

二百方子沼泽湿地沉积物重金属 分布特征研究*

王国平 刘景双

(中国科学院长春地理研究所, 长春 130021)

摘要 选取霍林河下游二百方子沼泽湿地为研究对象, 采用重力沉积芯采样钻孔采样与剖面切割采样相结合的方法, 采集了 8 个沉积柱芯及剖面, 对沉积物重金属元素 Cu、Zn、Cr、Ni、Co、Pb、Fe、Mn 及 pH、总有机碳(TOC)、全氮(TN)在剖面中的分布进行高分辨率研究。结果显示, 剖面上部沉积物表层沉积序列内已明显富集了 Fe、Mn、Zn 等重金属, 并与 TOC 含量呈显著相关。与此相反, 大多数沉积柱芯下层的重金属含量相对较低并接近地球化学天然背景水平。研究表明, 高分辨率取样易找出元素间相关性。越靠近河流, 淹没频率越高, 沼泽湿地表层沉积物中重金属元素含量越高。

关键词 重金属, 沉积物, 沼泽湿地

中图分类号 X142

沉积物可以看作是进入水体的多种化学物质, 特别是重金属的储存库和归宿地。根据不同时代、不同环境地区和不同水体部分的沉积物中所含元素, 尤其是重金属在数量、形态和结合类型上的差异, 可以揭示人为影响的历史过程, 追踪物质来源, 判断水体的水质状况变化趋势及环境影响等^[1]。

进入沼泽湿地的重金属污染物有许多不同来源, 包括大气沉降、废水排放、沥滤液和地表径流等。在湿地生态系统中, 沉积物逐渐被公认为最重要的污染物质的“汇”, 并可能成为未来污染物来源的载体——“源”之一^[2-8]。重金属并不永久固定在沉积物中, 它可能通过化学和生物学过程再循环返回水相^[9]。污染物在沉积物中的积累可能给周围地域带来严重的环境问题。现代沼泽湿地沉积不应仅被理解为表层沉积, 应视为沼泽湿地长期演化的结果, 它包含了流域环境变化与环境污染的信息。沼泽湿地沉积物重金属的研究能提供许多金属污染的历史和长期潜在环境影响信息^[10]。在地球化学与人为影响交互存在的流域, 采矿活动的下游沼泽湿地进行沉积芯重金属研究尤其有价值。我们将给出两种因素对沉积芯下层重金属自然背景值及其频繁大量地富集在表层沉积序列影响的例子^[2]。

近年来, 霍林河沿岸经济的逐渐发展导致越来越多的废物排放到环境中。霍林河上游分布着煤矿, 中游分布着铜矿、铁矿、锌矿、铅银矿等, 且有相当长的开采历史, 某些矿物

* 中国科学院知识创新工程项目“中国典型湿地水陆相互作用过程、资源环境效应及调控”(KZCX2-302)资助
收稿日期: 2000-12-08; 收到修改稿日期: 2001-11-23

质随着尾矿水或洪水连续或间断地排入霍林河,在一定条件下沉积在河道、河漫滩和洪泛湿地中。许多沉积矿物具有吸附重金属的能力,某些河湖湿地沉积物富集的重金属已达自然背景的10~100倍^[11]。霍林河是一条无尾河,霍林河流域是一闭流区域,二百方子沼泽湿地是霍林河下游河尾形成的湿地。湿地是流域物质的“汇”,湿地沉积环境印证了整个流域的变化^[7, 12, 13]。

本研究首次对霍林河下游沼泽湿地沉积物中重金属分布特征进行探讨,为进一步研究湿地沉积物中金属形态、可迁移性、环境影响、生态效应等奠定了基础。

1 研究区概况

霍林河下游进入松嫩平原南段的吉林省西部向海地区形成无尾河,河水漫流于沙丘间,形成面积大小不同的众多湖泊洼地沼泽与河滩湿地^[14]。二百方子沼泽湿地位于向海自然保护区内,以芦苇沼泽和沼泽化草甸为主。1989年向海被列为国家级自然保护区,并于1992年列入《国际重要湿地名录》。向海湿地是鸟类、尤其是珍稀水禽的迁徙、栖息与繁衍基地之一^[15]。霍林河中上游处于半干旱地带,上游分布着霍林河煤矿(全国五大露天煤矿之一),中游分布着铜矿、铁、锌、铅银矿等,中上游土地亦有200年左右的开发史,中、上游的某些陆源物质随着地表径流排入霍林河,在一定条件下沉积在下游河道、河漫滩和洪泛湿地中。霍林河下游处于半干旱向半湿润过渡地带,河尾形成的湿地沿河分布。

为揭示霍林河流域重金属的现代沉积记录,本研究选择霍林河下游左岸近岸回水地带的河漫滩与洪泛沼泽布设5个采样点,依次为EBFZ-1、EBFZ-2、EBFZ-3、EBFZ-4、EBFZ-5,沉积柱芯和剖面是沿垂直霍林河流向每隔约100m梯度横向设置的。分别代表了长年淹水区的外围与1年一遇洪泛区的交接处,1年一遇洪泛区,5年一遇洪泛区,10年一遇洪泛区,100年一遇洪泛区。与霍林河水力联系的频率是有差别的。另一个对照点为水源来自额穆泰河的乌兰泡(WLP)。采样点描述见表1。

