

Assessment of Heavy Metals in Soil Based on The Nemero Pollution Index in Ex-service Dyeing Site

Qiulan Tu

Guangdong Shunkong Environmental Protection Industry Corporation, Foshan, Guangdong, 528399, China

Abstract

The pollution degree and distribution characteristics of heavy metals were studied by investigating their contents in the ex-service dyeing site of Foshan City. The results showed that heavy metals concentration in soil of the site were all lower than the first-class land risk value in GB36600-2018, but the Pb, Hg and As of some points were close to the screening value, and heavy metals content were higher than the background value in local soil. Human activities such as bleaching and coal burning had the most obvious influence on soil Hg. The pollution level of heavy metals in each layer of soil was clean class by using GB36600-2018 as the evaluation standard to analyze the Nemero pollution index. However, when the regional background value was used as the evaluation standard, the heavy metals in each layer of soil presented different pollution degree.

Keywords

dyeing site; soil; heavy metals; nemero pollution index; pollution assessment

基于内梅罗污染指数的退役漂染场地土壤重金属评价

涂秋兰

广东顺控环保产业有限公司, 中国 · 广东 佛山 528399

摘 要

调查分析佛山市退役漂染场地的土壤重金属含量、污染程度。结果显示场地土壤重金属含量均低于GB36600—2018中一类用地筛选值, 但个别点位的Pb、Hg、As接近筛选值, 局部土壤中的重金属含量高于背景值, 漂染、燃煤等人为活动对场地土壤Hg影响最为明显。采用GB36600—2018作为评价标准进行内梅罗污染指数分析, 重金属在土壤各层污染等级为清洁; 当以区域背景值作为评价标准时, 重金属在土壤各层均呈现不同程度的污染。

关键词

漂染场地; 土壤; 重金属; 内梅罗污染指数; 污染评价

1 引言

广东顺德作为曾经的“南国丝都”, 历史上曾集中了广东 80% 的丝绸生产, 20 世纪 80 年代曾成立广东省首家集缫丝、真丝针织、漂染及真丝成衣生产一条龙的国营丝厂企业。昔日辉煌的丝业, 在退出历史舞台时, 曾经粗放的环境管理造成的污染问题也逐一隐现。这其中就包括生产过程中的重要污染工艺 - 漂染, 其废水、废染料等在长年累积中可能滴漏, 废水、废染料中的重金属通过垂直入渗的方式在土壤环境中长时间蓄积^[1]。在区域水文地质影响下, 污染场地的重金属又可能进一步弥散, 对周边区域造成影响^[2]。这类用地转换土地性质再开发, 尤其是转为居住、学校、医院等一类用地进行再开发, 可能对人体健康产生潜在危害^[3]。

【作者简介】涂秋兰(1990-), 女, 中国江西宜春人, 硕士, 工程师, 从事土壤与地下水环境调查及风险评估研究。

因此, 通过对历史久远的退役漂染场地进行土壤污染状况调查, 掌握其重金属分布特征, 评价场地污染程度, 对后期场地再开发具有重要参考意义。

本次研究就以佛山市顺德区某退役漂染场地为例, 通过对该场地土壤重金属进行监测, 分析其场地的土壤重金属特征, 同时研究漂染等重污染工艺对土壤污染的影响程度, 为场地后期再开发提供科学支撑。

2 研究对象与方法

2.1 研究区域概况

该漂染厂占地约 3.6 万平方米, 于 1954 年正式投入生产, 2006 年破产清算, 主要生产工艺包括缫丝、脱胶、漂染、定型、水洗等, 其中漂染主要使用酸性染料、活性染料, 缫丝、脱胶、漂染使用的水来自燃煤锅炉。根据区域控制性详细规划, 该厂的用地性质后期拟转为二类居住用地(R2)兼容商业服务业设施用地(B)。

2.2 样品采集

根据国家 HJ/T 166—2004《土壤环境监测技术规范》，结合《广东省建设用地土壤污染状况调查、风险评估及效果评估报告技术审查要点（试行）》（粤环办〔2020〕67号）相应要求，基于分区布点和专业判断布点的方法，同时在漂染区、染料搅拌区、污水站及其排污管网等重点区域加密布点，场地内共设置 24 个土壤柱状样采样点位。每个点位均采集 0~0.5m 的表层土壤、0.5m~ 地下水位处的下层土壤、地下水位以下的饱和带土壤，土壤性质变化的层位加密采样，共采集土壤样品 111 个。

