

文章编号: 1000-5862(2014)06-0650-06

乐安河-鄱阳湖段水环境因子对重金属 Cu、Pb、Cd 迁移转化的影响

尚小龙¹ 余厚平¹ 陈朴青² 简敏菲^{1*}

(1. 江西师范大学生命科学学院 江西省亚热带植物资源保护与利用重点实验室 江西 南昌 330022;

2. 江西师范大学分析测试中心 江西 南昌 330022)

摘要: 选择乐安河-鄱阳湖段等典型湿地为研究区,在乐安河流域共设置16个典型样点,于2012年采集水样、底泥沉积物等样品,进行Cu、Pb、Cd等重金属污染的监测与评价,并对水体中pH值、总氮、总磷、COD等水质指标进行监测分析,探讨水体pH值、总氮、总磷、COD等水质指标对重金属Cu、Pb、Cd等污染物在水体及底泥沉积物中的迁移转化影响。结果表明:水环境因子中的总氮含量、总磷含量与水体中的Pb含量呈显著负相关;而水体总氮含量与水体的Cd含量呈显著正相关,且与土壤中的Cd含量呈显著负相关;水体COD含量与水样中的Cu含量呈显著正相关,水体pH值和水体中的Cu含量和水样中的Pb含量呈显著负相关。

关键词: 乐安河-鄱阳湖;水环境条件;重金属污染;迁移转化

中图分类号: X 53 **文献标志码:** A

0 引言

鄱阳湖是一个季节性、过水性、吞吐型湖泊,由赣江、抚河、信江、饶河和修水等5大水系组成。乐安河为饶河的主要支流,发源于婺源县东北部的五龙山脉西南麓,全长279 km,流域面积8 456 km²,流经婺源县、德兴市、乐平市、万年县、鄱阳县,在鄱阳县与昌江汇成饶河后流入鄱阳湖,饶河干流全长仅40 km^[1]。

乐安河上游两岸赋存丰富的金属矿产资源,伴随着矿产资源的开采与利用,大量矿山酸性废水汇入乐安河流域。以德兴铜矿为例,每年有近5 000万t的矿山酸性废水汇集成大坞河,大坞河水流全长14 km,最终排入乐安河,从而导致乐安河成为鄱阳湖5大水系中重金属污染最为严重的水域之一^[2-4]。重金属污染物具有难降解、易蓄积的特性,并且分布广泛,可以通过食物链富集,而成为具有潜在的、持久性的污染物。当重金属污染物在生物体内的积累量

达到一定程度时,会对生物产生毒害作用,严重威胁着人类及动物的身体健康^[5]。

重金属在水体中主要分为溶解态和颗粒态2种形态^[6],溶解态的重金属处于水相中,颗粒态的重金属处于固相中,主要是在水体底泥等沉积物中,重金属在水相和固相之间的迁移转化通过重金属的吸附-解吸、水解、沉淀等作用来完成,重金属的迁移转化过程受水环境中的pH值、COD、总氮和总磷等环境因子的影响,且影响程度各不相同。目前关于水环境因子对重金属迁移转化的研究文献较少,对利用重金属迁移转化来治理环境的研究也相对较薄弱,因此,研究各种水环境因子对重金属污染物迁移转化的影响也将成为水土生态环境中重金属污染研究的重要补充内容。本研究对乐安河-鄱阳湖段各典型区域采集水样、底泥沉积物样进行分析,研究水环境中的pH值、COD、总氮和总磷等环境因子对Cu、Pb、Cd等重金属污染物在水体、底泥及土壤中的迁移转化影响机制,以期乐安河流域重金属污染的防治与控制提供一定的基础数据与理论依据。

收稿日期: 2014-08-10

基金项目: 国家自然科学基金(41063003, 41161035), 国家科技部“十二五”科技支撑计划课题(2011BAC13B02)和江西省科技支撑计划(20133BBG70005)资助项目。

通信作者: 简敏菲(1969-),女,江西高安人,教授,博士,主要从事鄱阳湖湿地生态与环境监测与评价研究。

1 材料与方法

1.1 样点分布与样品来源

分别选择乐安河-鄱阳湖段不同典型区域共设置 16 个样点,样点区域涉及到乐安河的支流——大坞河和乐安河的上、中、下游各区域以及鄱阳湖入湖口等区域,采样点均采用 GPS 定位,样点位置示意图如图 1 所示。各样点分别为矿山重金属酸性废水汇集而成的大坞河所流经的铜矿生产区(D1)、铜矿生活区(D2)、大坞河汇入乐安河前的末端(D3)等,