表1 二百方子沼泽湿地与乌兰泡采样点位置与条件

Table 1 The sampling site locations and conditions in the EBFZ (Erbaifangzi) marsh wetlands and the Wulan Pond

采样点 Sampling sites	样点位置 Sampling location	样点描述 Conditions
二百方子		水源来自霍林河
EBFZ-1	44°56'12.0"N, 122°10'35.2"E; 177m	芦苇沼泽,位于向海自然保护区内,长年淹水区的外围与1年一遇洪泛区的交接处,钻孔深55cm,5cm切割11个样
EBFZ-2	44°56'14.6"N, 122°10'37.4"E; 181m	芦苇沼泽,位于向海自然保护区1年一遇洪泛区内,钻孔深120cm,10cm切割12个样
EBFZ-3	44°56'17.1"N, 122°10'39.6"E; 176m	芦苇沼泽,位于向海自然保护区5年一遇洪泛区内,钻孔深110cm,10cm切割11个样
EBFZ-4	44°56'19.4"N, 122°10'42.0"E; 180m	沼泽化草甸,位于向海自然保护区10年一遇洪泛区内,钻孔深110cm,10cm切割11个样
EBFZ-5	44°56'22.2"N, 122°10'43.3"E; 191m	沙丘、土岗,位于向海自然保护区100年一遇洪泛区内,剖面深120cm,10cm切割12个样
对照点: 乌兰泡		水源来自额穆泰河

续表

采样点 Sampling sites	样点位置 Sampling location	样点描述 Conditions
WLP-1	45° 9' 7.5" N, 121° 57' 7.8" E; 206m	香蒲、芦苇沼泽, 位于科尔沁自然保护区乌兰泡 1 年一遇洪泛区内, 剖面深 60cm, 20cm 切割 3 个样
WLP-2	45° 9' 7.4" N, 121° 57' 7.8" E; 206m	香蒲、芦苇沼泽, 位于科尔沁自然保护区乌兰泡 1 年一遇洪泛区内, 剖面深 80cm, 20cm 切割 4 个样
WLP-3	45° 9' 7.3" N, 121° 57' 7.8" E; 206m	香蒲、芦苇沼泽, 位于科尔沁自然保护区乌兰泡 1 年一遇洪泛区内, 剖面深 80cm, 20cm 切割 4 个样

2 样品的采集与分析

2.1 样品采集

于 2000 年 5 月进行野外采样。选取典型沉积剖面(GPS 定位) 进行高分辨率(样品以高密度分割) 研究。沉积样品的采集使用重力沉积芯采样钻(内径 40 mm, 单节长 60 cm、不锈钢钻内衬 PVC 管) 钻孔采样与剖面切割采样相结合的方法。分别采集了 8 个沉积柱芯和剖面, 视沉积柱芯和剖面情况以 5、10、20 cm 切割, 切割为 68 个样品(详见表 1), 盛于聚乙烯塑料袋中, 运回实验室, 进行沉积物重金属元素分析。

2.2 样品分析

沉积物样品带回实验室后, 置于塑料薄膜上, 趁半干状态把土块捏碎, 去除残根杂质, 铺成薄层, 经常翻动, 在阴凉处慢慢风干, 风干后用玛瑙球磨机粉碎, 过 200 目尼龙筛, 盛于聚乙烯塑料袋中待测。样品用王水消解, 用澳大利亚生产的 GBG-906 型原子吸收分光光度计测量, 每个沉积柱芯或剖面样品设 2 个平行样, 与国家标准参考物质(GSS-1) 对比, 沉积物中 Cu、Zn、Fe、Mn、Pb、Cr、Co、Ni 的回收率为 90% ~ 95%。

pH 采用电位法由 pHB-4 型酸度计测定, 总有机碳(TOC) 采用重铬酸钾氧化- 外加热法测定、全氮(TN) 采用半微量开氏法测定。

沉积物重金属元素及 pH、TOC、TN 分析共获得 748 个数据。

3 结果与讨论

3.1 重金属在沉积柱芯中的垂直分布

EBFZ-1~ 5 大都为潜育沼泽。沉积物重金属与理化性质在沉积柱芯中的垂直分布如图 1。

EBFZ-1、EBFZ-2、EBFZ-3, 20~ 25 cm 以上为草根层, 沉积物中 Cu、Zn、Cr、Ni、Co、Fe、Mn 含量波动较大, 大多数重金属从地表至此陡然减少; 25~ 30 cm 以下为潜育层与腐质泥层相间, 大多数重金属含量趋于稳定; TOC 从上层至下层逐渐减少, 在 25~ 30 cm 以下趋于稳定。

高含量的 Cu、Zn、Cr、Ni、Co、Fe、Mn 表现出在表层沉积序列内的极度富集。与此相反, 沉积柱芯下层的重金属浓度相对较低并接近地球化学天然背景水平^[2,3]。

EBFZ-4 为沼泽化草甸沉积柱芯。10~ 20 cm 以上为草根层, 沉积物中 Zn、Cr、Ni、Fe、Mn 含量波动较大, 呈陡然减少趋势; 20~ 30 cm 以下为淋溶层, 重金属分布 40~ 50 cm 出

