

# 农药企业搬迁土地挥发性有机物风险评价

章霖之<sup>1</sup>, 刘廷凤<sup>2</sup>, 丁倩<sup>3</sup>, 何欢<sup>4</sup>

(1. 常州市环境监测中心, 江苏 常州 213001; 2. 南京工程学院环境工程系, 江苏 南京 211167; 3. 常州市戚墅堰区环境保护监测站, 江苏 常州 213025; 4. 南京大学环境学院, 江苏 南京 210046)

**摘要:**对常州某农药生产场地土壤中挥发性有机物(VOCs)污染状况以及健康风险和生态风险进行了调查评价。结果表明,该场地土壤中挥发性有机物污染以苯系物和卤代烃为主。苯系物质量浓度为0~56.6 mg/kg, 卤代烃质量浓度为0~1.14 mg/kg。健康风险评价结果均在可接受范围内,而生态风险评价显示生产车间内的土壤VOCs生态风险较大,存在着对生物的危害。

**关键词:**健康风险评价;生态风险评价;农药厂;土壤;挥发性有机物

中图分类号:X833;X820.4

文献标识码:B

文章编号:1674-6732(2014)01-0049-04

## Risk Assessment of Pesticides Enterprise Relocation Land Contaminated by VOCs

ZHANG Lin-zhi<sup>1</sup>, LIU Ting-feng<sup>2</sup>, DING Qian<sup>3</sup>, HE Huan<sup>4</sup>

(1. Changzhou Environmental Monitoring Center, Changzhou Jiangsu 213001, China; 2. Department of Environmental Engineering, Nanjing Institute of Technology, Nanjing Jiangsu 211167, China; 3. Qishuyan Environmental Monitoring Station, Changzhou, Jiangsu 213025, China; 4. School of the Environment, Nanjing University, Nanjing Jiangsu 210046, China)

**Abstract:** The concentration and health and ecological risk assessment of volatile organic compounds (VOCs) in soil samples collected from the location of a factory that previously manufactured pesticides in Changzhou was evaluated. The results showed that BTEX and halohydrocarbon were the dominant contaminants with mass concentration ranges of 0 ~ 56.6 mg · kg<sup>-1</sup> and 0 ~ 1.14 mg · kg<sup>-1</sup>, respectively. The result of health risk assessment was in an acceptable value. However, the ecological risk assessment indicated a serious risk of the VOCs in the soil of the production workshop and there might be a biological hazard.

**Key words:** Health risk assessment; Ecological risk assessment; Pesticides enterprise relocation land; Soils; VOCs

城市土壤是城市生态环境的主要组成部分之一,具有重要的生态、环境和经济功能。随着城市的发展,越来越多的工业企业逐步搬迁出主城区,遗留下的场地将会用作商业或居住用地。污染土地置换开发已成为城市土地可持续利用的重要手段,而日益严重的城市土壤污染已经成为制约土地置换开发的重要因素<sup>[1]</sup>。而且土地置换开发一般都伴随着土地使用性质的改变,因此非常有必要对置换前的土壤进行风险评价。

挥发性有机化合物(Volatile Organic Compounds, VOCs)是在标准状态(273 K, 101.3 kPa)下蒸气压>0.13 kPa的有机物,其危害主要为部分具有毒性和致癌性<sup>[2]</sup>。现以常州市某农药生产场地土壤中的VOCs为研究对象,借鉴国内外污染土

壤风险评价的成功经验,评价该污染场地土壤VOCs污染程度,为该场地土壤的再利用提供参考。

## 1 研究方法

### 1.1 样品采集与分析

研究区域为常州市某农药生产场地。根据该场地历年生产排污情况,在该场地不同功能区(办公区、危险品库、生产车间内、生产车间外、污水处理区和泵房等生产辅助设施区)进行布点并采集

收稿日期:2012-08-23;修订日期:2013-09-26

基金项目:江苏省环境监测科研基金项目(1004)。

作者简介:章霖之(1982—),男,工程师,硕士,从事环境监测工作。

新鲜土样于带聚四氟乙烯内垫螺旋盖的棕色玻璃瓶中,密封,低温保存<sup>[3]</sup>。

参考文献[4-5],采用吹扫捕集-气质联用法对土壤中VOCs进行分析。

## 1.2 健康风险评价

### 1.2.1 暴露评估

鉴于有关部门尚未明确该污染场地未来土地利用类型,故假设该地块规划为居住用地,则相对应的暴露人口是居民。一般而言,居民主要通过下列几种途径摄入土壤中污染物:不慎直接摄入污染土壤;经皮肤接触污染土壤而吸收土壤中污染物;通过呼吸系统吸入土壤尘而吸入污染物。