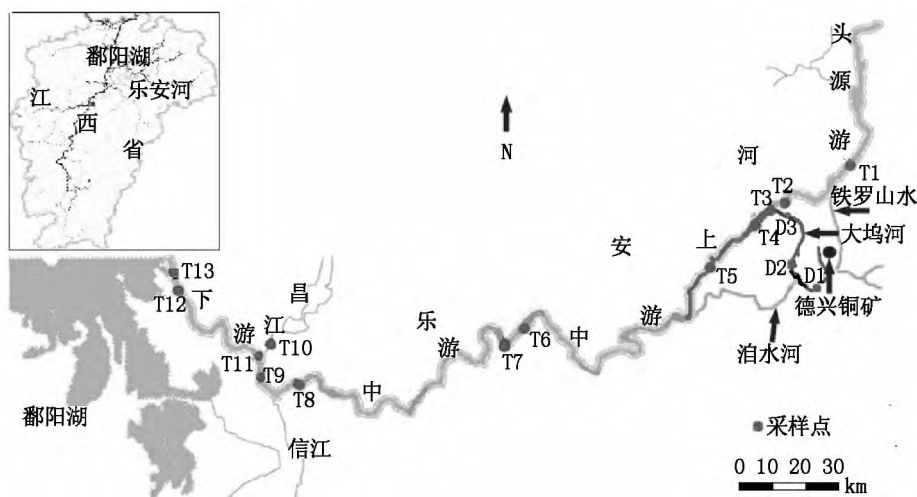


图1 乐安河-鄱阳湖各样点位置

1.2 样品预处理

底泥样或土壤样品带回实验室后挑除石子、贝壳、植物根系等杂物,抹平摊开经自然风干后,利用碾钵磨碎过 100 目尼龙筛,经缩分后再烘干,密封保存备用;测重金属离子的水样滴加质量分数为 0.2% 的硝酸固定后在 4℃ 环境下保存备用;其他水样带回实验室及时处理并测试相关指标。

需测试重金属的底泥或土壤样品利用微波消解系统中的全分解溶样法进行预处理^[7],应用上海新仪 MDS-8G 型多通量密闭微波化学工作站消解土壤样品,每个土壤样品称取 0.5 g,采用 $\text{HNO}_3\text{-HCl-H}_2\text{O}_2$ 酸消解体系,消解后样品经冷却、过滤并用超纯水定容,每个样品做 3 个平行消解样,并做空白对照,对样品测试结果进行质量控制^[8]。采用微波消解法消解需测试重金属含量的水样,与土壤样品的消解体系相似,主要区别在于水样微波消解的时间和程序不同^[9]。处理后的土壤样、水样等待测液分别采用美国 Varian 公司的 AA-240Z 型原子石墨炉分光光度计测定 Cu、Pb 和 Cd 等重金属含量。水样中 pH 值采用 PHS-2C 型 pH 计测定;水样化学需氧量(COD)的测定采用微波快速消解重铬酸钾滴定

乐安河自上游,经中、下游至鄱阳湖入湖口的各样点分别为:上游未受重金属污染的区域婺源县海口镇新桥渡口(T1)和德兴市太白镇(T2)、大坞河汇入乐安河的交汇区沽口村(T3)、交汇后 2 km 处的下沽口(T4)、香屯水文站(T5)、接渡大桥(T6)、乐平大桥(T7)、蔡家湾(T8)、清家湾(T9)、昌河红旗村(T10)、昌河与乐安河汇合后的姚公渡(T11)、鄱阳湖龙口入湖段(T12)、龙口三角洲(T13),乐安河流域水流方向为自东向西。每个样点分别选择 5 个随机平行样地,分别采集水样、底泥沉积物等样品。

