

湖南株洲市土壤重金属分布特征及污染评价

息朝庄 戴塔根 黄丹艳

(中南大学 地学与环境工程学院, 湖南 长沙 410083)

摘要:对株洲市土壤重金属 Cu、Pb、Zn、Cd、Cr、Hg、As 污染现状进行了调查与评价。结果表明:①株洲市 60 个样品中 Cd 已达到重度污染程度,污染严重;Cu、Hg、As 处于中度污染;Pb、Zn、Cr 属于轻度污染。内梅罗综合污染指数也已达重污染。②不同土地利用类型土壤中各重金属含量由高到低变化如下:Cu、Zn、Cr 为水田→菜地→旱地;Pb、Hg、As 为旱地→水田→菜地;Cd 为菜地→旱地→水田。③不同土壤类型中各重金属含量由高到低变化如下:Zn、Cd、As 为潮土→粘土→红壤;Pb、Hg 为粘土→潮土→红壤;Cr 为红壤→潮土→粘土;Cu 为潮土→红壤→粘土。

关键词:土壤重金属;污染;评价;株洲市

中图分类号:S151.9*3

文献标志码:A

文章编号:1000-3657(2008)03-0524-07

土壤中重金属的富集会对动植物以及人类健康产生影响^[1]。所以,近年来人们越来越重视土壤环境质量的变化^[2]。在全国很多地方都开展了针对土壤质量的土壤重金属调查和评价,并取得了大量的基础资料^[3-7]。笔者以 Cu、Pb、Zn、Cr、Cd、Hg、As 等重金属为例,通过野外调查与室内试验分析,对株洲市土壤中 Cu、Pb、Zn、Cr、Cd、Hg、As 等重金属含量的系统分析研究,揭示其污染状况并做出相应评价,以期能为株洲市土壤生态环境管理提供依据。

1 研究区概况

研究区位于湖南省东部,湘江中游,地理坐标为东经 112.6~114°,北纬 26~28°。北向武汉,南瞰广州,东接浙、赣、沪,西靠连云港、贵、川,是长(沙)、株(洲)、潭(湘潭)金三角经济一体化的重要一角。现辖醴陵市、株洲县、攸县、茶陵县、炎陵县和天元区、芦淞区、荷塘区、石峰区及国家级株洲高新技术产业开发区。全市总面积 1.14 km²,总人口 370 万,其中市区人口 68 万。

株洲是江南最大的交通枢纽,水、陆、空交通十分便利,京广、浙赣、湘黔 3 条铁路干线在这里交汇。

交通的便捷,使株洲又成为江南物流、人流、信息流中心。经过 50 年的建设,株洲已形成了以冶金、机械、化工、建材为支柱,以国有大中型企业为骨干,以原材料生产和制造工业为主体,高新技术产业加快发展的工业体系。

2 采样方法与评价

2.1 样品采集与处理方法

根据株洲市土壤的分布情况(图 1),以城区为中心,环城由近及远设定采样点,为每平方千米采集 3 个样品混合成一个样品,取样重量不小于 500 g。采样时先挖一个深度 20~30 cm 的坑,采集 0~20 cm 的土壤剖面即可。共取样 60 个。

采用自然干燥方式干燥样品,将风干样品用木棒压碎,拣去瓦砾残茬等杂物,以四分法留下土样 100 g(其余保存于样品袋中),用玛瑙研磨机进行研磨,过-180 目尼龙筛,再充分混匀,装入小牛皮纸袋中待测。