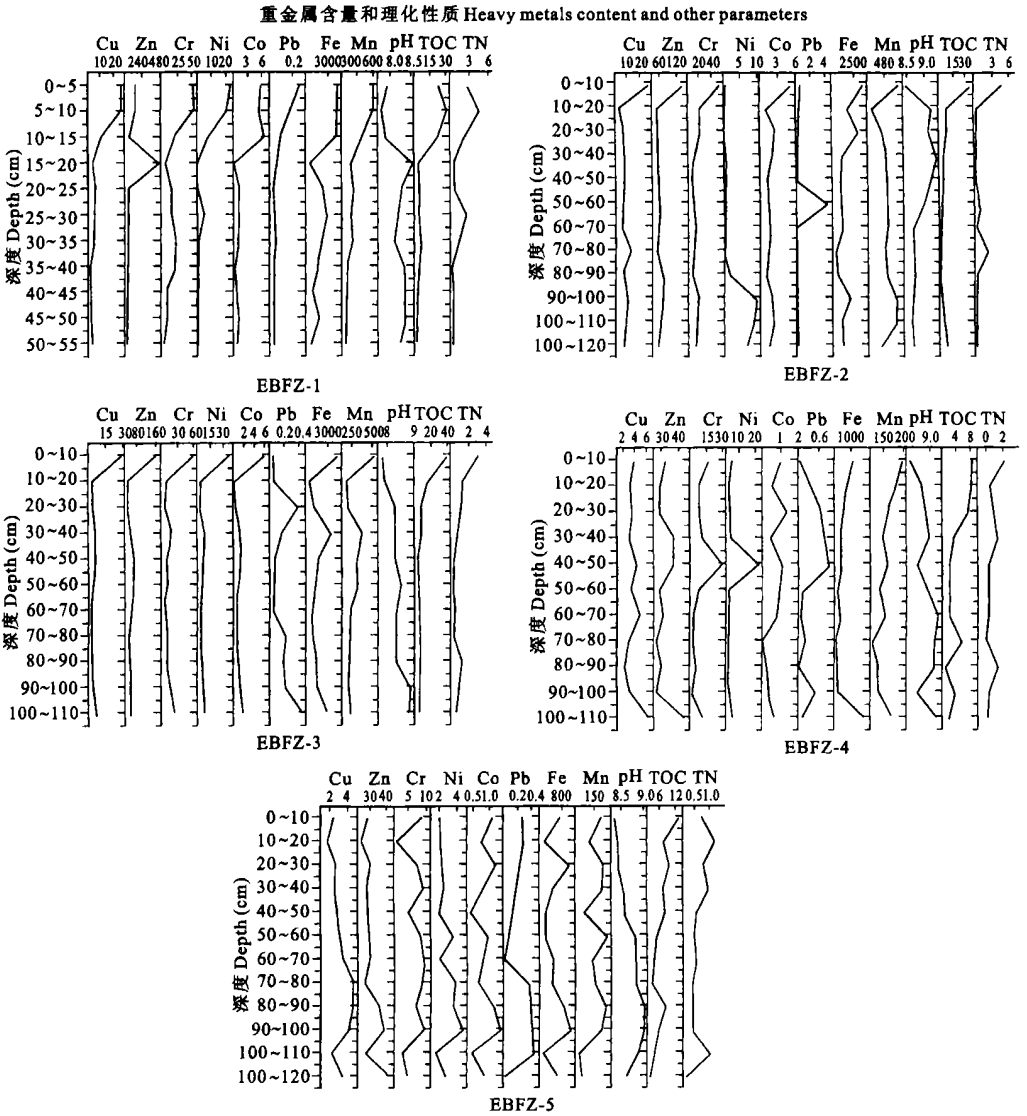


图1 二各方子沼泽湿地沉积物重金属元素与理化性质的剖面变化
 (Cu、Zn、Cr、Ni、Co、Pb、Mn 单位为 mg kg^{-1} , Fe、TOC、TN 单位为 g kg^{-1} , pH 无量纲)
 Fig. 1 Profile of heavy metals and other parameters in sediments from EBFZ marsh wetlands

现淀积层, Zn、Cr、Ni、Fe、Mn 含量增加, 50~ 60 cm 以下 Cu、Zn、Cr、Ni、Co、Pb、Fe、Mn 含量趋于稳定, 100~ 110 cm 以下 Cu、Zn、Cr、Ni、Fe、Mn 又出现淀积。

EBFZ-5 为沙丘、土岗剖面。剖面无明显分层。Cu、Pb 含量相对稳定, Zn、Cr、Ni、Co、Fe、Mn 含量有波动; pH 值在 90~ 100 cm 以上呈递增趋势, 其后呈递减趋势。

EBFZ-4、EBFZ-5 沉积物中重金属浓度与 EBFZ-1、EBFZ-2、EBFZ-3 沉积柱芯下层的重金属浓度处在同一范围, 表明在此样区没有较多的人为污染物的输入。

对照点 WLP-1、WLP-2、WLP-3 沉积物重金属与理化性质在沉积剖面中的垂直分布

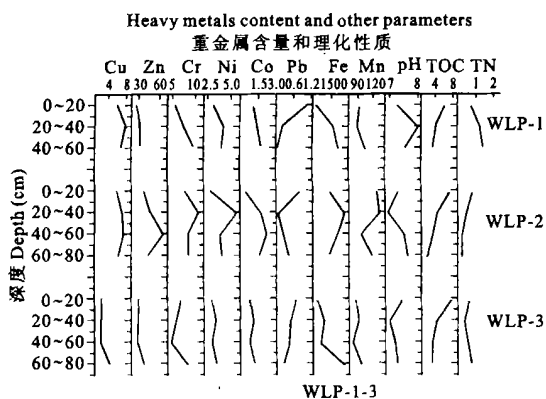


图2 乌兰泡湿地沉积物重金属元素与理化性质的剖面变化

(Cu、Zn、Cr、Ni、Co、Pb、Mn 单位为 mg kg^{-1} , Fe、TOC、TN 单位为 g kg^{-1} , pH 无量纲)