法^[10];总氮(TN)与总磷的测定采用碱性过硫酸钾微波快速联合消解,并分别采用紫外分光光度法与磷钼蓝分光光度法测定^[11]。

1.3 主要仪器与试剂

美国 Varian 公司的 AA(240FS+240Z)型原子吸收光谱仪和 AA-240Z 型原子石墨炉分光光度计;上海新仪 MDS-8G 型多通量微波化学工作站;浓硝酸(G.R.)、浓盐酸(A.R.)、过氧化氢;高光谱纯重金属标准物质 Cu、Pb 和 Cd,配置标准储备液分别为:铜标准储备液 $1.000\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$;铅标准储备液 $1.000\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$;镉标准储备液 $1.000\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。测量各种理化因子的主要仪器:PHS-2C 型 pH 计;WXJ-III 型微波闭式 COD_{cr}、TN、TP 消解仪;试剂主要为 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 和 $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 等。

1.4 数据处理方法

重复实验数据都以均值±标准差($\text{Mean}\pm\text{SD}$)表示,水质指标数据和底泥沉积物中重金属 Cu、Pb、Cd 等含量数据经过开方反正弦转化达到正态分布后,采用相关性分析检验 4 种水环境因子(TN、TP、COD 和 pH 值)对水样、底泥沉积物中重金属的含量是否具有显著性影响^[12]。采用 SPSS(Version 19.0

以上) 统计学软件进行单因素方差分析和多重比较. 采用 ANOVA 方差分析检验 3 个不同水期(平水期、枯水期、丰水期) 土壤中重金属 Cu、Pb、Cd 等含量的差异与水体中 Cu、Pb、Cd 等含量的差异及其显著性.

2 结果与分析

2.1 典型区域内样点水样与土壤或底泥重金属含量

本研究选择的 16 个样点分别代表乐安河上游

未受重金属污染的区域(T1、T2)、完全受矿区重金属酸性污水影响的典型区域大坞河各样点(D1、D2、D3)、乐安河上游受重金属污染的区域(T3、T4、T5)、重金属污染衰减后的乐安河中下游区域(T6、T7、T8)、乐安河与昌河交汇成饶河区(T9、T10、T11) 及饶河入鄱阳湖湖口区(龙口段 T12、T13) 等各区域. 各样点水体与底泥沉积物重金属监测数据如表 1 所示, 并与地表水环境质量Ⅳ类标准及土壤环境质量 3 级标准(见表 2) 进行比较.

表 1 研究区水体与土壤或底泥沉积物重金属含量

编号	水样重金属含量/($\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)			土壤或底泥的重金属含量/($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)		
	Cu	Pb	Cd	Cu	Pb	Cd
D1	790.143 ± 0.113	5.298 ± 0.143	1.695 ± 0.213	512.651 ± 0.124	11.815 ± 0.103	1.676 ± 0.034
D2	780.312 ± 0.202	4.502 ± 0.323	1.650 ± 0.302	454.360 ± 0.103	10.578 ± 0.204	1.444 ± 0.101
D3	640.120 ± 0.304	3.901 ± 0.213	1.525 ± 0.204	423.124 ± 0.202	9.976 ± 0.102	1.331 ± 0.043
T1	18.010 ± 0.101	0.101 ± 0.123	0.165 ± 0.103	159.902 ± 0.041	5.390 ± 0.213	0.678 ± 0.072
T2	25.231 ± 0.304	0.801 ± 0.323	0.880 ± 0.231	182.494 ± 0.123	6.488 ± 0.121	0.731 ± 0.063
T3	531.010 ± 0.213	3.402 ± 0.213	1.530 ± 0.312	341.081 ± 0.211	8.783 ± 0.132	1.265 ± 0.064
T4	186.102 ± 0.132	2.599 ± 0.523	1.245 ± 0.125	307.020 ± 0.123	5.048 ± 0.123	1.261 ± 0.053
T5	56.210 ± 0.204	2.398 ± 0.341	0.650 ± 0.324	302.751 ± 0.112	4.916 ± 0.104	1.203 ± 0.032
T6	34.121 ± 0.102	2.399 ± 0.256	0.595 ± 0.213	290.639 ± 0.124	7.297 ± 0.303	3.517 ± 0.061
T7	43.023 ± 0.303	6.401 ± 0.143	1.330 ± 0.142	296.816 ± 0.213	8.640 ± 0.212	2.538 ± 0.052
T8	28.121 ± 0.401	4.399 ± 0.330	1.020 ± 0.121	44.337 ± 0.122	11.489 ± 0.203	1.960 ± 0.033
T9	31.212 ± 0.302	2.901 ± 0.401	0.880 ± 0.213	50.393 ± 0.101	9.674 ± 0.104	1.982 ± 0.104
T10	16.310 ± 0.101	5.899 ± 0.305	0.155 ± 0.124	22.007 ± 0.203	8.176 ± 0.313	0.898 ± 0.023
T11	26.213 ± 0.301	3.198 ± 0.204	0.715 ± 0.033	44.967 ± 0.104	7.227 ± 0.002	2.302 ± 0.001
T12	22.121 ± 0.102	4.169 ± 0.101	0.535 ± 0.102	25.073 ± 0.103	9.781 ± 0.001	2.469 ± 0.002
T13	24.012 ± 0.234	3.699 ± 0.203	0.935 ± 0.101	72.728 ± 0.202	8.249 ± 0.003	3.065 ± 0.002