2.2 测定方法

由国土资源部湖南分析测试中心、中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所和中南大学地学

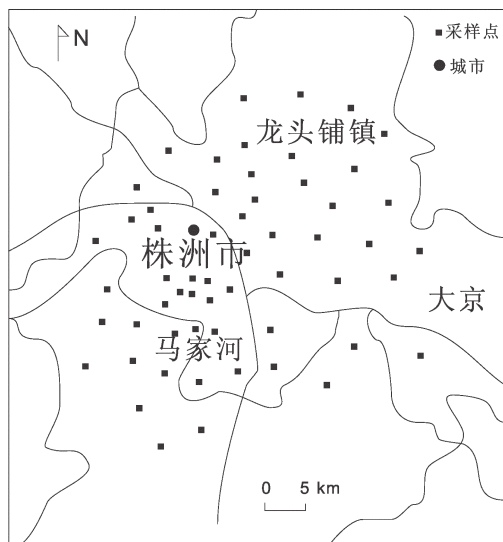


图 1 株洲市土表样分布图

Fig.1 Distribution of topsoil samples in Zhuzhou

院实验室分析,执行标准为“DD2005-1 多目标区域地球化学调查规范”。铜、铅、锌、镉、铬的测定,用 HF-HClO₄-HNO₃ 消化,原子吸收分光光度法^[28];汞、砷的测定,用硫酸-高锰酸钾消解法对土壤进行消解,冷原子吸收法^[28]。

2.3 评价标准

采用《土壤环境质量标准》(GB15618-1995)中国家二级标准作为环境质量的标准(表 1)。

2.4 评价方法

本研究采用单因子污染指数法和内梅罗(Nemerow)污染综合指数法来评价土壤污染状况。单因子污染指数的计算公式:

$$P_i = C_i / S_i$$

式中: P_i 为 i 污染物指数; C_i 为 i 污染物实测值; S_i 为 i 污染物评价标准。

表 1 土壤环境质量标准 (GB 15618-1995) (mg/kg)
Table 1 Soil environmental quality standard (mg/kg) (GB 15618-1995)

pH	Cd	Hg	As	Cu	Pb	Zn	Cr
<6.5	0.3	0.3	30	50	250	200	120
6.5~7.5	0.6	0.5	25	100	300	250	120
>7.5	1	1	20	100	350	300	120

内梅罗(Nemerow)污染综合指数法:一种兼顾极值的综合方法,既考虑了单元素的作用,又突出了污染最严重元素的重要性,即

$$P = \sqrt{\frac{1}{2} \left\{ \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \right)^2 + [\max(P_i)]^2 \right\}}$$

式中: P 为土壤综合指数; n 为评价因子个数;

$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i$ 为元素污染指数的平均值; $\max(P_i)$ 为元素污染指数的最大值。

2.5 土壤质量分级

土壤质量分级标准^[29]:综合污染指数全面反映了各污染物对土壤污染的不同程度,同时充分考虑了高浓度物质对土壤环境质量的影响。笔者用综合污染指数反映 Cu、Pb、Zn、Cr、Cd、Hg、As 7 种重金属的综合污染程度,因而评定土壤质量等级更客观。在评价时可兼顾考虑单项污染指数,以表示某一有害物质的影响,单项污染指数越高的元素对综合污染指数的贡献率和影响就越大。结合研究区实际和相关标准,将土壤污染等级进行划分(表 2)。

3 结果与分析

3.1 株洲市土壤重金属含量分布特征

3.1.1 株洲市土壤污染物含量

对株洲市土壤污染元素进行分析(表 3)。从表 3 可知全市 60 个点, pH 值变化范围为 4.0~8.5, 总体是偏酸性;铜的平均含量为 37.4mg/kg, 变化为 12.4~139.2mg/kg;铅的平均含量为 86mg/kg, 变化为 21~599mg/kg;锌的平均含量为 141mg/kg, 变化为 46~489mg/kg;镉的平均含量为 0.61mg/kg, 变化为 0.04~6.76mg/kg;铬的平均含量为 91mg/kg, 变化为

表 2 土壤污染指数分级

Table 2 Grading of soil pollution indexes

等级	P	污染水平
1	≤0.7	清洁
2	0.7~1.0	尚清洁
3	1.0~2.0	超过背景值, 视轻污染, 作物开始受污染
4	2.0~3.0	土壤、作物均受到中度污染
5	≥3.0	污染已相当严重

表 3 60 个样品土壤污染物含量(mg/kg)
 Table 3 Content (mg/kg) of pollutants in 60 soil samples