土壤污染物浓度值通过监测数据确定。污染物摄取量以单位时间内单位体重的摄取量(CDI, mg/kg·d)表示。暴露评估各参数必须结合场地的实际情况和未来的土地利用类型,选择能代表最大可能暴露情形的数值。各暴露途径污染物摄取量的计算公式<sup>[6-7]</sup>如下。

#### (1) 直接摄入污染土壤计算方法

因不慎摄入土壤而摄入的污染物CDI按下式进行计算:

$$CDI_{\text{直接摄入}} = \frac{CS \times IR_o \times CF \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

#### (2) 皮肤接触吸收污染物计算方法

通过皮肤直接接触土壤,因皮肤吸收而摄入土壤污染物,采用下列公式计算:

$$CDI_{\text{皮肤接触}} = \frac{CS \times CF \times SA \times AF \times ABS \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

#### (3) 通过呼吸系统吸入污染物计算方法

通过摄入土壤尘而摄入污染物量按下式计算:

$$CDI_{\text{呼吸摄入}} = \frac{CS \times \frac{1}{PEF} \times IR_i \times EF \times ED}{BW \times AT}$$

上列各式中CS为化学物质在土壤中的质量比,mg/kg;其他各参数取值主要参照文献[6-7]和《工业企业土壤环境质量风险评价基准》(HJ/T 25-1999),见表1。

### 1.2.2 风险表征

非致癌风险值可通过平均到整个暴露作用期的每天单位体重摄入量CDI除以每一途径的慢性参考剂量RfD计算得出,以HQ表示。

$$HQ = CDI/RfD$$

每个化学污染物的非致癌风险等于通过各类途径非致癌风险值的总和,对个体总的非致癌风

险则为上述所有途径产生风险之和。

表1 通用土壤基准采用的暴露系数

暴露系数	符号	儿童	成人
质量, kg	BW	15 <sup>[8]</sup>	61.6 <sup>[8]</sup>
平均作用时间(致癌), d	AT	25 550	25 550
平均作用时间(非致癌), d	AT	2 190	8 760
转换系数, mg/kg	CF	10-6	10-6
暴露频率, d/a	EF	350	350
暴露时间, a	ED	6	24
每日摄入土壤量, mg/d	IR <sub>o</sub>	200	100
皮肤表面积, cm <sup>2</sup>	SA	2 800	5 700
土壤粘附系数, mg/cm <sup>2</sup> ·d	AF	0.2	0.07
皮肤接触吸收系数(无量纲)	ABS	挥发性有机物取值0.1	
每日吸入空气量, m <sup>3</sup> /d	IR <sub>i</sub>	10	20
土壤尘产生因子, m <sup>3</sup> /kg	PEF	1.4 × 10 <sup>9</sup>	

根据文献[9],1为可接受总非致癌风险的上限。若总非致癌风险>1,应进行整治目标计算或进行下一层次健康风险评估;若≤1,则表示受体所承受的非致癌风险处于可接受范围内,无须再做进一步的评估。

致癌风险值是通过平均到整个生命周期的每天单位体重摄入量CDI乘以每一途径的致癌斜率系数CSF计算得出,以R表示。

$$R = CDI \times CSF$$

每一种途径(经口、皮肤或呼吸直接摄入)的致癌风险将等于所有致癌污染物通过此途径产生风险之和,对个体总风险则为上述所有途径产生风险之和。

根据文献[9],10<sup>-6</sup>为可接受总致癌风险的上限。若总致癌风险>10<sup>-6</sup>,应进行整治目标计算或进行下一层次健康风险评估;若≤10<sup>-6</sup>,则表示受体所承受的致癌风险处于可接受范围内,无须再做进一步的评估。