表 2 地表水环境质量Ⅳ类标准与土壤
环境质量 3 级标准(重金属含量)

环境质量标准	Cu	Pb	Cd
地表水环境质量Ⅳ类标准 (GB 3838—2002)/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	≤1.0	≤0.05	≤0.005
土壤环境质量三级标准(GB 15618-1995)/($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	≤400.0	≤500.0	≤1.0

由表 1 可以看出, 乐安河流域各样点水体中的重金属含量均低于地表水环境质量Ⅳ类标准, 而大坞河段各样点水体重金属污染物浓度明显高于其他各样点. 大坞河段各样点(D1、D2、D3) 底泥沉积物中的重金属 Cu 含量均超过土壤环境质量 3 级标准. 乐安河自上游至中、下游各段样点底泥沉积物中重金属 Cu 与 Pb 含量均未超标; 但各样点中, 除乐安河上游未受重金属酸性污染影响的海口镇(T1)、德兴市太白镇(T2) 和昌河红旗村(T10) 等 3 个样点底泥沉积物中的 Cd 含量未超标外, 其余各样点的 Cd 含量均已超出土壤环境质量 3 级标准, 尤其是中、下游出现了一些样点的底泥中 Cd 含量高出乐

安河上游区域以及大坞河段样点底泥中的 Cd 含量. 这种异常现象的可能原因是中、下游区域在一定程度上存在其他更典型的重金属污染源. 这也反映出矿区排放的重金属酸性废水汇入大坞河后, 流经约 14 km 后, 酸性废水中的大部分重金属污染物经过扩散、稀释、吸附等过程沉积在底泥中, 重金属 Cu、Pb、Cd 等污染物自水体迁移至底泥沉积物中, 尤其是 Cu 污染物从水体向底泥沉积物中的迁移转化比较明显, 使得 Cu 在底泥中得到了较高的积累, 而沽口乐安河上游由于未受来自大坞河高浓度重金属酸性废水的污染, 水体和底泥中重金属含量比交汇后更低. 随着交汇后, 由于河水的冲稀, 在水体和土壤或底泥中各种重金属的含量均呈下降的趋势.

2.2 各样点 pH 值、TN、TP 和 COD 等水质指标分析

对乐安河至鄱阳湖段各样点水质指标 pH 值、TN、TP 和 COD 进行监测, 并与地表水环境质量Ⅳ类标准进行比较, 监测结果见表 3. 由表 3 可以看出, 由于受矿区酸性废水的污染, 乐安河—鄱阳湖段各段水质主要呈酸性, 在铜矿生产区大坞河段的河水酸

性最强,pH 值为 3.0~3.1,远远超出地表水环境质量Ⅳ类标准.随着大坞河水汇入乐安河后,沿流域方向的水体 pH 值呈上升的趋势;在沽口大坞河交汇前、大坞河与乐安河交汇处、香屯水文站(在香屯村庄下游)3 个连续样点水样的 COD 偏高,这说明水体受有机污染物的影响程度较高;该 3 个样点对应

的 TN、TP 比附近其他样点的 TN、TP 也更高,这说明该段河水已经富营养化.从表 3 中还可以看出,在两河交汇处,河水 TN、TP、水样 COD 都较高,均已经超过地表水环境质量Ⅳ类标准,这主要由于交汇处浮游生物与沉水植物比较丰富,而交汇处 pH 值介于交汇处上下游河水之间.