2.3 评价方法

2.3.1 评价标准的筛选

工业企业场地土壤环境质量评价往往采用 GB36600—2018《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准》中的污染风险筛选值作为评价标准，但不同类型、不同区域土壤中元素的本底值存在差异^[4]，统一采用国家标准，容易忽略历史工业企业对土壤的污染影响。为最大程度评价场地的土壤重金属其污染程度，本次研究分别采用 GB36600—2018 中一类用地筛选值、调查区域土壤背景作为评价标准，分析退役漂染场地土壤重金属特征。

2.3.2 内梅罗污染指数评价

内梅罗污染指数可以反映不同污染物在土壤中的累积效应，同时突出污染物的高值在土壤环境质量的分布，既考虑了污染物在土壤中的平均分布，又兼顾了高浓度数值，因此是目前进行土壤污染程度判定的常推荐方法之一^[5,6]，其计算方法如下：

$$Piave = (Ci/Si) \text{ ave} \quad (1)$$

$$Pimax = (Ci/Si) \text{ max} \quad (2)$$

$$P_N = \sqrt{(P^2_{i\text{max}} + P^2_{i\text{ave}}) / 2} \quad (3)$$

其中， $Piave$ 即土壤重金属元素 i 的平均单因子污染指数； $Pimax$ 为最大单因子污染指数； Ci 为元素 i 的实测值；

Si 为元素 i 的评价标准值； P_N 为内梅罗污染指数。 P_N 对应的污染等级划分标准见表 1。

3 结果分析与讨论

3.1 土壤重金属分布特征

根据检测结果（见表 2）可知，研究区域土壤中的 Cu、Cd、Pb、Ni、Hg、As 等重金属元素均检出，其中土壤 Pb 的含量最高，最大值为 $376\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，平均值也达 $57\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ；其次为 Cu，检出浓度范围 $10\sim 268\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，平均值为 $37.13\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ；As 的平均值虽为 $12.50\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，但个别点位最大值达 $55.2\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ；Ni 检出浓度范围 $3\sim 33\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，平均值为 $17\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ；Hg 检出浓度范围 $0.068\sim 7.15\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，平均值为 $1.13\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ；Cd 检出浓度最低，检出范围 $0.02\sim 1\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，平均值仅为 $0.31\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

对比 GB36600—2018 标准，场地土壤重金属含量均低于一类用地筛选值，但个别点位的 Pb、Hg、As 最大值接近筛选值，其中 Pb、Hg 的高值出现在土壤表层，As 最大值出现在下层土壤。Pb 含量高除区域背景值不低外，还可能与使用染料、燃煤有关^[1]。Hg 含量个别点位表层土壤较高则主要因为企业将生产过程中燃煤产生的煤渣、飞灰对场地局部进行回填，而煤渣、飞灰中富集了较高的 Hg^[7]所致。As 的高值主要出现在漂染区及漂染废水处理设施周边，而企业生产使用的染料恰好含砷，说明企业漂染过程产生的废水及废染料曾出现滴漏现象，通过入渗、迁移对场地土壤造成了一定影响。

对比区域土壤，发现该场地局部土壤中的重金属含量最大值均高出背景值，尤其是 Hg、As。结合变异系数，同一场地土壤重金属的变异系数越高，其在土壤中的空间分布越不均匀，尤其是高于 100% 时，人为活动的影响越为显著^[8]。该场地变异系数除 Hg 外，其他均小于 100%，说明人为活动回填煤渣、飞灰对该退役场地的土壤 Hg 影响最为明显，而漂染导致了局部土壤中 Pb、As、Cu、Ni 等含量增加。

表 1 重金属污染分级标准

等级	内梅罗污染指数	污染等级
I	$P_N \leq 0.7$	安全
II	$0.7 < P_N \leq 1$	警戒
III	$1 < P_N \leq 2$	轻度污染
IV	$2 < P_N \leq 3$	中度污染
IV ⁺	$P_N > 3$	重度污染

