

监测与评价

# 退役化工企业污染场地健康风险评估 (即第三阶段场地环境调查)

钱建英

(煤科集团杭州环保研究院,浙江 杭州 311201)

**摘要:**由于城市人口的急剧增长和工业经济的迅猛发展,固体废物不断向土壤表面堆放和倾倒,有害废水不断向土壤渗透,大气中的有害气体及颗粒物也不断随雨水降落在土壤中,导致了土壤污染。随着经济的发展和城市化建设进度的加快,场地性质的变更越来越频繁,位于城市中心地带或者工商业聚集区中的污染地块被改变用途后的潜在土壤污染风险问题已逐渐显现。污染场地健康风险评估考虑到多种污染物可能同时存在于场地不同的介质之中,如土壤、空气、水、食物和尘埃等,通过分析受体相关的多种暴露途径,实现对多介质的健康风险评估,以可接受健康风险水平为出发点,提出保护人体健康的土壤修复目标值,风险评估结果是进行污染修复和管理决策的科学依据。

**关键词:**污染场地;暴露途径;风险评估;可接受健康风险水平

中图分类号:X82

文献标识码:B

文章编号:1006-8759(2016)05-0044-04

## BACK A SERVICE CHEMICAL ENGINEERING BUSINESS ENTERPRISE POLLUTION PLACE HEALTHY RISK VALUATION(NAMELY THREE STAGE PLACE ENVIRONMENT SURVEY)

QIAN Jian-ying

(CCTEG Hangzhou Environmental Research Institute,Zhejiang 311201,China)

**Abstract:** Because population in the city sharply increases and the fast fierce development of industry economy, the solid discard continuously piles to the soil surface and dumps, the harmful waste water continuously permeates to the soil, and the harmful air in the atmosphere and grain thing also continuously land with the rain water in the soil and caused soil's polluting. Because development and urbanization of economy constuct speeding of progress, the alteration of place property is more and more multifarious, be located in the gathering pollution ground within area of district in the city center or industry and business industry the piece be changed a latent soil in use pollution risk problem have already presented gradually. Pollute healthy risk valuation of place in consideration of various pollutants may be existed to a place to differently lie quality at the same time in, like soil, air, water, food and dust etc., pass analysis and be subjected to various related revelation of the body path, carry out to the healthy risk valuation that lies more quality, take canning accept healthy risk level as a starting point, put forward the soil of protecting human body health repair target value, the

risk analyzing result is science that carries on polluting repair and management decision basis.

**Key words:** Pollute a place;Expose path;The risk evaluates;Can accept healthy risk level

污染场地风险评估分为人体健康风险评估和生态风险评估。污染场地健康风险评估是指针对特定土地利用方式下的场地条件,评价场地上一种或多种污染物质对人体健康产生危害可能性的技术方法;污染场地生态风险评估是评价场地污染对植物、动物和特定区域的生态系统影响的可能性和影响大小。场地受到污染后,通常需要采取一定的措施,以削减土地利用过程中的人群健康风险和生态风险。

我国场地污染风险评估采用基于健康风险评估的原则。污染场地健康风险评估考虑到多种污染物可能同时存在于场地不同的介质之中,如土壤、空气、水、食物和尘埃等,通过分析与受体相关的多种暴露途径,实现对多介质的健康风险评估,以可接受健康风险水平为出发点,提出保护人体健康的土壤修复目标值。污染场地风险评估结果是进行污染修复和管理决策的科学依据,有助于分析和比较多种修复措施的有效性,为合理制定土地利用规划和污染治理计划提供依据,有效地规避场地污染风险。

## 1 项目背景

2014年环境保护部印发了《关于加强工业企业关停、搬迁及原址场地再开发利用过程中污染防治工作的通知》(环发[2014]66号):要求按照相关法规政策要求,场地使用权人等相关责任人委托专业机构开展关停搬迁工业企业原址场地的环境调查和风险评估工作。经场地环境调查及风险评估认定为污染场地的,场地使用权人等相关责任人应落实关停搬迁企业治理修复责任并编制治理修复方案,将场地调查、风险评估和治理修复等所需费用列入搬迁成本。