表 3 研究区域各个样点各种水环境条件

样点编号	TN/(mg·L ⁻¹)	TP/(mg·L ⁻¹)	水样 COD/(mg·L ⁻¹)	水样 pH 值
D1	4.436±0.323	0.065±0.011	28.882±0.051	3.0~3.1
D2	4.340±0.121	0.106±0.023	33.406±0.102	3.2~3.3
D3	5.183±0.101	0.006±0.001	12.875±0.203	4.5~4.7
T1	0.279±0.131	0.018±0.011	3.828±0.083	6.6~6.7
T2	0.873±0.213	0.018±0.003	8.351±0.204	6.2~6.3
T3	5.164±0.125	0.028±0.002	11.135±0.402	5.0~5.2
T4	1.601±0.234	0.036±0.002	31.666±0.207	5.9~6.0
T5	0.605±0.331	0.018±0.003	9.047±0.305	6.7~6.8
T6	0.777±0.212	0.012±0.001	12.527±0.204	6.3~6.4
T7	0.643±0.331	0.032±0.003	8.351±0.301	7.1~7.2
T8	4.244±0.124	0.371±0.002	15.311±0.302	5.4~5.5
T9	5.068±0.313	0.587±0.001	15.311±0.401	5.0~5.1
T10	1.218±0.220	0.077±0.002	6.264±0.501	7.0~7.1
T11	4.053±0.121	0.342±0.004	11.831±0.202	5.9~6.0
T12	4.129±0.342	0.379±0.002	11.832±0.302	5.7~5.8
T13	0.797±0.313	0.085±0.003	9.743±0.101	5.7~5.9
地表水环境质量Ⅳ类标准	1.500	0.300	30.000	6.0~9.0

2.3 水体 pH 值、TN、TP 及 COD 等水质指标对重金属迁移转化的影响分析

将水样中上述 pH 值、TN、TP 及 COD 等水质数据和水中重金属 Cu、Pb、Cd 的含量数据以及底泥沉积物中重金属 Cu、Pb、Cd 等含量数据经过开方反

正弦转化达到正态分布后,用相关性分析检验水体 pH 值、TN、TP 和 COD 等 4 种水质因子对水体和底泥中重金属的含量是否具有显著性影响,结果如表 4 所示.

表 4 研究区域各种水环境条件与水样或底泥中各种重金属含量的相关性分析

理化因素	相关系数					
	水体 Cu	水体 Pb	水体 Cd	底泥 Cu	底泥 Pb	底泥 Cd
水质 pH 值	-0.406*	-0.417*	-0.247	-0.138	-0.077	0.055
水质 TN	0.175	-0.266*	0.449*	-0.054	-0.079	-0.259*
水质 TP	-0.006	-0.343*	0.008	-0.286*	0.423*	0.154
水质 COD	0.168*	-0.083	0.149	-0.096	0.080	-0.165

2.3.1 水体 pH 值对重金属迁移转化的影响 由表 4 可以看出,水体 pH 值和水中重金属 Cu、Pb 的含量呈显著负相关,但与水体中 Cd 的含量相关性在统计学意义上不显著,与底泥沉积物中的各种重金属 Cu、Pb、Cd 的含量相关性在统计学意义上也

不显著.由于底泥沉积物或土壤中重金属 Cu 和 Pb 主要以碳酸盐和水合氧化物形态存在,当水体 pH 值越低,水样中 H⁺ 浓度增加,影响重金属碳酸盐的结合态,其次是铁锰水合氧化物结合态^[13],加速沉积物中重金属的释放,反之,当 pH 值升高时,使得

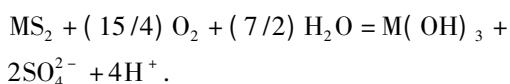
重金属化合物以碳酸盐化合物形式获得沉积,除此之外,当水体中 pH 值越接近中性时,Cu 的络合性增加会促进重金属由液相向固相的迁移转化。

2.3.2 水体 TN 和 TP 对重金属迁移转化的影响

总氮 TN 与总磷 TP 是衡量水质富营养化的重要指标,氮、磷超标易引起水体中微生物和浮游植物的大量繁殖,造成水体富营养化。表 4 结果显示,水质指标 TN 与水体中重金属 Pb 含量呈显著负相关,与水体中重金属 Cd 含量呈显著正相关,与底泥沉积物的 Cd 含量呈显著负相关;而 TP 与水体中重金属 Pb 含量及底泥沉积物中的 Cu、Pb 含量均呈显著负相关。其原因是土壤中 Cd 的环境容纳量比 Cu、Pb 更小,而土壤中的 Cd 又极易被植物吸收,资料表明:受重金属镉污染后的农田田水稻各器官对 Cd 的浓缩系数按根、杆、枝、叶鞘、叶身、稻壳、糙米的顺序递减^[14]。