Fig. 2 Profile of heavy metals and other parameters in sediments from Wulan Pond

金属浓度空间的变化能反映出沉积物混合来自不同的起源并且污染来自多样的污染源。

与霍林河经常有水力联系的 EBFZ-1、EBFZ-2、EBFZ-3 沉积柱芯上层 Zn、Fe、Mn 含量高于 EBFZ-4、EBFZ-5 和对照点 WLP-1、WLP-2、WLP-3 沉积柱芯或剖面几倍至十几倍。霍林河下游的二百方子沼泽湿地沉积物富集了重金属, 河尾湿地是流域物质的“汇”。

仅有上层沉积柱芯沉积物呈现上述规律, 说明来自霍林河的重金属输入发生在较近年代, 这与霍林河上游、中游煤矿、金属矿等有几十年的开采历史是吻合的。

霍林河流域下游湿地的 EBFZ 1~5 沉积柱芯或剖面的沉积物 pH 值明显高于对照点(水源来自额穆泰河的 WLP-1~3 剖面)的沉积物 pH 值, 这从一个侧面说明霍林河流域盐碱化程度重于额穆泰河流域。

3.2 不同水力梯度条件下沉积剖面重金属分布状况对比

由图 1、图 2 分析可知, EBFZ 1、EBFZ-2、EBFZ 3 沉积柱芯上层 Zn、Fe、Mn 含量明显高于 EBFZ-4、EBFZ 5 沉积柱芯和剖面, Fe、Mn 高于 10 倍以上。体现了从 EBFZ 5 至 EBFZ 1 越靠近河流, 洪水淹没频率越高, 重金属元素含量越高。而 EBFZ-4、EBFZ 5 沉积柱芯及剖面上层 Zn、Fe、Mn 含量与对照点 WLP 1、WLP-2 和 WLP-3 剖面 Fe、Mn 含量相当, 说明剖面沉积物未受到霍林河来水污染影响, 或影响很小。

3.3 相关分析

表 2、表 3 给出了每个沉积芯或剖面化学参数间的皮尔逊(Pearson) 相关系数。

如图 2, 20~40 cm 以上为草根层, 沉积物中 Cu、Zn、Cr、Ni、Co、Fe、Pb、Mn 含量呈现波动; 20~40 cm 以下为潜育层与腐质泥层相间, 一些元素趋于稳定; TOC 从上层至下层逐渐减少; 对照点沉积物中重金属浓度与 EBFZ-1、EBFZ 2、EBFZ 3 沉积柱芯下层的重金属浓度处在同一范围。

Cu、Zn、Cr、Pb 等重金属被认为是其它来源尤其是人类活动引起的金属污染很好的指示器。上述金属含量低表明在此区域没有较多的人为污染物的输入^[16]。

不同沉积柱芯和剖面重金属元素分布规律表现的相似性, 反映它们处于同一沉积环境或污染源相同^[3]。位于不同地理位置的湿地具有不同的重金属浓度反映人为污染程度的差异^[7]。Forstner^[17]曾提出

表2 二百万子沉积芯及剖面化学参数间的皮尔逊相关系数

Table 2 Pearson coefficients between chemical parameters for sediments from EBFZ marsh wetlands