## 2 调查目的和原则

### 2.1 调查目的

场地污染有很大的隐蔽性、滞后性和持久性,污染通常存在于土壤并通过土壤转移,变化和移动非常缓慢(几年甚至几十年),污染只有触及受体时才可能会被发现。

通过在第一阶段、第二阶段场地环境调查报

告识别和确认的场地环境污染的基础上,通过污染场地健康风险评估来确定场地是否满足未来土地利用要求,是否需进行生态修复工作。其主要调查目的为:

根据未来土地利用要求,进行污染场地的健康风险评估,通过分析污染场地土壤中污染物通过不同暴露途径,对人体健康产生危害的概率,并分析可接受风险水平;

若单一关注污染物的非致癌效应可接受危害商 $\leq 1.0$ 和可接受致癌风险水平 $\leq 10^{-6}$ ,则不需经生态修复即可再利用,否则需经生态修复后才能再利用;

污染场地健康风险评估可为未来场地利用方向的决策提供依据,避免有关遗留污染物造成环境污染和经济损失,保障人民的身体健康。

### 2.2 调查原则

通过第一阶段和第二阶段场地环境调查报告,确定场地已经受到有机污染。污染场地风险评估是识别和评估场地环境污染或潜在场地环境污染的过程,即对场地上过去和现在的各类活动、特别是可能造成污染的活动进行调查,分析和评价场地环境状况,分析污染场地土壤中污染物通过不同暴露途径,对人体健康产生危害的概率,计算基于风险土壤修复限值以及保护地下水的土壤修复限值的过程。

## 3 调查方法

污染场地健康风险评估(即第三阶段场地环境调查)主要调查方法如下:

**危害识别:**根据第一、第二阶段场地环境调查获取的资料,结合场地土地的规划利用方式,确定污染场地的关注污染物、场地内污染物的空间分布和可能的敏感受体,如儿童和成人等,主要包括三个方面的工作内容:收集场地环境调查资料、确定土地利用方式和关注污染物。

**暴露评估:**在危害识别的工作基础上,分析场地土壤中关注污染物进入并危害敏感受体的情景,确定场地土壤污染物对敏感人群的暴露途径,确定污染物在环境介质中的迁移模型和敏感人群的暴露模型,确定与场地污染状况、土壤性质、地

下水特征、敏感人群和关注污染物性质等相关的模型参数值,根据暴露模型和相应的参数计算敏感人群在不同暴露情景下对应的暴露量。

**毒性评估:**在危害识别的基础上,分析关注污染物对人体健康的危害效应,包括致癌效应和非致癌效应,确定与关注污染物相关的毒性参数,包括参考剂量、参考浓度、致癌斜率因子和单位致癌因子等。

**风险表征:**在暴露评估和毒性评估的基础上,采用风险评估模型计算单一污染物经单一暴露途径的风险值、单一污染物经所有暴露途径的风险值、所有污染物经所有暴露途径的风险值。风险表征计算的风险值包括单一污染物的致癌风险值、所有关注污染物的总致癌风险值、单一污染物的危害商(非致癌风险值)和多个关注污染物的危害指数(非致癌风险值)。

**确定修复目标值:**通过风险表征,当污染场地风险评估结果未超过可接受风险时,则结束进一步风险评估工作;当污染场地风险评估结果超过可接受风险水平,则计算关注污染物基于致癌风险的修复限值及基于危害商的修复限值。

## 4 案例分析

### 4.1 退役化工企业基本情况

某退役化工企业主要生产邻苯二甲酸二辛酯,所在地块在使用之前为农田,从生产至今十几年内一直作为企业DOP生产使用,未作为其它性质用地。2014年企业搬迁后(异地重建),大部分生产装置未拆除,尚存在区内,故项目区地块一直闲置,未作为其它性质用地被再次开发使用,现状土壤等未扰动,各污染物未受到人为的影响而发生迁移。