项目	Cu	Pb	Zn	Cd	Cr	Hg	As	pH
平均值	37.4	86	141	0.61	91	0.208	20.68	6
范围	12.4~139.2	21~599	46~489	0.04~6.76	42~198	0.057~1.080	8.93~81.46	4.0~8.5
标准差	19.6	95	98	0.94	35	0.195	11.3	1.4
变异系数	0.52	1.1	0.7	1.54	0.38	0.94	0.55	0.23

42~198mg/kg;汞的平均含量为 0.208mg/kg,变化为 0.057~1.080mg/kg;砷的平均含量为 20.68mg/kg,变化为 8.93~81.46mg/kg。

其中各重金属超标数分别为:Cu(5 个),Pb(1 个),Zn(7 个),Cd(21 个),Cr(7 个),Hg(9 个),As(8 个)。超标率分别为:Cu(8.3%),Pb(1.7%),Zn(11.7%),Cd(35.0%),Cr(11.7%),Hg(15%),As(13.3%)。

3.1.2 株洲市不同土地利用类型土壤重金属含量

根据株洲市不同土地利用类型,将其分为水田,菜地,旱地 3 类。从不同土地利用类型土壤看(表

4),各重金属平均含量的关系分别从高至低为:

Cu、Zn、Cr 含量从水田→菜地→旱地逐渐降低;Pb、Hg、As 含量从旱地→水田→菜地逐渐降低;Cd 含量从菜地→旱地→水田也有逐渐降低趋势。

3.1.3 株洲市不同土壤类型重金属含量水平

从不同土壤类型看(表 5),株洲市不同土壤类型重金属平均含量也有从高至低变化特征:

Zn、Cd、As 含量从潮土→粘土→红壤逐渐降低;Pb、Hg 含量从粘土→潮土→红壤以及 Cr 含量从红壤→潮土→粘土与 Cu 含量从潮土→红壤→粘

表 4 株洲市不同土地利用类型土壤重金属含量(mg/kg)
 Table 4 Heavy metal contents (mg/kg) in soils of different land use types in Zhuzhou City

土壤类型	样品数/个	项目	pH	Cu	Pb	Zn	Cd	Cr	Hg	As
旱地	21	平均值	5.5	31.7	113.7	122	0.67	76	0.238	22.34
		范围	4.0~8.4	12.4~57.4	24.0~599.3	54~486	0.07~6.76	42~198	0.057~1.080	8.93~48.64
		标准差	1.4	12.1	141.3	98	1.43	35	0.24	11.3
水田	24	平均值	6.9	41.5	82	163	0.46	101	0.224	20.84
		范围	4.9~8.5	18.4~70.3	24.6~292.6	75~489	0.04~2.26	45~183	0.076~0.825	11.07~81.46
		标准差	1.3	16.3	56.9	92	0.44	39	0.191	14.14
菜地	15	平均值	5.4	38.7	52.9	134	0.79	95	0.143	18.12
		范围	4.8~8.5	15.7~139.2	21.3~145.8	46~393	0.10~1.88	49~138	0.057~0.391	11.96~27.50
		标准差	0.9	29.8	42.6	106	0.64	22	0.109	4.04

表 5 不同土壤类型重金属含量(mg/kg)
 Table 5 Heavy metal contents (mg/kg) in different types of soil

土壤类型	取样数	项目	pH	Cu	Pb	Zn	Cd	Cr	Hg	As
潮土	19	平均值	5.8	42.5	75.8	169	0.88	96	0.217	26.63
		范围	4.7~8.5	15.7~139.2	22.2~292.6	62~489	0.11~2.26	49~183	0.061~0.720	12.92~81.46
		标准差	1.3	29.5	66.6	121	0.64	37	0.167	15.86
粘土	25	平均值	5.9	32.8	116.4	132	0.65	77	0.22	19.55
		范围	4.0~8.5	12.4~57.4	24.0~599.3	54~486	0.07~6.67	42~198	0.057~1.080	8.93~48.64
		标准差	1.5	11.2	129	90	1.31	33	0.224	8.56
红壤	16	平均值	6.5	38.4	50	122	0.24	104	0.18	15.4
		范围	5.0~8.5	18.4~68.3	21.3~82.4	46~294	0.04~0.57	67~175	0.057~0.825	11.07~21.24
		标准差	1.4	13.9	22.2	72	0.16	32	0.192	2.57

