

· 解析评价 ·

doi:10.3969/j.issn.1674-6732.2010.05.012

江苏省不锈钢产业集聚区土壤重金属污染评价与分析

王文宝,王小春,滕颖,曹晓华,臧雯雯,丁晓军
(东台市环境监测站,江苏 东台 224200)

摘要:随着不锈钢产业的发展,其生产加工过程中产生的含重金属的废水、废气及固体废弃物对周围土壤及地表水环境的影响也日益显现。选择江苏省不锈钢产业集聚区内溱东镇土壤为研究对象,对区域内63个采样点进行分析,发现区域内土壤中Cr、Zn、Cd、Pb质量分数平均值均未超过国家土壤环境质量的二级标准要求,重金属污染程度由大到小的顺序为: Cd > Ni > Cr > Mn > Zn > Pb, 并且通过SPSS 13.0统计软件对分析数据进行相关性分析,数据表明,土壤中重金属Cr、Fe、Cd、Ni、Mn来自不锈钢产业的可能性较大。

关键词: 不锈钢; 重金属; 评价; 相关性

中图分类号: X53

文献标识码: A

文章编号: 1674-6732(2010)-05-0040-04

Assessment and Analysis for Heavy Metal Pollution in the Soil of Stainless Steel Industrial Assembly Zone in Jiangsu Province

WANG Wen-bao, WANG Xiao-chun, TENG Ying, CAO Xiao-hua, ZANG Wen-wen, DING Xiao-jun
(Dongtai Environmental Monitoring Station, Dongtai, Jiangsu 224200, China)

ABSTRACT: With the development of stainless steel industry, the effect on water and soil, which is caused by waste water, waste gas and waste solid in the production of stainless steel, had been increasing. Taking Qindong town in this zone as an example, we found that none of Cr, Zn, Cd, Pb mass in the studied region had overrun the Grade II of national《Environmental Quality Standard for Soil》(GB 15618-95) and the descending order of Heavy Metal pollution was: Cd > Ni > Cr > Mn > Zn > Pb. At the same time, the results on the Pearson correlation suggested Cr, Fe, Cd, Ni, Mn pollution in the soil more likely come from the stainless steel industry.

KEY WORDS: stainless steel; heavy metal; assessment; pearson correlation

土壤是岩石圈表面的疏松表层,是陆生植物生活的基质和陆生动物生活的基底。土壤不仅为植物提供必需的营养和水分,而且也是土壤动物赖以生存的栖息场所。土壤作为开放的缓冲动力学体系,在与周围的环境进行物质和能量的交换过程中,不可避免地会有外源重金属进入其中^[1]。

随着不锈钢产业的发展,其生产加工过程中产生的含重金属的废水、废气及固体废弃物对周围土壤及地表水环境的影响也日益显现。重金属污染为持久性污染,其在土壤、底泥和农作物中富集后,对人体健康、生态系统、农作物及水生生物的安全有严重危害,因此受到世界各国的高度重视。

1 研究区域概况

江苏省不锈钢产业集聚区位于江苏省里下河地区,横跨苏中和苏北的兴化、姜堰、东台3个县级

市,由戴南、张郭、茅山、兴泰、溱潼、溱东、时堰7个乡镇组成,有企业2500家左右。

采样点设在溱东镇,该镇是江苏省不锈钢产业集聚区七镇之一,镇域总面积75.7 km²,其中陆地面积48.02 km²,水域面积27.67 km²^[2]。北邻时堰镇,南邻溱潼镇,位于泰东河两侧,泰东河是东台市乃至盐城市的饮用水源补给地,为重要的水源保护区,其水质直接关系到下游地区的饮用水安全问题。在饮用水源地这一特殊功能区内,饮水途径是人体摄入重金属的一种重要方式。重金属进入人体后,可在不同器官内富积,危害人体健康。因此,重金属在饮用水源地多环境介质中的污染特征及其水环境效应已引起越来越多的关注。

收稿日期: 2009-10-21; 修订日期: 2010-02-26

基金项目: 江苏省环境监测科研基金项目(0808)。

作者简介: 王文宝(1963—),男,高级工程师,硕士,从事环境监测、水污染防治及水资源综合利用研究工作。

2 样品的采集与分析

2.1 样品的采集

选取溧东镇作为研究对象,根据溧东镇的工业分布特点,通过 GIS 软件,结合实地考察,对溧东镇西部区域按 0.9 km × 0.9 km 进行网格布点,共布设 63 个表层土壤采样点进行采样,每个采样点均用 GPS 进行定位,并对采样点周围环境状况进行记录,采样点示意图见图 1。每个采样点采集 0 ~ 20 cm 耕层土壤,采样时间为 2009 年 11 月 30 日—12 月 5 日。

