

# 污染场地土壤污染调查与风险评估分析

王强<sup>1</sup> 张鸿剑<sup>2\*</sup>

1 达州市生态环境污染防治中心 2 四川省天晟源环保股份有限公司

DOI:10.12238/eep.v6i6.1864

**[摘要]** 随着国家针对环境污染治理力度的升级,对土地污染的调查深入开展,经过对土地污染风险的评估,能够及时采取有效治理手段,保护生态环境。基于此,本文分别从污染场地土壤污染调查以及风险评估展开分析,以期能够帮助调查单位更详细了解污染源以及影响程度,为后续环境治理奠定基础。

**[关键词]** 污染场地; 土壤污染; 风险评估

中图分类号: X131.3 文献标识码: A

## Investigation and Risk Assessment Analysis of Soil Pollution in Polluted Sites

Qiang Wang<sup>1</sup> Hongjian Zhang<sup>2\*</sup>

1 Dazhou Ecological Environment Pollution Prevention and Control Center

2 Sichuan Tianshengyuan Environmental Protection Co., Ltd

**[Abstract]** With the upgrading of national efforts in environmental pollution control, in-depth investigations of land pollution have been carried out. After assessing the risk of land pollution, effective governance measures can be taken in a timely manner to protect the ecological environment. Based on this, this article analyzes the soil pollution investigation and risk assessment of contaminated sites, in order to help the investigating unit understand the pollution sources and impact levels in more detail, and lay a foundation for subsequent environmental governance.

**[Key words]** Polluted site; Soil pollution; risk assessment

### 前言

土地污染调查属于系统性工作,需要了解场地污染物、污染等级等因素,调查内容尽可能完善,并掌握污染物特点和性质,实现全面调查分析。根据调查结果对污染情况进行风险评估,评价污染土壤对于生态环境的影响,评估污染范围和程度,为后续整治土地污染奠定基础。需要土壤污染调查明确具体的调查目标,制定详细而科学的采样方案,保证现场采样科学合理,能够具有代表性和可靠度。从而经过实验室实验和计算明确土壤污染物的风险值,评估土壤污染是否会对人体造成伤害。

### 1 污染场地土壤污染调查

#### 1.1 采样方案

根据污染场地实际情况分批次的加密布点,若首次调查未能达到预期的标准,那么应该持续进行补充调查,直到符合标准。对于之前调查确定的受污染区域和污染识别的其他重点区域,应进行加密调查。本项目按照每400m<sup>2</sup>的土壤点位设置不应少于1个,并且这些点位应位于区域内可能最容易受污染的地方。在非重点地区,每1600m<sup>2</sup>土壤设置点位不应少于一个,同样确保这些点位位于可能是污染最严重的区域。对于扰动较大的地块,可以结合现场的快速检测仪器进行辅助判断,并采用网格

布点的方法。在污染历史复杂、水文地质状况复杂的区域,可以根据具体情况来布置点位。对于风险管理和修复区域内超标点点位,在其周围10m范围内总共设置了4个观测点。由于监测点都是原始的超标区域,其检测的标准是原始的超标污染物,用于辅助确定风险管理和修复的范围。对于达到或超过筛选值80%,但未被纳入风险管理和修复范围的点位,在其周围1m范围内设置了4个点位。

地下水采样点的选择按照每6400m<sup>2</sup>土壤至少设置一个,主要集中在可能对地下水造成污染的区域或下游。在地下水流向上游应设立一个地下水对照监测点,可使用现有水井。在可能存在较大地下水污染风险的地区以及地下水流向下游的地方,分别设置了一个监测站点<sup>[1]</sup>。若周围500m范围内存在饮用水取水井,至少选择一口进行地下水监测。在进行调查采样时,应确保采样深度达到土壤污染初步监测确定的最大深度。采集0~0.5m的表层土壤样品和0.5m以下的下层土壤样品,并根据判断布点法进行采集。在具有不同性质的土层中,至少需要收集一个土壤样本。当相同性质的土层厚度较大或出现明显的污染迹象时,应根据实际情况在该层位增加采样点。

#### 1.2 点位布设

根据下表所示, 污染场地重点产污区域进行观测点位的布设。本项目共布设土壤监测点位36个, 其中重点生产区29个、生产区其它区域及非重点区域3个和土壤对照点4个。在地块内部, 共有3个地下水监测井, 而在地块外部则设置了1个地下水对照点。由于本次调查正值干旱季节, 该地区的地表河流后河已完全干涸, 河床上的卵石全部露出, 导致无法收集地表水和底泥样本, 因此这次的详细调查并没有收集地表水和底泥样本。本次调查共布设固废点位8个, 其中7个点位为固废回填区点位, 1个点位为地面残余堆放点位, 共采集9组固废样品, 包括8组回填固废样品和1组地面固废样品。