土均有从高到低的变化。

3.2 株洲市土壤环境质量评价

3.2.1 株洲市土壤重金属污染指数

根据株洲市 60 个样品测定结果, 计算 7 种重金属元素单项污染指数及内梅罗综合污染指数(表 6)。

从表 6 可看出, 株洲市单因子污染指数: Cd 污染程度已经属于重污染, 污染已相当严重; Cu、Hg、As 污染程度属于中污染, 土壤、作物均受到中度污染; Pb、Zn、Cr 污染程度属于轻度污染, 超过背景值, 作物开始受到污染。内梅罗综合污染指数已达重污染, 应当引起有关部门高度重视。

3.2.2 不同土地利用类型土壤环境质量评价

根据株洲市不同土地利用类型土壤含量计算其单因子污染指数和内梅罗综合污染指数(表 7)。

从表 7 可以看出, 株洲市旱地中 Cd 污染程度属重污染, 污染已相当严重; Hg 污染程度属中污染, 土壤、作物均受到中度污染; Pb、Zn、Cr、As 污染程度属轻度污染, 超过背景值, 作物开始受到污染; Cu 污染程度属警戒线, 属尚清洁区。内梅罗综合污染指数属重污染。

水田: Cd、As 污染程度属中污染, 土壤、作物均受到中度污染; Zn、Cr、Hg 污染程度属轻度污染, 超过背景值, 作物开始受到污染; Pb 污染程度属警戒线, 属尚清洁区; Cu 污染程度属安全, 属清洁区。内梅罗综合污染指数属中污染。

菜地: Cd 污染程度属重污染, 污染已相当严重; Cu 污染程度属中污染, 土壤、作物均受到中度污染; Zn 属轻度污染, 超过背景值, 作物开始受到污染; Cr、Hg、As 污染程度属警戒线, 属尚清洁区; Pb 污染程度属安全, 属清洁区。内梅罗综合污染指数属重污染。

从土壤重金属单项污染指数、内梅罗综合污染指数对比图(图 2)可看出, 株洲市土壤中重金属 Pb、Zn、Cd、Hg 等单项污染指数与综合污染指数与旱地相近, 均大于水田及菜地, 其他重金属污染指数相差不多。

3.2.3 不同土壤类型污染指数

根据株洲市 3 种不同土壤类型样品测定结果(表 8)可看出, 潮土: Cd 污染程度属重污染, 污染已相当严重; Cu、As 污染程度属中金属, 土壤、作物已受到中度污染; Zn、Cr、Hg 污染程度属轻度污染, 超出背景值, 已开始受到污染; Pb 污染程度属警戒线, 属尚清洁区。内梅罗综合污染指数属重污染。

表 6 株洲市土壤污染指数
Table 6 Pollution index of soils in Zhuzhou

P(Cu)	P(Pb)	P(Zn)	P(Cd)	P(Cr)	P(Hg)	P(As)	综合指数 P
2.0	1.7	1.8	16.0	1.3	2.6	2.0	11.6

表 7 不同土地利用类型土壤内梅罗综合污染指数
Table 7 Nemerow comprehensive pollution indices of soils of different land use types

类型	P(Cu)	P(Pb)	P(Zn)	P(Cd)	P(Cr)	P(Hg)	P(As)	综合污染指数(P)
旱地	0.9	1.7	1.7	16.0	1.2	2.6	1.3	11.6
水田	0.6	0.7	1.5	2.7	1.2	1.2	2.4	2.2
菜地	2.0	0.4	1.5	4.8	1.0	1.0	0.8	3.6

表 8 不同土壤类型重金属污染指数
Table 8 Pollution indices of heavy metals in different soil types