### 4.2 潜在污染场地土壤评价结果

根据退役化工企业场地今后的规划利用方

向,第一、二阶段场地调查主要将整个监测期间土壤结果与《污染场地风险评估导则》(DB 33/T 892-2013)中的商服及工业用地筛选值进行比较分析,见表1。

表1 土壤监测数据与各标准对照分析

检测项目	土壤监测结果 最大值(mg/kg)	95%置信浓度 上限值最大值 (mg/kg)	DB33T892-2013 商服及工业用地 筛选值(mg/kg)
邻苯二甲酸二丁酯	1.95	0.569	800
邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯	162	33.13	30
邻苯二甲酸二正辛酯	2.21	0.496	9000

由分析结果可知,除邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯有3个点位(生产车间、污水处理站和储罐区附近)有部分层数的监测结果超过商服及工业用地筛选值外,其余均未出现超标。邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯属于该退役化工企业的产品,主要跟生产过程等跑冒滴漏有关,邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯的监测结果最大值为162 mg/kg,而DB33T892-2013中关于商服及工业用地筛选值为30 mg/kg,超过4.4倍。故本退役化工企业场地需进行进一步的污染场地健康风险评估(即开展第三阶段场地环境调查),以说明该场地是否可作为金融保险业用地再开发利用。

### 4.3 暴露评估

**暴露途径:**根据《污染场地风险评估技术导则》(DB 33/T892-2013),金融保险业用地(C22)属于规划商服及工业用地,故敏感人群不需考虑儿童的非致癌效应和致癌效应。由于本场地关注的污染物中邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯属于3类致癌物质,故本文主要考虑成人的非致癌效应和致癌效应。

暴露途径主要考虑经口摄入、皮肤接触和吸

表2 暴露量计算结果

关注的 污染物	经口摄入 土壤暴露 量(kg土壤 /(kg体重·d))	皮肤接触 土壤暴露 量(kg土壤 /(kg体重·d))	吸入空气 中土壤颗粒物 暴露量 (kg土壤/(kg 体重·d))	吸入室外空 气中来自表 层土壤暴露 量(kg土壤 /(kg体重·d))	吸入室外空 气中来自下 层土壤暴露 量(kg土壤 /(kg体重·d))	吸入室外空 气中来自表 层土壤地下 水暴露量(L 地下水/(kg 体重·d))	吸入室内空 气中来自下 层土壤暴露 量(kg土壤 /(kg体重·d))	吸入室内空 气中来自表 层土壤地下 水暴露量(L 地下水/(kg 体重·d))
DEHP	4.479E-07	2.449E-07	5.176E-09	3.20E-11	7.57E-15	2.33E-10	1.39E-17	1.19E-12
DNBP	1.284E-06	7.022E-07	1.484E-08	2.66E-09	1.81E-11	1.25E-09	2.52E-14	4.90E-12
DNOP	1.284E-06	7.022E-07	1.484E-08	5.96E-10	9.12E-13	2.24E-08	4.32E-15	3.02E-10

入(包括吸入空气中土壤颗粒物、吸入室内和室外空气中污染物蒸气)五种暴露途径。

暴露量计算:本文主要采用《污染场地风险评估导则》(DB 33/T 892-2013)中的公式计算暴露量,计算结果见表2。

#### 4.4 风险表征

风险表征风险值:本次场地评价风险表征计算的风险值包括单一污染物的致癌风险值(DEHP)、单一污染物的危害商(非致癌风险值)和

多个关注污染物的危害指数(非致癌风险值)。土壤中污染物浓度按场界内所有采样点污染物浓度数据95%置信区间的上限值进行计算。

风险表征结果:

##### ①单一污染物的致癌风险

单一土壤污染物经所有途径的致癌风险合计见表3。合计按场界内所有土壤监测点位计算DEHP经所有暴露途径的致癌风险合计为 $5.10 \times 10^{-7}$ 。

