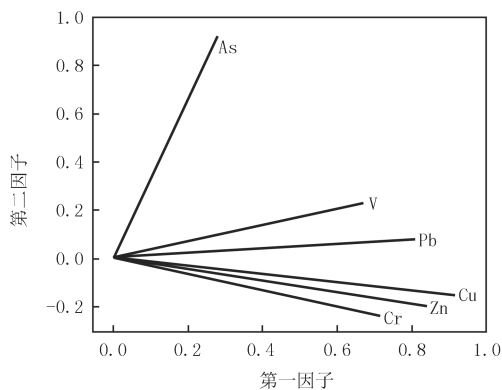


图4 沱河底泥重金属主成分载荷

Fig.4 Component load of heavy metals of sediment in Tuo River

4 结论

沱河底泥6种重金属除V和Cr外,Cu,Zn,Pb和As均高于安徽省土壤背景值,沱河底泥产生了一定程度的重金属富集.其中,Cu,Zn,Pb和As的空间分布差异较大.污染负荷指数(P_{LI})变化于0.64~1.87之间,均值为1.24,属中度污染.富集因子表明重金属污染由大到小的顺序为Cu,As,Zn,Pb,Cr,V.Cr和V基本属于轻度富集,既有自然来源,又受到人为活动影响;Cu,Zn,As和Pb等重金属为中度富集,重金属来源明显受到人类活动干扰.因子分析表明Cu,Zn,Pb,Cr和V等受控于第一因子,As元素受控于第二因子.结合宿州市自然地质和社会经济发展实际,Cr和V来源虽受到人为活动干扰,但自然母质仍是其主要来源;Cu,Zn,Pb主要来源于工业生产和交通,As元素应该与煤炭等化学燃料的燃烧有关.

参 考 文 献

- [1] 王硕,蔡立梅,王秋爽,等.中国城市地表灰尘中重金属的富集状况及空间分布特征[J].地理研究,2018,37(8):1624-1640.
WANG S,CAI L M,WANG Q S,et al.Spatial distribution and accumulation of heavy metals in urban surface dust of China[J].Geographical Research,2018,37(8):1624-1640.
- [2] SUN Y B,ZHOU Q X,XIE X K,et al.Spatial, sources and risk assessment of heavy metal contamination of urban soils in typical regions of Shenyang,China[J].Journal of Hazardous Materials,2010,174(1/2/3):455-462.
- [3] 张鑫,张敏,任伊凡,等.某废弃厂房和建筑用地表层土壤中重金属的健康风险初探[J].河南师范大学学报(自然科学版),2018,46(6):54-60.
ZHANG X,ZHANG M,REN Y F,et al.A preliminary study on health risk of heavy metals in surface soil of an abandoned factory and construction land[J].Journal of Henan Normal University(Natural Science Edition),2018,46(6):54-60.
- [4] CHEN Z Y,SAITO Y,KANAI Y,et al.Low concentration of heavy metals in the Yangtze estuarine sediments,China;a diluting setting