类型	P(Cu)	P(Pb)	P(Zn)	P(Cd)	P(Cr)	P(Hg)	P(As)	综合污染指数(P)
潮土	2.1	0.9	1.8	5.6	1.2	1.8	2.0	4.3
粘土	0.9	1.7	1.8	16.0	1.3	2.6	1.2	11.6
红壤	0.6	0.2	0.9	0.7	1.2	1.2	0.7	1.0

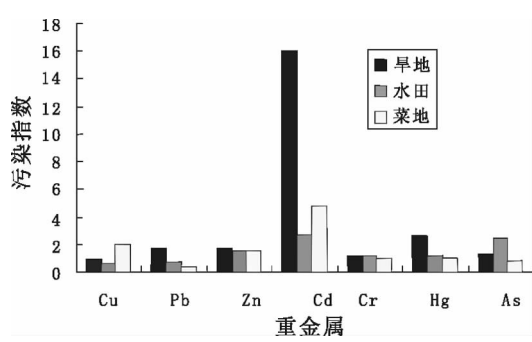


图 2 不同土地利用类型土壤污染指数对比
Fig.2 Comparison of soil pollution indices for different land use types

粘土: Cd 污染程度属重污染, 污染已相当严重; Hg 污染程度属中金属, 土壤、作物已受到中度污染; Pb、Zn、Cr、As 污染程度属轻度污染, 超出背景值, 已开始受到污染; Cu 污染程度属警戒线, 属尚清洁区。内梅罗综合污染指数属重污染。

红壤: Cr、Hg 污染程度属轻度污染, 超出背景值, 已开始受到污染; Zn、Cd、As 污染程度属警戒

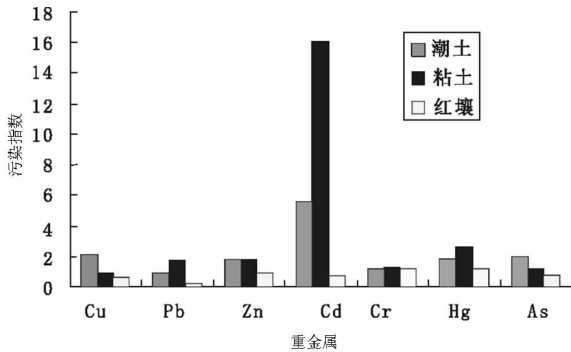


图3 不同土壤类型污染指数对比
Fig.3 Comparison of pollution indices of different types of soil

线,属尚清洁区;Cu、Pb 污染程度安全,属清洁区。内梅罗综合污染指数属警戒线。

从土壤重金属单项污染指数、内梅罗综合污染指数对比图(图3)可看出,湘潭市土壤重金属 Pb、Zn、Cd、Cr、Hg 单项污染指数及综合污染指数与粘土相近均高出红壤的重金属污染指数。

4 结论

(1)株州市 60 个样品中总体 Cd 污染程度已经属于重污染;Cu、Hg、As 污染程度属于中污染,土壤、作物均受到中度污染;Pb、Zn、Cr 污染程度属于轻度污染,超过背景值,作物开始受到污染。内梅罗综合污染指数(P)已达重污染。

(2)株州市不同土地利用类型土壤、不同类型土壤与株州市综合污染指数进行比较,结果表明 Cd、Hg、As、Cu 污染突出,应当引起有关部门高度重视。污染原因有待进一步研究确定。

参考文献(References):

- [1] McLaughlin M J, Parker D R, Clarke J M. Metals and micronutrients—food issues [J]. *Field Crop Research*, 1999, 60:143–163.
- [2] Wong S C, Li X D, Zhang G, et al. Heavy metals in agricultural soils of the Pearl River Delta, South China [J]. *Environmental Pollution*, 2002, 119:33–44.
- [3] 钟晓兰, 周生路, 李江涛, 等. 长江三角洲地区土壤重金属污染的空间变异特征—以江苏省太仓市为例[J]. *土壤学报*, 2007, 44(1): 33–40.
Zhong Xiaolan, Zhou Shenglu, Li Jiangtao, et al. Spatial variability of soil Heavy metals contamination in the Yangtze river delta—A case study of Taicang city in Jiangsu Province [J]. *Acta Pedologica*

Sinica, 2007, 44(1):33–40(in Chinese with English abstract).