		EBFZ-1 (n = 11)					相关系数 Pearson coefficients				
	Cu	Zn	Cr	Ni	Co	Pb	Fe	Mn	pH	TOC	TN
Cu	1.000										
Zn	0.169	1.000									
Cr	0.935**	0.066	1.000								
Ni	0.987**	0.165	0.916**	1.000							
Co	0.829**	-0.007	0.738**	0.833**	1.000						
Pb	0.963**	0.295	0.897**	0.969**	0.807**	1.000					
Fe	0.991**	0.148	0.942**	0.982**	0.785**	0.944**	1.000				
Mn	0.971**	0.206	0.932**	0.951**	0.880**	0.938**	0.943**	1.000			
pH	-0.804**	0.218	-0.800**	-0.789**	-0.881**	-0.715*	-0.777**	-0.852**	1.000		
TOC	0.920**	0.118	0.867**	0.902**	0.927**	0.859**	0.904**	0.952**	-0.901**	1.000	
TN	0.823**	0.056	0.814**	0.826**	0.735**	0.712*	0.823**	0.857**	-0.854**	0.865**	1.000
		EBFZ-2 (n = 12)					相关系数 Pearson coefficients				
	Cu	Zn	Cr	Ni	Co	Pb	Fe	Mn	pH	TOC	TN
Cu	1.000										
Zn	0.909**	1.000									
Cr	0.844**	0.895**	1.000								
Ni	-0.016	0.021	-0.032	1.000							
Co	0.899**	0.910**	0.925**	-0.006	1.000						
Pb	-0.010	0.045	-0.067	-0.200	-0.030	1.000					
Fe	0.905**	0.951**	0.963**	-0.145	0.941**	0.021	1.000				
Mn	0.696*	0.709**	0.467	0.398	0.678*	0.040	0.530	1.000			
pH	-0.539	-0.538	-0.385	-0.454	-0.399	0.111	-0.391	-0.619*	1.000		
TOC	0.846**	0.886**	0.954**	-0.112	0.910**	-0.025	0.974**	0.416	-0.330	1.000	
TN	0.946**	0.837**	0.813**	-0.231	0.803**	0.085	0.877**	0.490	-0.502	0.821**	1.000
		EBFZ-3 (n = 11)					相关系数 Pearson coefficients				
	Cu	Zn	Cr	Ni	Co	Pb	Fe	Mn	pH	TOC	TN
Cu	1.000										
Zn	0.972**	1.000									
Cr	0.963**	0.898**	1.000								
Ni	0.997**	0.978**	0.965**	1.000							
Co	0.986**	0.961**	0.971**	0.990**	1.000						
Pb	-0.284	-0.433	-0.128	-0.297	-0.223	1.000					
Fe	0.995**	0.970**	0.961**	0.993**	0.977**	-0.279	1.000				
Mn	0.851**	0.877**	0.802**	0.871**	0.857**	-0.423	0.841**	1.000			
pH	-0.503	-0.488	-0.377	-0.470	-0.372	0.557	-0.523	-0.435	1.000		
TOC	0.919**	0.869**	0.889**	0.901**	0.857**	-0.343	0.930**	0.692*	-0.708*	1.000	
TN	0.863**	0.790**	0.830**	0.830**	0.805**	-0.179	0.872**	0.570	-0.606*	0.938**	1.000

续表

		EBFZ-4 (n = 11)					相关系数 Pearson coefficients				
	Cu	Zn	Cr	Ni	Co	Pb	Fe	Mn	pH	TOC	TN
Cu	1.000										
Zn	0.707*	1.000									
Cr	0.258	0.554	1.000								
Ni	0.243	0.433	0.892**	1.000							
Co	0.389	0.240	0.564	0.390	1.000						
Pb	-0.141	0.141	0.469	0.561	0.245	1.000					
Fe	0.756**	0.697*	0.268	0.019	0.281	-0.270	1.000				
Mn	0.476	0.388	0.482	0.173	0.563	-0.060	0.729*	1.000			
pH	0.249	0.179	-0.510	-0.366	-0.365	-0.357	-0.009	-0.461	1.000		
TOC	-0.132	-0.325	0.009	-0.220	0.194	0.045	0.197	0.547	-0.511	1.000	
TN	-0.328	0.001	0.183	-0.135	0.161	-0.095	0.130	0.412	-0.395	0.353	1.000

		EBFZ-5 (n = 12)					相关系数 Pearson coefficients				
	Cu	Zn	Cr	Ni	Co	Pb	Fe	Mn	pH	TOC	TN
Cu	1.000										
Zn	0.626*	1.000									
Cr	0.564	0.460	1.000								
Ni	0.763**	0.661*	0.543	1.000							
Co	0.334	0.685*	0.524	0.576	1.000						
Pb	0.258	0.304	-0.235	0.353	0.165	1.000					
Fe	0.476	0.765**	0.551	0.516	0.870**	0.294	1.000				
Mn	0.384	0.429	0.679*	0.618*	0.805**	-0.102	0.620*	1.000			
pH	0.730*	0.596	0.227	0.592	0.084	0.352	0.147	0.033	1.000		
TOC	-0.354	0.044	-0.043	-0.236	0.432	0.034	0.377	0.321	-0.673*	1.000	
TN	-0.841**	-0.622*	-0.653*	-0.693*	-0.352	0.011	-0.404	-0.404	-0.569	0.210	1.000

* 显著相关 Correlation at 0.05 level, ** 极显著相关 Correlation at 0.01 level

表3 乌兰泡沉积剖面化学参数间的皮尔逊相关系数

Table 3 Pearson coefficients between chemical parameters for sediments from Wulan Pond

		WLP-1 (n = 3)					相关系数 Pearson coefficients				
	Cu	Zn	Cr	Ni	Co	Pb	Fe	Mn	pH	TOC	TN
Cu	1.000										
Zn	0.884	1.000									
Cr	0.408	0.787	1.000								
Ni	0.923	0.996	0.729	1.000							
Co	0.533	0.866	0.990	0.818	1.000						
Pb	-0.771	-0.979	-0.896	-0.957	-0.950	1.000					
Fe	0.726	0.963	0.924	0.935	0.969	-0.998*	1.000				
Mn	-0.285	0.195	0.758	0.106	0.659	-0.390	0.452	1.000			
pH	0.984	0.786	0.238	0.838	0.372	-0.644	0.591	-0.453	1.000		
TOC	-0.721	-0.961	-0.927	-0.932	-0.971	0.997*	-1.000**	-0.459	-0.585	1.000	
TN	0.780	0.982	0.890	0.961	0.945	-0.999**	0.997*	0.377	0.655	-0.996	1.000