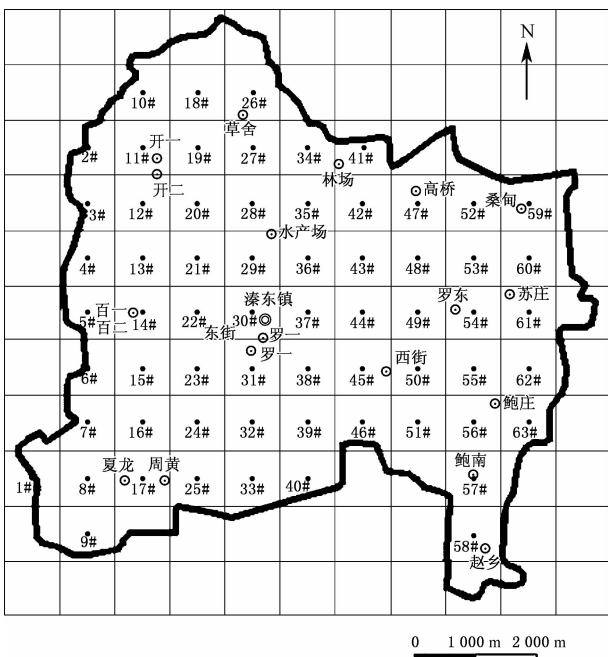


图 1 溧东镇采样点示意

2.2 样品的测定

首先将土壤置于实验室内自然风干,在瓷钵内研磨后经过 100 目的非金属孔径筛筛选后移至磨口瓶备用。根据土壤环境监测技术规范的要求,采取全分解方法中 HCl—HNO₃—HF—HClO₄ 普通酸分解法对土壤进行预处理^[3],待土壤样品充分溶解冷却后定容,过滤,用原子吸收光谱法测定土壤提取液中各金属元素含量。

2.3 测定过程中的质量控制

在分析测定过程中,同步分析空白样品、10% 的平行样品和国家标准土壤参比物质 GSS—9 样品以进行全过程的分析质量控制,实验过程中所有的玻璃仪器均经体积分数为 10% 的盐酸溶液浸泡一昼夜后,依次经自来水和蒸馏水冲洗 3 次以减少污染,实验中所用试剂均为 GR 级。

3 结果统计与分析

3.1 土壤监测结果汇总

溧东镇土壤重金属含量的统计分析见表 1。其中 Cr、Fe、Zn、Cd、Ni、Mn、Pb 的变异系数分别为 65.4%、16.1%、28.0%、30.9%、28.2%、95.8%、17.6%。

表 1 溧东镇土壤重金属含量统计 mg/kg

	$\omega(\text{Cr})$	$\omega(\text{Fe})$	$\omega(\text{Zn})$	$\omega(\text{Cd})$	$\omega(\text{Ni})$	$\omega(\text{Mn})$	$\omega(\text{Pb})$
最大值	510.0	3.90×10^4	71.9	0.634	66.90	3 610.0	22.50
最小值	56.9	1.57×10^4	26.5	0.202	20.30	303.0	10.40
平均值	86.9	2.16×10^4	46.7	0.349	33.00	428.0	16.10
标准差	56.8	3.47×10^4	13.1	0.108	9.330	410.0	2.83
标准值	350.0	—	300.0	0.600	60.00	1 500.0	350.00
当地背景值	84.2	2.99×10^4	59.1	0.020	20.90	441.0	21.20

注:① 标准值参考《国家土壤环境标准》(GB 15618—95)二级标准,② Mn 标准值参考全国土壤污染状况评价技术规定中的标准。

由表 1 可见,溧东镇土壤中 Cr、Cd、Ni 含量的平均值超过了该地区土壤背景值但都未超过《国家土壤环境标准》(GB 15618—95)二级标准,Cr、Cd、Ni 含量的最大值超过了上述标准,Mn 含量的最大值超过了全国土壤污染状况评价技术规定中的标准^[4]。从变异系数来看,各重金属含量的离散程度 Mn 金属最大,达到了 95.8%,属较强变异性,变异系数大小排序为: Mn > Cr > Cd > Ni > Zn > Pb > Fe。

3.2 土壤重金属污染评价

3.2.1 评价方法与标准

土壤环境质量评价方法较多,有单项污染指数法、分级污染指数法、综合污染指数法等,本研究采用综合污染指数法中内梅罗综合污染指数法对区域土壤整体质量环境进行综合评价。内梅罗综合污染指数评价反映了各污染物对土壤的作用,同时突出高浓度污染物对土壤环境质量的影响^[3],能提高污染严重金属的计算权值,使评判结果受主要重金属污染物的控制,同时也避免由于平均作用削弱污染金属权值现象的发生,因而,该方法能比较客观地反映土壤的环境质量状况。其计算公式为:

$$P_i = \frac{C_i}{S_i} \quad (1)$$

$$P = \frac{\sqrt{(P_{i\max})^2 + \left(\frac{1}{n} \sum P_i\right)^2}}{2} \quad (2)$$