- [4] 邵学新, 黄标, 孙维侠, 等. 长江三角洲典型地区工业企业的分布对土壤重金属污染的影响[J]. *土壤学报*, 2006, 43(3):397–404.
Shao Xuexin, Huang Biao, Sun Weixia, et al. Effect of industrial distribution on soil heavy metal accumulation in a typical area of the Yangtze River delta [J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2006, 43 (3):397–404(in Chinese with English abstract).
- [5] 施泽明, 倪师军, 张成江. 成都市郊典型蔬菜中重金属元素的富集特征[J]. *地球与环境*, 2006, 34(2):52–56.
Shi Zeming, Ni Shijun, Zhang Chengjiang. The characteristics of heavy metal enrichment in representative vegetables in Chengdu [J]. *Earth and Environment*, 2006, 34 (2):52–56 (in Chinese with English abstract).
- [6] 刘玉燕, 刘敏, 刘浩峰. 城市土壤重金属污染特征分析[J]. *土壤通报*, 2006, 37(1):184–188.
Liu Yuyan, Liu Min, Liu Haofeng. Analysis on characteristics of heavy metal pollution in urban soil [J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2006, 37(1):184–188(in Chinese with English abstract).
- [7] 曹会聪, 王金达, 张学林. 东北农田黑土中 Cd、Pb、As 含量空间分异特征分析[J]. *土壤通报*, 2007, 38(2):341–346.
Cao Huicong, Wang Jinda, Zhang Xuelin. Spatial distribution characteristics of Cd, Pb and As contents in the farm land Black soil in the Northeast of China [J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2007, 38(2):341–346(in Chinese with English abstract).
- [8] 郑国璋, 岳乐平, 李智佩, 等. 关中平原黑惠灌区土壤重金属污染调查与评价[J]. *土壤通报*, 2006, 37(2):337–339.
Zheng Guozhang, Yue Leping, Li Zhipei, et al. Investigation and assessment of soil pollution by heavy metals in the Heihe irrigated area in the Guanzhong Plain [J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2006, 37(2):337–339(in Chinese with English abstract).
- [9] 叶伟何, 赖启宏. 广东某地区镉污染特征 [J]. *地球与环境*, 2006, 34(3):83–86.
Ye Weihe, Lai Qihong. Cd pollution in a certain area of Guangdong Province and its characteristics [J]. *Earth and Environment*, 2006, 34(3):83–86(in Chinese with English abstract).
- [10] 龙安华, 刘建军, 倪才英, 等. 贵溪冶炼厂周边农田土壤重金属污染特性及评价[J]. *土壤通报*, 2006, 37(6):1212–1217.
Long Anhua, Liu Jianjun, Ni Caiying, et al. Assessment on the characteristics of Heavy metals contaminated farm land soil around Guixi Smeltery Jiangxi Province [J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2006, 37(6):1212–1217(in Chinese with English abstract).
- [11] 邓秋静, 宋春然, 谢峰, 等. 贵阳市耕地土壤重金属分布特征及评价[J]. *土壤*, 2006, 38(1):53–60.
Deng Qiujing, Song Chunran, Xie Feng, et al. Distribution and evaluation of heavy metals in cultivated soil of Guiyang [J]. *Soils*, 2006, 38(1):53–60(in Chinese with English abstract).
- [12] 史文娇, 汪景宽, 边振兴, 等. 黑龙江北部土壤中主要重金属和微量元素状况及其评价[J]. *土壤通报*, 2005, 36(6):880–883.
Shi Wenjiao, Wang Jingkuan, Bian Zhenxing, et al. Distribution and evaluation of main Heavy metals and available micro elements