现对污染物质的毒性评价主要以查询美国环保局综合风险咨询系统(IRIS)和健康影响评价概要表格(HEAST)为主,见表2。

## 1.3 生态风险评价

生态风险评价(Ecological Risk Assessment, ERA)是一个预测环境污染物对生态系统或其中一部分产生有害影响可能性的过程,是量化有毒污染物生态危害的重要手段,最终目的是得出一个浓度阈值或风险值,为环境决策或与其相关的标准或基准的制定提供参考依据<sup>[10]</sup>。

表2 目标污染物毒性数据

目标污染物	非致癌慢性参考剂量/ ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ )	致癌斜率系数/ ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ ) <sup>-1</sup>
二氯甲烷	0.06	
三氯甲烷	0.01	
苯		0.029
甲苯	0.2	
乙苯	0.1	
二甲苯	2	

表3 VOCs 质量比范围

VOCs	含量范围
二氯甲烷	0 ~ 0.048
三氯甲烷	0 ~ 1.14
苯	0 ~ 2.16
甲苯	0 ~ 55.2
乙苯	0 ~ 10.7
二甲苯	0 ~ 14.7

商值法是判定某一浓度化学污染物是否具有潜在有害影响的半定量生态风险评价方法<sup>[11]</sup>。它是将实际监测或由模型估算出的环境暴露浓度与表征该物质危害程度的毒性数据相比较获得风险商值,由商值得出“有无风险”的结论。比值 > 1 说明有风险,比值越大风险越大;比值 < 1 则安全。商值法评价结果为半定量,只能用于低水平的风险评价<sup>[12]</sup>。

## 2 结果与讨论

### 2.1 土壤中 VOCs 测定结果

研究区域土壤中 VOCs 污染以苯系物和卤代烃为主, VOCs 质量比范围见表 3, 各采样区域 VOCs 总量见表 4。

由表 3 和表 4 可见,办公区土壤 VOCs 污染相对较轻,而生产区土壤 VOCs 污染相对较重,其中尤其以生产车间内土壤污染最为严重。

### 2.2 健康风险评价

采样区域	ΣVOCs
办公区	0 ~ 0.049
危险品库	0.075 ~ 2.14
生产车间内	0 ~ 56.6
生产车间外	0.007 ~ 1.21
污水处理区	0.283 ~ 1.36
泵房等辅助设施区	0 ~ 2.21

计算污染物摄入量时,污染物浓度通常取算术平均数的 95% UCL (Upper Confidence Limit)。为了解 VOCs 污染场地部分高浓度点的健康风险,以污染物浓度最大值来评价其健康风险。该污染场地中用来进行健康风险评价的 VOCs 共计 6 种,其中二氯甲烷、三氯甲烷、甲苯、乙苯和二甲苯具有非致癌风险,苯具有致癌风险。

依据健康风险评价模型和评价参数,对该区域范围内土壤中 VOCs 可能存在的非致癌风险和致癌风险进行评价,结果见表 5、表 6。

表5 不同暴露途径 VOCs 非致癌风险

化合物	直接摄入		皮肤接触		呼吸摄入		总风险
	儿童	成人	儿童	成人	儿童	成人	
二氯甲烷	1.02E-05	1.25E-06	2.86E-06	4.97E-07	3.65E-10	1.78E-10	1.48E-05
三氯甲烷	1.46E-03	1.77E-04	4.08E-04	7.08E-05	5.21E-08	2.54E-08	2.11E-03
甲苯	3.53E-03	4.30E-04	9.88E-04	1.71E-04	1.26E-07	6.14E-08	5.12E-03
乙苯	1.37E-03	1.67E-04	3.83E-04	6.65E-05	4.89E-08	2.38E-08	1.98E-03
二甲苯	9.40E-05	1.14E-05	2.63E-05	4.57E-06	3.36E-09	1.63E-09	1.36E-04
总风险	6.46E-03	7.86E-04	1.81E-03	3.14E-04	2.31E-07	1.12E-07	9.37E-03

表6 不同暴露途径 VOCs 致癌风险

化合物	直接摄入		皮肤接触		呼吸摄入		总风险
	儿童	成人	儿童	成人	儿童	成人	
苯	6.86E-08	3.34E-08	1.92E-08	1.33E-08	2.45E-12	4.78E-12	1.35E-07