续表

		WLP-2 (n= 4)				相关系数 Pearson coefficients					
	Cu	Zn	Cr	Ni	Co	Pb	Fe	Mn	pH	TOC	TN
Cu	1.000										
Zn	0.886	1.000									
Cr	0.553	0.105	1.000								
Ni	0.601	0.201	0.951*	1.000							
Co	0.858	0.805	0.430	0.627	1.000						
Pb	- 0.870	- 0.602	- 0.806	- 0.902	- 0.880	1.000					
Fe	0.824	0.484	0.885	0.809	0.560	- 0.846	1.000				
Mn	- 0.450	- 0.806	0.470	0.302	- 0.551	0.125	0.128	1.000			
pH	- 0.257	0.155	- 0.793	- 0.567	0.112	0.356	- 0.748	- 0.690	1.000		
TOC	- 0.410	- 0.429	- 0.170	- 0.464	- 0.820	0.605	- 0.088	0.454	- 0.465	1.000	
TN	- 0.475	- 0.522	- 0.139	- 0.431	- 0.858	0.618	- 0.111	0.542	- 0.487	0.994**	1.000

		WLP-3 (n= 4)				相关系数 Pearson coefficients					
	Cu	Zn	Cr	Ni	Co	Pb	Fe	Mn	pH	TOC	TN
Cu	1.000										
Zn	0.986*	1.000									
Cr	0.876	0.944	1.000								
Ni	0.700	0.698	0.596	1.000							
Co	0.661	0.675	0.605	0.995**	1.000						
Pb	- 0.725	- 0.621	- 0.347	- 0.772	- 0.704	1.000					
Fe	0.944	0.900	0.725	0.846	0.800	- 0.898	1.000				
Mn	0.830	0.866	0.838	0.936	0.941	- 0.639	0.862	1.000			
pH	0.316	0.370	0.493	- 0.391	- 0.393	0.325	- 0.005	- 0.060	1.000		
TOC	- 0.317	- 0.180	0.130	- 0.557	- 0.486	0.883	- 0.588	- 0.288	0.637	1.000	
TN	0.594	0.540	0.434	- 0.138	- 0.203	- 0.270	0.404	0.053	0.763	- 0.005	1.000

* 显著相关 Correlation at 0.05 level, ** 极显著相关 Correlation at 0.01 level

EBFZ-1、EBFZ-2、EBFZ-3 沉积柱芯化学参数间的相关性类似,大多数重金属存在着显著相关性并且均与 TOC 呈显著相关。EBFZ-4、EBFZ-5 沉积剖面,几种重金属存在着显著正相关,但数目少于前述沉积柱芯。WLP-1、WLP-2、WLP-3 几乎没有重金属存在着显著正相关。

从相关分析一个侧面可见,沉积柱芯或剖面取样分辨率低则看不出元素间很好的相关性,如 WLP-3、WLP-2、WLP-1,但高分辨率取样易于找出元素间相关性。

沉积柱芯或剖面中相关化学元素越多,说明来自同一相对稳定外源污染的可能性越大并且污染物分布类型越相近^[3],如 EBFZ-1、EBFZ-2、EBFZ-3。而 WLP-1、WLP-2、WLP-3 等剖面中化学元素相关性小,是其反证之一。