- in soils in the Northern Area of Heilongjiang Province [J]. Chinese Journal of Soil Science, 2005, 36 (6):880-883 (in Chinese with English abstract).
- [13] 李亮亮, 依艳丽, 王延松, 等. 葫芦岛市连山区、龙港区土壤重金属空间分布及污染评价[J]. 土壤通报, 2006(3):495-499.
Li Liangliang, Yi Yanli, Wang Yansong, et al. Spatial distribution of soil heavy metals and pollution evaluation in Lianshan Country and Longgang Country, Huludao City [J]. Chinese Journal of Soil Science, 2006(3):495-499(in Chinese with English abstract).
- [14] 王明兆, 王鸿欣, 薛莉. 江阴市耕地重金属污染及其评价 [J]. 土壤, 2006, 38(4):470-476.
Wang Mingzhao, Wang Hongxin, Xue Li. Heavy metal pollution of the farmland of Jiangyin City and its evaluation [J]. Soils, 2006, 38(4):470-476(in Chinese with English abstract).
- [15] 陈凤, 濮励杰. 昆山市农业土壤基本性质与重金属含量及二者的关系[J]. 土壤, 2007, 39(2):291-296.
Chen Feng, Pu Lijie. Relationship between heavy metals and basic properties of agricultural soils in Kunshan County [J]. Soils, 2007, 39(2):291-296(in Chinese with English abstract).
- [16] 白世强, 卢升高. 洛阳城区及郊区土壤中 Pb 的分布特征及化学形态研究[J]. 土壤通报, 2007, 38(3):544-548.
Bai Shiqiang, Lu Shenggao. The distribution and chemical speciation of Lead in urban and suburb soil of Luoyang city [J]. Chinese Journal of Soil Science, 2007, 38(3):544-548(in Chinese with English abstract).
- [17] 黄辉, 檀满枝, 周峰, 等. 南通市城市边缘带土壤重金属污染现状及评价[J]. 土壤, 2007, 39(2):286-290.
Huang Hui, Tan Manzhi, Zhou Feng, et al. Status and assessment of heavy metal pollution of soils in the Peri-urban Nantong [J]. Soils, 2007, 39(2):286-290(in Chinese with English abstract).
- [18] 姚春霞, 陈振楼, 许世远, 等. 上海市浦东新区蔬菜地土壤重金属含量及评价[J]. 土壤, 2005, 37(5):517-522.
Yao Chunxia, Chen Zhenlou, Xu Shiyuan, et al. Heavy metal contents in and evaluation of vegetable soils in Pudong new district of Shanghai [J]. Soils, 2005, 37(5):517-522(in Chinese with English abstract).
- [19] 赖德芳. 漳州市耕地重金属污染评价[J]. 土壤肥料, 2005, 6:15-20.
Lai Defang. Evaluation on heavy metal pollution of cropland in Zhangzhou [J]. Soils and Fertilizers, 2005, 6:15-20(in Chinese with English abstract).
- [20] 王世纪, 简中华, 罗杰. 浙江省台州市路桥区土壤重金属污染特征及防治对策[J]. 地球与环境, 2006, 34(1):35-43.
Wang Shiji, Jian Zhonghua, Luo Jie. Characteristics of and countermeasures controlling heavy metal pollution of soils in Luqiao, Taizhou, Zhejiang [J]. Earth and Environment, 2006, 34(1):35-43(in Chinese with English abstract).
- [21] 李章平, 陈玉成, 杨学春, 等. 重庆市主城区街道地表物中重金属的污染特征[J]. 水土保持学报, 2006, 20(1):114-138.
Li Zhangping, Chen Yucheng, Yang Xuechun, et al. Heavy metals contamination of street dusts in core zone of Chongqing municipality [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2006, 20 (1):114-138(in Chinese with English abstract).
- [22] 杨蕾, 李春初, 田向平. 珠江磨刀门河口表层沉积物中重金属含量及其分布特征[J]. 生态环境, 2006, 15(3):490-494.
Yang Lei, Li Chunchu, Tian Xiangping. Concentrations and content distribution of heavy metals in surface sediments in Modaomen distributary mouth of Pearl River estuary [J]. Ecology and Environment, 2006, 15 (3):490-494 (in Chinese with English abstract).
- [23] 黄勇, 郭庆荣, 任海, 等. 珠江三角洲典型地区蔬菜重金属污染现状研究—以中山市和东莞市为例 [J]. 生态环境, 2005, 14(4):559-561.
Huang Yong, Guo Qingrong, Ren Hai, et al. Investigation of heavy metal pollution in vegetables in the Pearl River delta: A case study of Zhongshan and Dongguan [J]. Ecology and Environment, 2005, 14(4):559-561(in Chinese with English abstract).
- [24] 廖启林, 吴新民, 翁志华, 等. 南京多目标地球化学调查基本成果及其相关问题初探[J]. 中国地质, 2004, 31(1):70-77.
Liao Qilin, Wu Xinmin, Weng Zhihua, et al. Basic results of multi-target geochemical survey in the Nanjing area and its relevant problems [J]. Geology in China, 2004, 31 (1):70-77 (in Chinese with English abstract).
- [25] 朱立新, 马生明, 王之峰, 等. 平原多目标地球化学调查异常查证及生态效应评价方法[J]. 中国地质, 2004, 31(4):431-435.
Zhu Lixin, Ma Shengming, Wang Zhifeng, et al. The method for anomaly inspection and ecological appraisal in multi-purpose geochemical survey in plain areas [J]. Geology in China, 2004, 31 (4):431-435(in Chinese with English abstract).
- [26] 廖启林, 金洋, 吴新民, 等. 南京地区土壤元素的认为活动环境富集系数研究[J]. 中国地质, 2005, 32(1):141-147.
Liao Qilin, Jin Yang, Wu Xinmin, et al. Artificial environmental concentration coefficients of elements in soils in the Nanjing area [J]. Geology in China, 2005, 32(1):141-147(in Chinese with English abstract).
- [27] 廖启林, 金洋, 黄顺生, 等. 江苏省耕作层土壤磷素分布特征初步研究[J]. 中国地质, 2006, 33(6):1411-1417.
Liao Qilin, Jin Yang, Huang Shunsheng, et al. Distribution characteristics of phosphorus in topsoil of Jiangsu [J]. Geology in China, 2006, 33(6):1411-1417(in Chinese with English abstract).
- [28] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999.
Lu Rukun. Analysis Method of Soil Agricultural Chemistry [M]. Beijing: Chinese Agriculture Science and Technology Press, 1999 (in Chinese).
- [29] 刘凤枝. 农业环境监测实用手册 [M]. 北京: 中国标准出版社, 2001:590-597.
Liu Fengzhi. Practical manual of Agro-environmental Monitoring [M]. Beijing: Chinese Standard Press, 2001:590-597(in Chinese).