### 2.3 生态风险评价

采用商值法对土壤中卤代烃和苯系物进行初步生态风险评价,结果见表 7。

由表 7 可见,污染场地中苯系物的最大质量浓度均 > EPA R4 土壤筛选值和 EPA R5 土壤筛选值,三氯甲烷最大质量浓度 > EPA R4 土壤筛选值,

表7 土壤 VOCs 的生态风险评价

mg/kg

化合物	最大值	UCL95	EPA R4 土壤筛选值 <sup>[13]</sup>	EPA R5 土壤筛选值 <sup>[14]</sup>
二氯甲烷	0.048	0.013	2.0	4.05
三氯甲烷	1.14	0.162	0.001	1.19
苯	2.16	0.343	0.05	0.255
甲苯	55.2	1.33	0.05	5.45
乙苯	10.7	0.469	0.05	5.16
二甲苯	14.7	0.806	0.05	10.0

接近 EPA R5 土壤筛选值。土壤 VOCs 最高质量浓度点主要分布在生产车间内,因此该污染场地中生产车间内的土壤 VOCs 生态风险较大,存在着对生物的危害。

### 3 结论

(1) 土壤中 VOCs 污染以苯系物和卤代烃为主,苯系物质量浓度为 0 ~ 56.6 mg/kg, 卤代烃质量浓度为 0 ~ 1.14 mg/kg;

(2) 土壤 VOCs 健康风险均在可接受范围内,但污染物对儿童的健康风险值得关注;

(3) 生产车间内的土壤 VOCs 生态风险较大,存在着对生物的危害。

#### [参考文献]

- [1] 赵沁娜. 城市土地置换过程中土壤污染风险评价与风险管理研究[D]. 上海: 华东师范大学资源与环境科学学院, 2006.
- [2] 胡冠九, 穆肃, 张祥志, 等. 空气中挥发性有机物污染状况及健康风险评价[J]. 环境监控与预警, 2010, 2(1): 5-7
- [3] 章霖之, 王荣俊, 丁倩. 常州某农药生产场地土壤中挥发性有机物污染状况调查[J]. 中国环境监测, 2012(3): 67-71.
- [4] Closed-system purge-and-trap and extraction for volatile organics in soil and waste samples. EPA Method 5035, Revision 0[S].

Washington DC: US Environmental Protection Agency, 2002.

- [5] Volatile organic compounds by gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS). EPA Method 8260B, Revision 2[S]. Washington DC: US Environmental Protection Agency, 1996.
- [6] Office of emergency and remedial response, US Environmental Protection Agency. Risk assessment guidance for superfund, volume I: Human health evaluation manual (Part A) interim final. EPA/540/1-89/002[S]. December 1989.
- [7] U. S. Department of energy (DOE) RAIS: Risk assessment information system[S]. Washington DC, 2000.
- [8] 胡冠九. 南京典型环境介质中有机污染物污染特征及健康风险评价[D]. 南京: 南京大学, 2009.
- [9] 唐秋萍, 张毅, 王伟. 化工企业拆迁场地健康风险评价[J]. 环境监控与预警, 2010, 2(4): 7-11.
- [10] 蒙吉军, 赵春红. 区域生态风险评价指标体系[J]. 应用生态学报, 2009, 20(4): 983-990.
- [11] CAO H F, SHEN Y W. Brief review: ecological risk assessment research[J]. Environmental Chemistry, 1991, 10(3): 26-30.
- [12] 张思锋, 刘晗梦. 生态风险评价方法述评[J]. 生态学报, 2010, 30(10): 2735-2744.
- [13] Westinghouse savannah river company, savannah river technology center. Ecological screening values for surface water, sediment, and soil[R]. Friday, G. P.: Aiken, SC 29808, November 1998.
- [14] RCRA. ecological screening levels[S]. U. S. EPA, Region 5, 2003.

## 投稿须知

为提高编辑部工作效率,缩短稿件审改周期,《环境监控与预警》编辑部在线采编系统现已启用,投稿时,请作者进入《环境监控与预警》编辑部网站(<http://www.hjjkyyj.com>)。首先注册用户名,填写相关信息后登陆,按页面提示要求进行投稿及查询。本刊已停止 E-MAIL 投稿方式,特此说明,谢谢合作。

《环境监控与预警》编辑部