式中: P_i ——单项污染指数; C_i ——土壤中金属的实测浓度; S_i ——土壤污染物质量标准, 这里采用《国家土壤环境标准》(GB 15618—95) 二级标准。

根据土壤内梅罗污染指数评价标准, 按内梅罗污染指数划定污染等级(表2)^[3]。

表2 土壤内梅罗污染指数评价标准

等级	内梅罗污染指数	污染等级
I	$0 \leq P \leq 0.7$	清洁, 安全
II	$0.7 < P \leq 1$	尚清洁(警戒限)
III	$1 < P \leq 2$	轻度污染
IV	$2 < P \leq 3$	中度污染
V	$P > 3$	重度污染

计算出综合指数后, 根据对应等级对区域环境质量进行评价。

3.2.2 评价结果

根据《国家土壤环境标准》(GB 15618—95) 二级标准, 采用内梅罗综合污染指数法对区域土壤整体环境进行综合评价。因上述标准中无重金属 Fe 和 Mn 的对应标准, 本研究中 Mn 元素参考全国土壤污染状况评定技术规定中的标准值, 故在综合评价中未包含重金属 Fe 元素。

各点位指数计算结果表明, 溱东镇土壤环境总体优良, 区域内内梅罗污染指数平均值达到 0.51, 属于清洁安全等级。从区域分布来看, 有 12.7% 的采样点位内梅罗污染指数大于 0.7, 处于警戒限水平, 其中位于光华污水处理厂附近的土壤内梅罗污染指数达到 1.85, 属于轻度污染。重金属污染指数由大到小的顺序为: $Cd > Ni > Cr > Mn > Zn > Pb$ 。

位于溱东镇周夏工业园附近的 8, 9, 17 号采样点, 溱东镇开庄工业园附近的 12, 20 号采样点, 草舍工业园附近的 26 号采样点内梅罗污染指数都达到了警戒限水平, 20 号采样点位于光华污水处理厂附近, 属于轻度污染, 由于该区域附近不锈钢企业和铁合金企业相对密集, 因此不锈钢产业可能是导致该区域内部分采样点重金属含量较高的原因。

3.3 不同金属之间的相关性统计

在分析研究数据时, 利用重金属间的相关性可以推测重金属的来源是否相同。因此, 对本研究所得数据, 采用 Pearson 相关系数来对溱东镇土壤中

各种重金属浓度进行相关分析。若重金属间有显著相关性, 说明来源可能相同, 否则来源可能不止一个^[5]。

本研究采取 SPSS 13.0 统计软件对数据相关系数进行分析, 结果如表 3 所示。

表3 溱东地区土壤金属相关矩阵

	Cr	Fe	Zn	Cd	Ni	Mn	Pb
Fe	0.679 **						
Zn	0.083	0.035					
Cd	0.354 **	0.287	0.057				
Ni	0.519 **	0.426 **	0.033	0.525 **			
Mn	0.960 **	0.675 **	0.120	0.278	0.492 **		
Pb	0.187	0.058	0.156	0.164	0.470 **	0.190	

注: ① $N = 63$, ② ** 代表相关性水平小于 0.01 ($p < 0.01$)。

根据以上数据分析: ① Cr、Fe、Cd、Ni、Mn 金属相互之间显著相关 ($p < 0.01$), 说明金属 Cr、Fe、Cd、Ni、Mn 金属来自同一污染源的可能性较大; ② Pb 金属虽然与 Ni 金属显著相关, 但由于 Pb 金属测量值普遍低于背景值, 因此 Pb 金属来自不锈钢产业的可能性较小; ③ Zn 金属与其他金属元素相关性很小。

溱东镇不锈钢产品主要为钢锭冶炼、型材加工、金属丝、波纹管、船舶、电力、机械、通讯器材、汽车配件、网络机框、玻璃幕墙装饰件、管件等标准件、非标准件(非标件)以及锭子清洗加油机、离心器等整机产品, 拥有四大类近 2 万多个规模型号的产品^[2]。由于金属污染来源具有一定的复杂性和区域性, 不锈钢制品品种繁多, 在不锈钢制品生产加工过程中为了制取一种产品往往需要多种原料和生产技术, 因此产生的环境污染也多种多样。Cr、Ni、Fe 和 Mn 都是不锈钢中的主要元素, Cd 的污染来源一是共生产生, 二是原料带入, 因此土壤中重金属 Cr、Fe、Cd、Ni、Mn 金属来自不锈钢产业的可能性较大。