Distribution and pollution assessments of heavy metals in soils in Zhuzhou, Hunan

XI Chao-zhuang, DAI Ta-gen, HUANG Dan-yan

(School of Geosciences and Environmental Engineering, Central South University, Changsha 410083, Hunan, China)

Abstract: Investigation and assessments of pollutions of heavy metals such as Cu, Pb, Zn, Cd, Cr, Hg and As in Zhuzhou City were carried out. The results show the following: (1) The Cd pollution of all the 60 samples from Zhuzhou City has been heavy, the pollution of Cu, Hg and As is moderate, and the pollution of Pb, Zn and Cr is slight. The Nemerow comprehensive pollution index also shows heavy pollution. (2) The heavy metal contents in soils of different land use types decrease as follows: the Cu, Zn, and Cr contents decrease from paddy field→vegetable field→dry land; Pb, Hg and As, dry land→paddy field→vegetable field; and Cd, vegetable field→dry land→paddy field. (3) The heavy metals content with different soil types from high to low is as follows: The contents of various heavy metals in different soil types decrease as follows: the contents of Zn, Cd and As decrease from sandy Chao soil→clay soil→red soil; Pb and Hg, clay soil→sandy Chao soil→red soil; Cr, red soil→sandy Chao soil→clay soil; Cu, sandy Chao soil→red soil→clay soil.

Key words: soil heavy metals; pollution; assessment; Zhuzhou city

About the first author: XI Chao-zhuang, male, born in 1979, Ph. D student, mainly engages in the study of geochemistry; E-mail: xczsummmmm@126.com.