表1 污染场地重点区域及产污情况

分区	车间名称	面积(m <sup>2</sup> )	产污环节
生产区	高炉生产区、曾堆放炉渣区	2240	高炉冶炼和炉渣暂存过程中炉渣及冲渣废水和废气
储存区	矿石、焦炭等原料堆放区、原料堆放料仓区、曾堆放燃煤区	3770	原辅料堆放和粉碎过程中的降雨淋滤和粉尘的大气沉降
	锻矿窑、曾堆放燃煤区、固废回填区	1660	硫铁矿煅烧除硫
	现有燃煤堆放区	2000	燃煤堆放过程中的降雨淋滤和粉尘的大气沉降
固废贮存或处置区	水渣池	1480	高炉渣及冲渣废水中的污染物可能浸入下层土壤中
其他	化验室	105	实验过程中污染物的跑冒滴漏
	锅炉房	150	燃煤使用过程中的废气

### 1.3 调查项目

土壤污染物项目包括pH、镉、铬(六价)、铜、汞、砷、石油烃(C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>)、总氟化物、氰化物、苯并(a)芘等共计24项。地下水污染项目包括镍、锑、钒、钴、石油类、苯并(b)荧蒽、苯并(a)芘等共计45项。固废样品污染项目包括砷、镉、总铬、铬(六价)钒、钴、锰、pH共计27项。

### 1.4 采样方法

通过挖掘土壤方法收集表层土壤样本, 常用的工具包括锹、铲和竹片等, 也有选择钻孔来取样。采集过程中应最大限度地减少对土壤的干扰, 确保在采样时土壤样本不会受到二次污染。主要使用钻孔取样方法收集下层土壤, 根据情况也可选择使用槽探技术来进行采集。应用手工钻探采样法主要选择螺纹钻、管钻和管式采样器。使用机械钻探技术主要使用实心螺旋钻、中空螺旋钻以及套管钻等设备<sup>[2]</sup>。槽探通常采取人工或设备挖掘,

再利用采样铲或采样刀来完成采样工作。槽探断面的形状为长条状, 其断面宽度是根据地块的种类和采样的数量来决定的。使用锤击敞口取土器以及手工刻块进行取样。对于挥发性有机物、易分解有机物和恶臭污染土壤的样本采集, 使用无干扰的采样技术。钻孔取样法可以采用快速击入、快速压入和回转法取样。采样完成后, 应立刻把样本放入一个密封的容器中, 避免长时间在空气中暴露。

由于本次采样时间正处于干旱季节, 该地块所处地区普遍缺水, 地表河流也已干涸。通过RTK的测量得知该地块外部河床的底部标高为655.03m, 这表明该区域的地下水埋深相对较低。由于DXS01号监测井在钻探到15.4m时并未发现地下水, 经过计算, 监测井的底部标高达到了655.14m, 高于河床底部。因此, 该位置无法收集地下水样本。本次调查主要在高炉车间的中下游, 水渣池下游以及地块上游进行采样。

### 1.5 实验检测

上述样本经过对应的方式保存, 易挥发和易分解样本均通过低温保存, 及早运送至实验室进行分析。经过中国计量认证CMA专业检测机构进行实验检测, 严格遵守实验室规定以及国家相关规范。根据地块使用情况对上文提到的调查项目进行实验分析, 分析各污染指标的暴露浓度和危险值, 为后续风险评估提供数据支持。

## 2 污染场地土壤污染风险评估分析

对污染场地土壤污染风险展开评估, 能够评估污染程度对于人体造成的健康风险能否接受。

### 2.1 危险识别

危险识别主要是指识别威胁人体、生物以及生态环境的污染物, 确定污染物暴露引起的不良效应或程度, 核心目标在于确定污染物成分。根据对本文项目的分析, 主要污染物为砷、锰、铅, 展开砷、锰、铅暴露风险和危险评估。

### 2.2 暴露途径

由于不同污染物的暴露路径和危险程度各不相同, 本文分析从最大风险的视角出发, 综合考虑污染地块对污染物种类和特性、污染物在土壤和地下水中的迁移情况等信息, 通过污染物暴露评估的概念模型, 评估污染物对于人体健康的威胁风险<sup>[3]</sup>。由于儿童的体重相对较轻, 且暴露水平较高, 通常情况根据儿童暴露情况来评估污染物的安全影响。在评估受污染的土壤时, 儿童可能会通过以下六种方式接触污染物: 口服、皮肤接触、吸入土壤中的颗粒物、室内空气中吸入气态污染物、室外空气中气态污染物以及从下层土壤中气态污染物。(主要考虑砷、锰、铅)。

以经口摄入土壤为例, 土壤暴露量可使用公式计算:

$$OISER_{ca} = \frac{\left( \frac{OSIR_c \times ED_c \times EF_c}{BW_c} + \frac{OSIR_a \times ED_a \times EF_a}{BW_a} \right) \times ABS_o}{AT_{ca}} \times 10^{-6} \dots$$

其中, OISERca表示经口摄入土壤暴露量(致癌效应), kg土壤·kg<sup>-1</sup>体重·d<sup>-1</sup>; OSIRc表示儿童每日摄入土壤量, mg·d<sup>-1</sup>;