水体中溶解性有机质(DOM)是总氮和总磷固相的表现形式,DOM 含量的大小在一定程度上也就意味着总氮与总磷的含量大小。有研究表明^[15]:水体中溶解性有机质(DOM)可以作为重金属迁移转化的重要载体,控制着重金属的迁移,而溶解性 DOM 一般含有羧基和羟基等官能团,与重金属易发生较强的共价性络合,形成稳定的络合物,导致重金属由液相(水体)向固相(土壤)的迁移转化;同时,在酸性水质中,总氮的超标会增加土壤中的腐殖酸,腐殖酸能够提高土壤重金属 Cd 的溶解度,提高土壤重金属 Cd 的活性,如溶解性胡敏酸(HA)和富里酸(FA),它们能够抑制微量金属在硅酸盐氧化物上的吸附,促进微量金属从粘土矿物的吸附点位上解离、溶解,促进 Cd 由固相向液相的迁移转化。

2.3.3 水样 COD 对重金属迁移转化的影响 由表 4 可以看出,水样 COD 与水样中 Cu 的含量呈显著正相关,而与水样中的其他重金属离子含量及底泥沉积物中的重金属离子含量在统计学意义上均不存在显著性关系。COD 即化学需氧量,它反映水体中还原性物质的含量大小,当水体中 COD 增加时,沉积物的氧化还原电位(E_h)升高,当沉积物周围环境其氧化还原电位升高时,水体中的硫化物被氧化生成 H^+ ,加速沉积物中重金属的释放^[16],土壤中金属硫化物的氧化效率和有机物降解率增加,具体反应方程式为



因此,一般情况下,水体 COD 的增加会促进重

金属由固相向液相的迁移转化,这导致重金属从底泥沉积物中解析释放。

3 结论与讨论

1) 乐安河-鄱阳湖段研究区水土环境受重金属 Cu、Pb、Cd 等污染物不同程度的污染,在各个样点,由于水环境条件的不同导致水体与底泥沉积物中重金属的含量不尽相同,这说明重金属的迁移转化有着其本身固有的特性,并受各种水环境条件的影响。

2) 对各样点水质指标监测结果表明:乐安河-鄱阳湖段有些样点的水质污染指标已超出地表水环境质量Ⅳ类标准,污染现状不容乐观,值得引起政府相关部门的关注,以便加强超标样点水域的监控和保护。另一方面,各种重金属元素的含量随着各样点对污染源的距离增大,呈现出衰减的趋势,即距污染源越远的区域,重金属含量越低,这反映出重金属污染物随着水体的流动而逐渐沉降削减,并表现出一定的消减规律。

3) 水体 pH 值、总氮、总磷及有机污染物等不同水环境因子对重金属在水体、底泥环境中的迁移转化的影响各不相同。总氮、总磷与水样中 Pb 的含量呈显著负相关,通过种植对重金属有富集作用的植物、增加水样中的 DOM、促进水样中的重金属向土壤迁移转化等措施,之后清除河泥,将可以达到净化水质、治理河床的作用;并且富集植物可以吸收土壤中的重金属,防止土壤中重金属的残余造成二次污染,从而达到既治标又治本的目的。同样, pH 值和水样 Cu、水样 Pb 呈负显著相关,通过向水体撒入适当碱性物质(如生石灰),这也可以达到净化水质的目的。

4 参考文献

- [1] 鄱阳湖研究编委会. 鄱阳湖研究 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1988.
- [2] 黄学平, 万金保. 乐安河水环境现状及其治理措施 [J]. 长江流域资源与环境, 2005(6): 770-774.
- [3] 曾凡萍, 肖化云, 周文斌. 乐安江河水和沉积物中 Cu, Pb, Zn 的时空变化特征及来源分析 [J]. 环境科学研究, 2007, 20(6): 14-20.
- [4] 胡春华, 李鸣, 夏颖. 鄱阳湖表层沉积物重金属污染特征及潜在生态风险评价 [J]. 江西师范大学学报: 自然科学版, 2011, 35(4): 427-430.
- [5] 郭笃发. 环境中铅和镉的来源及其对人和动物的危害