4 结论

(1) 不锈钢产业集聚区溱东镇总体环境良好, 溱东镇土壤重金属 Cr、Cd、Ni 含量的平均值超过了该地区土壤背景值, Cr、Cd、Ni 含量的最大值超过了《国家土壤环境标准》(GB 15618—95) 二级标准, Mn 含量的最大值超过了全国土壤污染状况评价技术规定中的标准。从变异系数看来, 各重金属

含量的离散程度 Mn 金属最大,达到了 95.8%,属较强变异性,变异系数大小排序为: Mn > Cr > Cd > Ni > Zn > Pb > Fe。

(2) 所选研究区域内内梅罗污染指数平均值达到 0.51,属于清洁安全等级。从区域分布来看,有 12.7% 的点位内梅罗污染指数大于 0.7,处于警戒限水平,其中位于光华污水处理厂附近的土壤内梅罗污染指数达到 1.85,属于轻度污染。重金属污染指数由大到小的顺序为: Cd > Ni > Cr > Mn > Zn > Pb。

(3) Cr、Fe、Cd、Ni、Mn 金属相互之间显著相关 ($p < 0.01$),Cr、Fe、Cd、Ni、Mn 金属来自同一污染源的可能性较大;Pb 金属虽然与 Ni 金属有显著相关,但 Pb 金属测量值普遍低于背景值,因此 Pb 金属来自不锈钢产业的可能性较小;Zn 金属与其他金属元素相关性很小。金属污染来源具有一

定的复杂性和区域性,通过以上数据分析,区域内土壤中重金属 Cr、Fe、Cd、Ni、Mn 来自不锈钢产业的可能性较大。

[参考文献]

- [1] 顾继光,林秋奇,胡初,等. 土壤-植物系统中重金属污染的治理途径及其研究展望[J]. 土壤通报,2005,36(1):128-133.
- [2] 溱东镇人民政府. 溱东镇不锈钢产业发展集群规划(2006—2015)[EB/OL]. (2008-04)[2009-09-21]http://www.dongtai.gov.cn/dtxb/ZW GK6/ShowArticle.asp? ArticleID=4578.
- [3] HJ/T 166—2004 中华人民共和国环境保护行业标准土壤环境监测技术规范[S].
- [4] 吴淑岱. 中华人民共和国土壤环境背景值图集[M]. 北京:中国环境科学出版社科学出版社,1994:30-47,142.
- [5] 刘琴. 东北地区主要城市土壤和松针中重金属污染研究[D]. 大连:大连理工大学,2007.

(上接第 33 页)

(4) 系统功能的实现首先应提出需求,任何需求都是能够实现的,每一项需求均应认真权衡成本和效益、投入和产出,做出明确选择。

(5) 系统设计运行之初,不要过于追求完美,要求其实现实验室认可准则的全部要求,有些要求可以通过系统外实现或通过管理制度完善。如果系统设计过于严格,会直接影响使用者的积极性,导致项目实施的难度增加,应在灵活的系统设置中适当地放宽限制,待使用者习惯后,逐步严格要求。

(6) LIMS 的建设是一项涉及面广、影响范围大、既花精力又花资金的系统工程,任何一个 LIMS 通用产品都要根据用户需求进行二次开发,进而成为一个定制产品。这个开发过程需要 LIMS 供应商和用户双方共同构想、设计、协调、决策和落实,否则很难保证项目的成功,或者即使实施了也难以达到预期的目标。

(7) LIMS 的成功应用,不仅要求使用单位的

分析测试人员、质量管理人员、计算机人员综合提出准确、完整、合理的需求,还要求全体人员提高质量管理意识,提高计算机应用水平,学习软件工程、数据库技术、通信、网络技术等相关知识,积极参与 LIMS 的设计和测试。只有这样才能使 LIMS 技术转化为提高管理效率和质量管理水平的工具^[3]。

LIMS 系统建设是促使实验室的管理水平和技术水平与市场竞争机制接轨、与国际惯例接轨、与科学化的管理体系接轨的必由之路。

[参考文献]

- [1] 王向明,伏晴艳,刘红,等. 环境监测实验室信息管理系统建设——以上海市环境监测中心为例[J]. 环境监测管理与技术,2007,19(4):4-8.
- [2] 张涛. 环境监测 LIMS 建设中的问题及对策分析[J]. 环境科学与管理,2006,31(4):171-172,175.
- [3] 高素平. 化学分析实验室的质量管理特点与 LIMS 的应用[J]. 安徽农学通报,2007,13(15):161-163.

(本栏目编辑 邓爱萍)