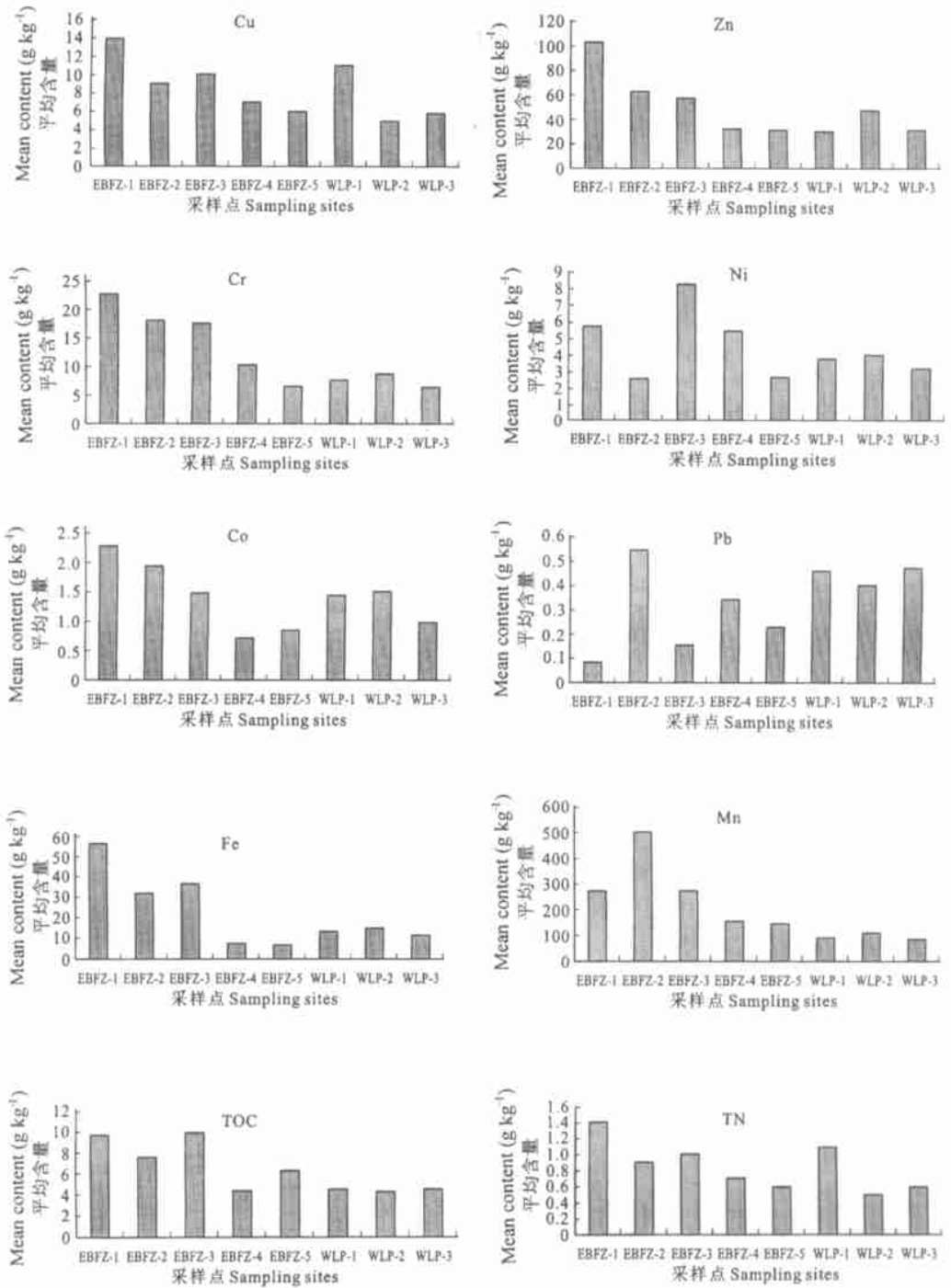


图3 沉积柱芯和剖面重金属元素及相关理化性质空间分布

Fig. 3 Spatial distribution of heavy metals and other parameters in sediment cores and profiles

此外, 那些水源来自同一相对稳定外源污染的沉积柱芯中的重金属与 TOC 表现出更显著的相关性。沉积物中有机物数量是影响其中重金属含量的因素之一。

从相关分析的另一个侧面也说明: 相关化学元素多的沉积柱芯或剖面所处的样地, 如 EBFZ 1、EBFZ 2、EBFZ 3 等, 是流域污染监测的理想解剖点位。

3.4 重金属的空间分布差异

由图 3 分析可知, 除上层沉积柱芯沉积物呈现规律外(见 3.1), 沉积柱芯和剖面重金属元素平均值(Mean)也反映出相似规律。

除 EBFZ 4、EBFZ 5 外, 与霍林河经常有水力联系的沉积柱芯 EBFZ 1、EBFZ 2、EBFZ 3 重金属元素含量明显高于 WLP 剖面, 除 Pb 外, Cu、Zn、Cr、Ni、Co、Fe、Mn 等重金属均呈现这一趋势, 某些元素高出数倍, 由此说明: 霍林河污染重于额穆泰河; 霍林河下游沼泽湿地沉积物富集了重金属, 河尾湿地是流域物质的“汇”。

重金属含量高主要由于人类活动的输入, 包括市政的、工业的和农业的排出物。沉积物包含着来自河流上游区域的冲积沉淀物, 二百方子沼泽湿地主要人类活动金属输入来自霍林河流域采矿废水与市政污水, 其上游分布着大型露天煤矿与霍林河市, 中游分布着铜矿、铁矿、锌矿、铅银矿等。

4 结 论

霍林河下游二百方子沼泽湿地沉积物表层沉积序列内已明显富集了 Zn、Fe、Mn 等重金属, 河尾沼泽湿地是流域物质的“汇”。越靠近河流, 洪水淹没频率越高, 沼泽湿地沉积芯中重金属元素含量越高。

EBFZ 1、EBFZ 2、EBFZ 3 沉积芯中 Cu、Zn、Cr、Ni、Co、Fe、Mn 含量表现出在表层沉积序列内的极度富集, 并与 TOC 含量呈显著相关。与此相反, 大多数沉积柱芯下层的重金属含量相对较低并接近地球化学天然背景水平。仅有上层沉积柱芯沉积物呈现富集规律, 说明来自霍林河的重金属较多输入发生在较近年代, 这与霍林河上游、中游煤矿、金属矿等有几十年的开采历史是吻合的。

沉积柱芯或剖面取样分辨率低则看不出元素间很好的相关性, 但高分辨率取样易于找出元素间相关性。沉积柱芯或剖面中相关化学元素越多, 说明来自同一相对稳定外源污染的可能性越大并且污染物分布类型越相近。此外, 那些水源来自同一相对稳定外源污染的沉积柱芯中的重金属与 TOC 表现出更显著的相关性。沉积物中有机物数量是影响其重金属含量的因素之一。相关分析的另一个侧面也说明, 相关化学元素多的沉积柱芯或剖面所处的样地是流域污染监测的理想解剖点位。

重金属在湿地沉积芯中的空间分布差异分析表明霍林河污染重于相对未受污染的额穆泰河。二百方子沼泽湿地主要人类活动金属输入可能主要来自霍林河流域采矿废水及城市污水。

本研究初步揭示了受上游采矿活动影响的霍林河下游沼泽湿地沉积物重金属时空分布和变化趋势, 为进一步研究湿地沉积物中金属形态、可迁移性、环境影响、生态效应等奠定了基础。