- [J]. 环境科学进展, 1994, 2(3): 71-76.
- [6] 王书航, 王雯雯, 姜霞, 等. 蠡湖沉积物重金属形态及稳定性研究 [J]. 环境科学, 2013, 34(9): 3562-3571.
- [7] 刘雷, 杨帆, 刘足根, 等. 微波消解 ICP-AES 法测定土壤及植物中的重金属 [J]. 环境化学, 2008, 27(4): 511-514.
- [8] 简敏菲, 徐鹏飞, 熊建秋, 等. 鄱阳湖-乐安河段湿地底质重金属污染风险及其水生植物群落多样性的评价 [J]. 生态与农村环境学报, 2013, 28(4): 415-421.
- [9] 周雪玲, 熊建秋, 简敏菲, 等. 乐安河-鄱阳湖湿地优势水生植物对重金属污染物的富集作用 [J]. 江西师范大学学报: 自然科学版, 2013, 37(2): 210-215.
- [10] 曹双喜, 刘静宇. 对微波消解法快速测定水样化学需氧量的探讨 [J]. 广东化工, 2009, 36(5): 169-171.
- [11] 林培喜, 安晓春. 微波消解联合测定水中总磷总氮 [J]. 中国给水排水, 2004, 20(3): 95-97.
- [12] 王小庆. 水环境条件对重金属迁移转化的影响 [J]. 洛阳工业高等专科学校学报, 2006, 16(1): 3-5.
- [13] Zhu Maoxu, Liu Juan, Yang Guipeng, et al. Reactive iron and its buffering capacity towards dissolved sulfide in sediments of Jiaozhou Bay, China [J]. Marine Environmental research, 2012, 80(6): 46-55.
- [14] 孙铁珩. 污染生态学 [M]. 北京: 科学出版社, 2002: 18-24.
- [15] Li Zhaoli, Zhou Lixiang. Cadmium transport mediated by soil colloid and dissolved organic matter: a field study [J]. Journal of Environmental Sciences-China, 2010, 22(1): 106-115.
- [16] 刘景春, 严重玲, 胡俊. 水体沉积物中酸可挥发性硫化物(AVS) 研究进展 [J]. 生态学报, 2004, 24(4): 812-818.

The Impact of Water Environmental Factors on the Migration and Transformation of Heavy Metals of Cu, Pb, Cd in Le'an River and Poyang Lake

SHANG Xiao-long¹, YU Hou-ping¹, CHEN Pu-qing², JIAN Min-fei^{1*}

(1. College of Life Science, Jiangxi Normal University, Jiangxi Provincial Key Lab of Protection and Utilization of Subtropical Plant Resources, Nanchang Jiangxi 330022, China;

2. Analysis and Testing Center, Jiangxi Normal University, Nanchang Jiangxi 330022, China)

Abstract: The typical wetland of Le'an River and Poyang Lake is selected as the research area, and 16 typical sampling sites in the Watershed of Le'an River are set up. Sediment samples and water samples are collected from different sampling sites in 2012, and detected the contents of Copper, Lead, Cadmium and other heavy metals pollutants of the all samples in order to evaluate the heavy metals pollution. Some water environmental factors of the water samples are also detected such as pH value, total nitrogen, total phosphorus, chemical oxygen demand (COD) and so on, in order to study the effects and impacts of the above water environmental factors on the migration and transformation of the above heavy metals from water to sediment. The results indicated that the contents of Lead in the water samples showed significant negative correlation with the contents of total nitrogen and total phosphorus of the water samples, and the contents of Cadmium in the water samples showed significant positive correlation with the contents of the total nitrogen in water samples, and the contents of Cadmium in the sediments samples showed significant negative correlation with the contents of the total nitrogen in water samples. The contents of chemical oxygen demand in the water samples showed significant positive correlation with the contents of Copper in the water samples, and the pH values of the water samples showed significant negative correlation with the contents of Copper and Lead in water samples.

Key words: Le'an River and Poyang Lake; water environmental conditions; heavy metals pollution; migration and transformation

(责任编辑: 曾剑锋)