- [J].*Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2004, 60(1): 91-100.
- [5] 李国新, 张雯, 薛云鹏, 等. 大渡河沉积物重金属污染评价及释放通量估算[J]. *环境科学与技术*, 2019, 42(9): 187-194.
LI G X, ZHANG W, XUE Y P, et al. Assessment of heavy metal pollution and estimation of release flux in sediments of Dadu River[J]. *Environmental Science & Technology*, 2019, 42(9): 187-194.
- [6] 吴金莲. 北京城市流域底泥重金属形态特征及其生态风险评价[J]. *水土保持研究*, 2017, 24(5): 321-328.
WU J L. Distribution characteristics and ecological risk assessment of heavy metals in the sediments of watershed in Beijing[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2017, 24(5): 321-328.
- [7] 陈书琴, 夏建东, 周葆华, 等. 正定矩阵因子法解析破罡湖底泥重金属源研究[J]. *环境科学与技术*, 2018, 41(12): 184-189.
CHEN S Q, XIA J D, ZHOU B H, et al. Application of positive matrix factorization on source apportionment of heavy metals in sediments of Pogang Lake[J]. *Environmental Science & Technology*, 2018, 41(12): 184-189.
- [8] 乌云, 朝伦巴根, 李畅游, 等. 乌梁素海表层沉积物营养元素及重金属空间分布特征[J]. *干旱区资源与环境*, 2011, 25(4): 143-148.
WU Y, CHAO L B G, LI C Y, et al. The spatial distribution characteristics of nutrient elements and heavy metals in surface sediments of lake Wuliangshuai[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2011, 25(4): 143-148.
- [9] 贾英, 方明, 吴友军, 等. 上海河流沉积物重金属的污染特征与潜在生态风险[J]. *中国环境科学*, 2013, 33(1): 147-153.
JIA Y, FANG M, WU Y J, et al. Pollution characteristics and potential ecological risk of heavy metals in river sediments of Shanghai[J]. *China Environmental Science*, 2013, 33(1): 147-153.
- [10] 张伯镇, 雷沛, 潘延安, 等. 重庆主城区次级河流表层沉积物重金属污染特征及风险评价[J]. *环境科学学报*, 2015, 35(7): 2185-2192
ZHANG B Z, LEI P, PAN Y A, et al. Pollution and ecological risk assessment of heavy metals in the surface sediments from the tributaries in the main urban districts, Chongqing City[J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2015, 35(7): 2185-2192
- [11] 李致春, 孙林华, 陈松. 煤炭型城市河流沉积物重金属地球化学基线厘定及应用: 以安徽宿州市为例[J]. *地球与环境*, 2016, 44(4): 462-471.
LI Z C, SUN L H, CHEN S. Geochemical baseline of heavy metals in the river sediment in coal production cities and its application: a case study of Suzhou City, China[J]. *Earth and Environment*, 2016, 44(4): 462-471.
- [12] 高杨, 许东升, 李琦. 宿州市表层土壤重金属元素环境地球化学基线研究[J]. *地球与环境*, 2018, 46(5): 444-450.
GAO Y, XU D S, LI Q. A study on environmental geochemical baselines of heavy metals in the surficial soil of Suzhou[J]. *Earth and Environment*, 2018, 46(5): 444-450.
- [13] 郑永红, 张治国, 姚多喜. 煤矿复垦区土壤重金属含量时空分布及富集特征研究[J]. *煤炭学报*, 2013, 38(8): 1476-1483.
ZHENG Y H, ZHANG Z G, YAO D X, et al. Characteristics of temporal-spatial distribution and enrichment of heavy metals in coal mine reclaimed soil[J]. *Journal of China Coal Society*, 2013, 38(8): 1476-1483.
- [14] KARIM Z, QVRESHI B A, MUMTAZ M. Geochemical baseline determination and pollution assessment of heavy metals in urban soils of Karachi, Pakistan[J]. *Ecological Indicators*, 2015, 48: 358-364.
- [15] 秦飞, 李倩, 季宏兵, 等. 密云水库上游铁矿区土壤中重金属污染评价[J]. *环境科学与技术*, 2013, 36(s2): 353-361.
QIN F, LI Q, JI H B, et al. Pollution assessment of heavy metals in soil around iron ore area in the upper reaches of Miyun Reservoir[J]. *Environmental Science & Technology*, 2013, 36(s2): 353-361.
- [16] 史长义, 梁萌, 冯斌. 中国水系沉积物 39 种元素系列背景值[J]. *地球科学*, 2016, 41(2): 234-251.
SHI C Y, LIANG M, FENG B. Average background values of 39 chemical elements in stream sediments of China[J]. *Earth Science*, 2016, 41(2): 234-251.
- [17] 陈志凡, 徐薇, 化艳旭, 等. 开封城市河流底泥重金属积累生态风险评价及同位素源解析[J]. *环境科学学报*, 2020, 40(4): 1321-1330.
CHEN Z F, XU W, HUA Y X, et al. Ecological risk assessment and isotope source analysis of heavy metals accumulated in sediments of Kaifeng urban rivers[J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2020, 40(4): 1321-1330.
- [18] 黄兴星, 朱先芳, 唐磊, 等. 密云水库上游某铁矿区土壤重金属含量及形态研究[J]. *中国环境科学*, 2012, 32(9): 1632-1639.
HUANG X X, ZHU X F, TANG L, et al. Studies on the distribution and chemical speciation of heavy metals in a iron mine soil of the upstream area of Miyun Reservoir, Beijing[J]. *China Environmental Science*, 2012, 32(9): 1632-1639.
- [19] 张春荣, 吴正龙, 田红, 等. 青岛市区大气降尘重金属的特征和来源分析[J]. *环境化学*, 2014, 33(7): 1187-1193.
ZHANG C R, WU Z L, TIAN H, et al. Characteristics and sources analysis of heavy metals in atmospheric dust of Qingdao[J]. *Environmental and Chemistry*, 2014, 33(7): 1187-1193.
- [20] 段慧敏, 朱丽东, 李凤全, 等. 浙江省永康城市土壤重金属元素富集特征[J]. *土壤通报*, 2012, 43(2): 956-961.
DUAN H M, ZHU L D, LI F Q, et al. Heavy metals enrichment and their sources of urban soils in Yongkang[J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2012, 43(2): 956-961.
- [21] 刘德鸿, 王发园, 周文利, 等. 洛阳市不同功能区道路灰尘重金属污染及潜在生态风险[J]. *环境科学*, 2012, 33(1): 253-259.
LIU D H, WANG F Y, ZHOU W L, et al. Heavy metal pollution in street dusts from different functional zones of Luoyang City and its potential ecological risk[J]. *Chinese Journal of Environmental Science*, 2012, 33(1): 253-259.