表3 单一土壤污染物经所有途径的致癌风险合计

指标	经口摄入污染土壤的致癌风险	皮肤接触污染土壤的致癌风险	吸入受污染土壤颗粒物的致癌风险	吸入室外空气中来自土壤污染物蒸气的致癌风险	吸入室内空气中来自土壤污染物蒸气的致癌风险	经口摄入地下水中单一污染物的致癌风险	合计
按场界内所有土壤监测点位计算DEHP致癌风险值	1.31E-07	3.77E-07	1.51E-09	9.38E-12	1.93E-16	0	5.10E-07

##### ②单一污染物的危害商(非致癌风险值)

单一土壤污染物经所有途径的危害商合计见表4。

合计DNBP经所有暴露途径的危害商合计为 $4.31 \times 10^{-6}$ 。

合计DNOP经所有暴露途径的危害商合计为 $1.79 \times 10^{-5}$ 。

##### ③所有污染物的危害指数(非致癌风险值)

由表4可知,所有污染物的危害指数(非致癌风险值) $=4.31E-06+1.79E-05=2.22 \times 10^{-5}$ 。

表4 单一土壤污染物经所有途径的危害商合计

指标	经口摄入污染土壤的危害商	皮肤接触污染土壤的危害商	吸入受污染土壤颗粒物的危害商	吸入室外空气中来自土壤污染物蒸气的危害商	吸入室内空气中来自土壤污染物蒸气的危害商	经口摄入地下水中单一污染物的危害商	合计
DNBP危害商	2.76E-06	1.51E-06	3.19E-08	5.77E-09	1.62E-13	0	4.31E-06
DNOP危害商	1.68E-05	9.16E-07	1.94E-07	9.69E-09	2.57E-11	0	1.79E-05

#### 4.5 可接受风险水平

根据《污染场地风险评估技术导则》(浙江省地方标准DB 33/T 892-2013):可接受风险水平包括可接受致癌风险水平和非致癌效应可接受危害商。对于单一关注污染物,可接受致癌风险水平一般为(小于等于) $10^{-6}$ ,具体情况根据技术水平和当地的社会经济状况进行调整;非致癌效应可接受危害商为(小于等于)1。

#### 4.6 暴露评估结论

根据前述计算分析,本污染场地可接受风险水平与相关标准的对照分析见表5。

经计算,本污染场地的可接受致癌风险值为 $5.10 \times 10^{-7} \leq 10^{-6}$ ,可接受危害商合计 $2.22 \times 10^{-5} \leq 1.0$ ,均符合浙江省相关标准要求,故本污染场地可结束进一步风险评估工作,不需计算关注污染物基于致癌风险的修复限值及基于危害商的修复

表5 本污染场地可接受风险水平与相关标准的对照分析

指标	本污染场地计算值			浙江省标准值	符合性分析	备注
	DEHP	DNBP	DNOP			
致癌风险值	$5.10 \times 10^{-7}$	/	/	$\leq 10^{-6}$	符合	
危害商	/	$4.31 \times 10^{-6}$	$1.79 \times 10^{-5}$	$\leq 1.0$	符合	

(下转第14页)

### 2.3 针对煤矿污泥浓缩现状的修正

迪克的极限固体通量理论是针对浓缩池每天连续进泥、连续排泥的情况来确定固体通量的。但是煤矿污废水量通常较小,沉淀池、生化池等基本都是断续排泥,浓缩池也是间歇式运行,往往是每天固定时间(白班)排泥,这就造成浓缩池进泥与排泥有很大的不确定性,由上述公式取得的固体通量值通常偏高,浓缩不完全,排泥浓度低,严重影响后续污泥脱水。