OSIRa表示成人每日摄入土壤量,  $\text{mg} \cdot \text{d}^{-1}$ ; EDc表示儿童暴露期, a; EDa表示成人暴露期, a; EFC表示儿童暴露频率,  $\text{d} \cdot \text{a}^{-1}$ ; EFa表示成人暴露频率,  $\text{d} \cdot \text{a}^{-1}$ ; BWc表示儿童体重, kg; BWa表示成人体重, kg; ABSo表示经口摄入吸收效率因子, 无量纲; ATca表示致癌效应平均时间, d。

根据参数设定, OSIRC=200mg/d, EDc=6a, EFC=350d/a, BWc=19.2kg; OSIRa=100mg/d, EDa=24a, EFa=350d/a, BWa=61.8kg; ABSo=1, ATca=27740d。计算出OISERca=1.28×10<sup>-6</sup>。

### 2.3 暴露浓度

通过分析每个采样点提取样本的测量数据, 计算污染物的致癌风险和危害熵, 从而进行风险的表征<sup>[4]</sup>。根据采样数据, 发现本地块的致癌和非致癌风险与表层及深层土壤污染物的浓度都有密切关系。随着该地块投入城建规划得到重新开发, 深层土壤可能在未来的建设过程中被转移到地表, 其暴露路径等同于表层土壤。因此, 计算不同的暴露路径上砷和锰超标采样点的最大检测浓度, 以此作为暴露点浓度进行风险评估。根据现场采样结果, 计算污染物暴露浓度, 评估转移至地表的危险。

表2 污染物暴露浓度值(mg/kg)

污染物	超标样品编号	超标点位采样深度	检测浓度	最大检出值-采样计算值	第一类用地筛选值
砷	QY28	0-0.5m	67.5	80.4	40
	QY30	0-0.5m	56.6		
	QY30	0.5-1.5m	42		
	BC01	0-0.5m	47.3		
	BC07	0-0.5m	59.8		
	BC07	0.5-1.5m	65.7		
	BC08	0-0.5m	48.2		
	BC08	0.5-1.5m	63.8		
	BC10	0-0.5m	80.4		
锰	QY12	0-0.5m	4270	68800	3593
	QY14	0-0.5m	12200		
	QY20	0-0.5m	68800		
	BC11	0-0.5m	11113		
	BC13	0-0.5m	39155		

### 2.4 评估结果

由于本项目土壤中的污染物主要是砷、锰、铅, 而成人和儿童是这些污染物的主要接触群体。同时考虑到地块后续投入使用及污染物的污染特性, 更需要采取修复治理和污染风险管理措施, 防范后期基坑开挖过程中扰动到表层或深层土壤可能带来的污染风险。根据本文研究结果: (1) 将地块土壤样本中砷的最高检出率80.4mg/kg作为污染物暴露的浓度指标, 并结合样本测定参数以及相关参数来计算风险值。计算结果表明, 其致癌风险值达到1.72E-04, 超出了人体健康风险接受范围(1.00E-06), 风险不可接受。经口摄入是致癌风险的主要途径, 贡献率为86.79%, 因此本地块区域砷风险控制数值为0.467mg/kg。(2) 锰的最大检出浓度为68800mg/kg, 依次作为暴露浓度参数。计算结果表明, 锰的致癌风险主要是通过口服摄入和吸入颗粒物, 贡献率分别为63.1%和35.1%。经计算, 本项目地块范围内锰的风险管理数值为4420mg/kg。(3) 铅最大污染浓度值为1234mg/kg, 以此作为暴露点浓度。经过计算, 铅浓度的风险控制值为313.34mg/kg。

### 3 结论

综上所述, 我国针对环境污染的治理越来越严格, 尤其是重视工业企业生产地块的污染治理。部分企业经过一段时间生产后排放多种污染物, 不可避免对我国生态环境造成污染。而随着城市建设发展, 工业企业搬迁, 原本的工厂场地重新投入开发建设, 需要针对土壤环境展开调查和风险评估, 了解污染物对人体健康的风险和危害, 避免在地块后续开发利用中造成严重污染环境, 损害人体健康和生命安全。

#### [参考文献]

- [1]张博宇, 孙明波, 杨玉敏. 典型加油站石油烃污染场地环境调查及风险评估方法应用[J]. 石油石化绿色低碳, 2023, 8(03): 27-34.
- [2]郝辰宇, 钟茂生, 姜林, 等. 基于土壤气的场地VOCs污染刻画及风险评估[J]. 中国环境科学, 2023, 43(11): 5700-5708.
- [3]孙中文. 污染场地土壤污染调查与风险评估研究[J]. 皮革制作与环保科技, 2022, 3(08): 153-155.
- [4]王冬莹, 董如鑫, 张清平, 等. 某油墨生产企业遗留场地污染调查与风险评估研究[J]. 环境科学与管理, 2022, 47(6): 184-189.

#### 作者简介:

王强(1988-), 男, 汉族, 四川达州人, 大学本科, 工程师, 从事环境管理, 土壤和固体废物污染防治。