参 考 文 献

1. 谢贤群,王立军. 水环境要素观测与分析. 北京: 中国标准出版社, 1998. 70~ 73
2. Forstner U, Wittmann G T W. *Metal Pollution in the Aquatic Environment*. Berlin: Springer-Verlag, 1979
3. Hakanson L, Jansson M. *Principles of Lake Sedimentology*. Berlin: Springer-Verlag, 1983
4. Harbison P. Mangrove muds— a sink and a source for trace metals. *Marine Pollution Bulletin*, 1986, 17: 246~ 250
5. Horowitz A J. *A Primer on Sediment-Trace Element Chemistry*. Chelsea, MI, USA: Lewis Publishers, 1991
6. Ramses van Ryssen, Martine Leemakers, Willy Baeyens. The mobilisation potential of trace metals in aquatic sediments as a tool for sediment quality classification. *Environmental Science & Policy*, 1999, 2: 75~ 86
7. Tan N F Y, Wong Y S. Spatial Variation of heavy metals in surface sediments of Hong Kong mangrove swamps. *Environmental Pollution*, 2000, 110: 195~ 205
8. Otero X L, Huerta-Diaz M A, Macias F. Heavy metal geochemistry of saltmarsh soils from the Ria of Ortigueira. *Environmental Pollution*, 2000, 110: 285~ 296
9. Tessier A, Campbell P. Partitioning of trace metals in sediments. In: Kramer J R, Allen H E. eds. *Metal Speciation: Theory, Analysis and Application*. Chelsea, MI, USA: Lewis Publishers, 1988. 183~ 199
10. Li Xiang-dong, Onyx W H Wai, Y S Li. Heavy metal distribution in sediment profiles of the Pearl River estuary, South China. *Applied Geochemistry*, 2000, 15: 567~ 581
11. 李任伟. 沉积物污染和环境沉积学. *地球科学进展*, 1998, 13(4): 398~ 402
12. Tam N F Y, Wong Y S. Retention and distribution of heavy metals in mangrove soils receiving wastewater. *Environmental Pollution*, 1995, 94: 283~ 291
13. Philip N Owens, Walling D E, Graham J L Leeks. Use of floodplain sediment cores to investigate recent historical changes in overbank sedimentation rates and sediment sources in the catchment of the River Ouse, Yorkshire, UK. *Catena*, 1999, 36: 21~ 47
14. 赵魁义, 孙广友, 杨永兴. *中国沼泽志*. 北京: 科学出版社, 1999. 255~ 261
15. 周密, 崔痒, 孙丽华. 向海湿地环境及保护对策, *中国湿地研究和保护*. 上海: 华东师范大学出版社, 1998. 324~ 330
16. Vertacnik R D, Redely C, Jay C Bell. Behaviour of some trace elements in alluvial sediments, Zagerb water-well field area, Croatia. *Water Research*, 1995, 29: 237~ 246
17. Forstner U. Contaminated sediments. In: Bhattacharji S, Friedmann G M, Neugebauer H J eds. *Lecture Notes in Earth Sciences*. Berlin: Springer-Verlag, 1989

DISTRIBUTION OF HEAVY METALS IN SEDIMENT FROM THE EBFZ (ERBAIFANGZI) MARSH

Wang Guo-ping Liu Jing-shuang

(*Changchun Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130021*)

Summary

Eight sediment cores collected with gravity corer and sediment profiles dug by handed-tools from the EBFZ marsh downstream of the Huolin River were studied with high-resolution distribution of heavy metal (Cu, Zn, Cr, Ni, Co, Pb, Fe, Mn), pH, TOC and TN. The results showed that Zn, Fe and Mn were enriched in the upper part of the sedimentary sequence and significantly correlated with TOC. On the contrary, heavy metal contents in most of the deeper layers of sediment cores were relatively lower and closed

to geochemical background levels. Correlation between elements was easier to identify with high-resolution sampling. Heavy metal contents in the upper layers are higher in sediments that are closer to river and have high flooding frequency.

Key words Heavy metal, Sediment, Marsh wetlands

征 订 启 事

《中国农业科学》中、英文版是中国农业科学院主办的全国性、综合性、学术性期刊。主要刊登农牧业基础科学和应用科学研究论文。主要栏目有作物遗传育种·种质资源; 植物保护; 生理生态·耕作栽培; 土壤肥料·节水灌溉; 园艺; 贮藏·保鲜·加工; 畜牧·兽医; 综述与专论; 研究简报, 快讯等。读者对象主要是国内外农业科学研究所、农业院校, 以及综合性大学等有关农业科学研究与管理人员。

《中国农业科学》中、英文版 2003 年均为月刊, 大 16 开, 120 页, 国内外公开发行。中文版国内统一刊号: CN11-1328/S, 国际标准刊号: ISSN 0578-1752, 邮发代号: 2-138, 国外代号: BM43。定价 22.00 元, 全年定价 264.00 元; 英文版国内统一刊号: CN11-4720/S, 国际标准刊号: ISSN 1671-2927。邮发代号 2-851, 国外代号: 1591M, 国内定价 25.00 元, 全年 300.00 元, 国外定价 25.00 美元, 全年定价 300.00 美元。广告经营许可证: 京海工商广字第 0178 号。编辑部地址: 北京中关村南大街 12 号, 邮政编码: 100081; 电话: (010) 68919808 68975146 68976244; 传真: 68976244; 电子邮件: zgnykx@mail.caas.net.cn; 网址: <http://www.ChinaAgriSci.com>