Enrichment and contamination evaluation of heavy metal of urban landscape river of Tuo River in Suzhou city

Su Haimin, Sun Peng, Zhang Yong

(Environmental and Surveying Engineering College, Suzhou University, Suzhou 234000, China)

Abstract: In order to investigate the accumulation and contamination of heavy metals in the sediment of landscape river in Suzhou City. 37 sediment samples were collected and the contents of heavy metal of V, Cr, Zn, Pb, Cu and As were determined from the Tuohe landscape river. Assessment of enrichment and contamination degree of heavy metals was conducted by pollution load index method and enrichment factor method in Tuohe sediment, and the sources of heavy metals were identified by factor analysis. The results showed that: 1) except for V and Cr, the other elements were higher than the soil background values of Anhui Province, and the pollution load indexes (P_{LI}) ranged from 0.64 to 1.87 with an average value of 1.24, indicating moderate pollution according to classification criteria. 2) The order of the enrichment factor of heavy metals was Cu, As, Zn, Pb, Cr and V. Among them, Cr and V belonged to slight enrichment, and Cu, Zn, As and Pb belonged to moderate enrichment. 3) The results of factor analysis revealed that the correlation coefficients of six elements are positively correlated at the significance level, illustrating that they may have the same source. The first principal component factor are mainly controlled by Cu, Zn, Pb, Cr and V. Although the sources of Cr and V are disturbed by human activities, natural parent material is still the main source, and Cu, Zn and Pb mainly come from industrial production and transportation. The second principal component factor is mainly As, and its source should be the combustion of coal and other chemical fuels. In conclusion, the sediment of Tuohe Landscape river is polluted to a certain extent by heavy metals, especially Cu and Zn, and our results have some reference value for the environmental management of Tuo River in Suzhou City.

Keywords: heavy metal; pollution load index; enrichment factor; Tuo River

[责任编辑 赵晓华 陈留院]