因此基于极限固体通量理论的连续式重力浓缩池设计方法并不完全适用于煤矿含煤污泥浓缩池的设计及运行,但可以作为含煤污泥浓缩池设计的上限值。

根据煤矿含煤污泥浓缩池的工作状态,如果采用较为保守的设计方法,在选取固体通量设计值时就不应该考虑排泥固体通量,而取静沉固体通量,即不应该考虑底流流速的影响。由此计算的固体通量和极限固体通量中值如表2所示。

表2 极限固体通量中值与静沉固体通量

序号	污泥浓度 g/L	极限固体通量中值 kg/m <sup>2</sup> ·h	静沉固体通量 kg/m <sup>2</sup> ·h
1	4.52	7.71	5.99
2	2.50	4.04	3.09
3	2.02	3.14	2.37
4	1.54	2.58	1.99
5	3.22	4.27	3.04
6	0.65	1.04	0.79
7	3.46	4.94	3.63
8	7.27	8.77	6.01
9	5.28	6.82	4.82
10	4.25	5.86	4.24
11	2.00	3.20	2.44
12	7.05	9.72	7.04

去除底流排泥流速影响后,求得的静沉固体通量明显降低,与极限固体通量中值的相对关系如图4所示。

\*\*\*\*\*  
(上接第47页)

限值,该退役化工企业原址搬迁后不需经生态修复即可作为商服及工业用地再利用。

### 4.7 建议

经监测三个点位部分层数中土壤的DEHP浓度值超过DB33T892-2013(浙江省地方标准)商服及工业用地筛选值,对于该部分区域内的土壤,如果今后该区域规划为地下室,则区域需大开挖,

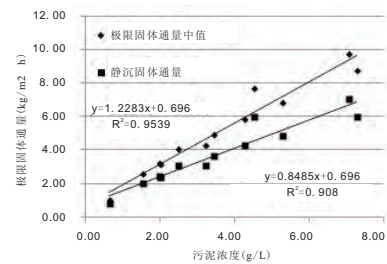


图4 极限固体通量中值与静沉固体通量

可以看出,大部分含煤污泥静沉固体通量在2.00 kg/(m<sup>2</sup>·h)~6.00 kg/(m<sup>2</sup>·h)之间,并且随污泥浓度增大而增大;静沉固体通量拟合曲线下方为合适的设计取值范围。

### 3 结论

含煤生活污水重力浓缩过程的固体通量可以通过静沉试验确定,沉淀初期固体通量与污泥浓度有正相关性。

由迪克原理求取的极限固体通量较高,不适合煤矿含煤污泥浓缩处理的运行现状。

对于大部分间歇排泥的含煤污泥浓缩池,固体通量应该取对应污泥浓度下的静沉固体通量;当难以确定污泥浓度时,可以在2.00 kg/(m<sup>2</sup>·h)~6.00 kg/(m<sup>2</sup>·h)范围内取值,用极限固体通量校核。

### 参考文献

[1] 周如禄.矿井水净化处理自动化监控系统开发与应用[J].煤炭学报,2012,37(S1):202-206.  
 [2] 李福勤,李硕,何绪文,等.煤矿矿井水处理工程存在的问题及对策[J].中国给水排水,2012,28(2):18-20.  
 [3] 毛维东.煤矿矿井水污泥处理存在的问题及对策[J].煤炭技术,2015,34(1):358-360.  
 [4] 刘欢,杨家宽,时亚飞,等.不同调理方案下污泥脱水性能评价指标的相关性研究[J].环境科学,2011,32(11):3394-3399.  
 [5] R.L.Dick, Role of Activated Sludge Final Settling Tanks [J]. Journal of the Sanitary Engineering Division, 1970, 96(2):23-436.

该部分土壤不应暴露在表层,尽量将其置于下层区域内,且不得作为弃土外运填埋,以减少暴露情景下有机物蒸发对成人等的影响。如果该部分超标区域不需进行大开挖,则应尽量减少土壤扰动,上部用宕渣等平整后对区域环境的影响不大,土壤中DEHP可通过微生物逐步分解。