表 2 研究区域土壤重金属检测结果统计

重金属	检出率/%	最小值/ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	最大值/ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	平均值/ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	变异系数/%	背景值/ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$	筛选值/ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$
Cu	100	10	268	37.13	80.37	88	2000
Cd	100	0.02	1	0.31	55.81	0.20	20
Pb	100	11	376	57	75.19	66	400
Ni	100	3	33	17	41.35	8	150
Hg	100	0.068	7.15	1.13	133.86	0.522	8
As	100	0.56	55.2	12.50	56.18	4.67	60

3.2 土壤重金属污染风险评价

采用 GB36600—2018 作为评价标准进行内梅罗污染指数分析,各重金属在土壤各层分布指数均小于 0.7,污染等级为清洁,土壤环境质量安全,但土壤表层的 Pb、Hg 以及下层土壤的 As 污染指数接近 0.7,分别为 0.68、0.66、0.68,接近土壤安全警戒线。当以区域土壤的背景值作为评价标准进行内梅罗污染指数分析,除饱和带土壤的 Cu 污染等级为安全外,其他重金属在土壤各层均呈现不同程度的污染,其中 Hg、As、Ni 的污染程度最高,在各层土壤中的污染等级均达到重污染,这与韩煦等对苏州某染料厂的研究成果一致^[1]。通过以区域土壤背景值作为评价标准进行内梅罗污染指数分析,可以更为直观地发现该退役场地的历史活动,尤其是漂染工艺对土壤产生的重大影响。具体见表 3。

表 3 不同评价标准下土壤重金属内梅罗污染指数

重金属	GB36600—2018 作为评价标准			背景值作为评价标准		
	表层土壤 P _N	下层土壤 P _N	饱和带土壤 P _N	表层土壤 P _N	下层土壤 P _N	饱和带土壤 P _N
Cu	0.06	0.10	0.03	1.34	2.19	0.69
Cd	0.04	0.04	0.02	3.71	3.59	2.22
Pb	0.68	0.28	0.27	4.12	1.71	1.65
Ni	0.16	0.16	0.17	3.05	3.04	3.24
Hg	0.66	0.47	0.38	10.06	7.16	5.79
As	0.36	0.68	0.46	4.62	8.69	5.97

参考文献

[1] 韩煦,施维林.某染料厂污染场地重金属含量分析及健康风险评价[J].苏州科技大学学报(自然科学版),2022,39(1):57-65.

[2] 陈劲松,张颖,蒲生彦.某炼铁厂遗留场地重金属污染空间分布特征及风险评价[J].安全与环境工程,2021,28(3):162-169.

[3] 侯文隽,龚星,詹泽波,等.粤港澳大湾区丘陵地带某电镀场地重金属污染特征与迁移规律分析[J].环境科学,2019,40(12):5604-5614.

[4] 常瑛,李彦荣,施志国,等.基于内梅罗综合污染指数的农田耕层土壤重金属污染评价[J].安徽农业科学,2019(19):63-67.

[5] Nemerow N. Scientific stream pollution analysis[M]. Washington: McGraw-Hill Book Company,1974.

[6] 张金婷,孙华.内梅罗指数法和模糊综合评价法在土壤重金属污染评价应用中的差异分析[J].环境监测管理与技术,2016,28(4):27-31.

[7] 王起超,麻壮伟,沈文国,等.煤炭及其灰渣中的有机汞[J].中国环境科学,2001,21(1):54-57.

[8] 赵慧,何博,王铁宇,等.中国南方典型城市土壤重金属污染特征及源汇关系分析[J].环境科学学报,2019,39(7):2231-2239.

4 结论

①研究区域土壤重金属含量虽均低于 GB36600—2018 中一类用地筛选值,但个别点位的 Pb、Hg、As 接近筛选值,主要与漂染、燃煤、煤渣及飞灰回填有关。

②场地局部土壤中的重金属含量最大值均高于背景值,漂染废水、废染料等可能滴漏造成局部土壤中 Hg、Pb、As 等含量增加,而人为活动对场地土壤 Hg 的影响最为明显。

③采用 GB36600—2018 作为评价标准进行内梅罗污染指数分析,重金属在土壤各层污染等级为清洁;当以区域土壤背景值作为评价标准时,重金属在土壤各层均呈现不同程度的污染,说明该退役场地的历史活动,尤其是漂染工艺对土壤产生了重大影响。