

# 基于健康风险的三氯杀螨醇生产设备表面 污染物筛选值推算的初步研究

罗飞<sup>1,2</sup>, 宋静<sup>1,2</sup>, 潘云雨<sup>1,2</sup>, 陈梦舫<sup>1,2</sup>, 骆永明<sup>1,2,3</sup>, 陈义<sup>4</sup>, 史建霞<sup>4</sup>

(1 中国科学院土壤环境与污染修复重点实验室, 南京土壤研究所, 江苏 南京 210008

2 中国科学院研究生院, 北京 100049 3 中国科学院烟台海岸带研究所, 山东 烟台 264003

4 怀来县环境保护局, 河北 怀来 075400)

**摘要:** 运用确定性和概率性人体健康风险评估的方法, 推算一般工业暴露情景和拆卸清理暴露情景下三氯杀螨醇生产设备表面污染物的筛选值。结果表明:  $p, p' - \text{滴滴涕}$ 、 $p, p' - \text{滴滴滴}$ 和  $p, p' - \text{滴滴依}$ 基于确定性风险评估的设备表面筛选值在一般工业暴露情景下分别为  $0.224 \text{ mg/m}^2$ 、 $0.214 \text{ mg/m}^2$ 和  $0.151 \text{ mg/m}^2$ , 在拆卸清理暴露情景下分别为  $0.68 \text{ mg/m}^2$ 、 $10.7 \text{ mg/m}^2$ 和  $7.57 \text{ mg/m}^2$ ; 基于蒙特卡罗概率性风险评估的表面筛选值更为保守; 不确定性分析表明从手部发生次数、接触表面频率和可供摄入的皮肤有效面积等为敏感参数。

**关键词:** 生产设备; 设备表面筛选值; 确定性风险评估; 概率性风险评估; 蒙特卡罗模拟; 不确定性分析

中图分类号: X820.4 文献标识码: A 文章编号: 1006-2009(2011)03-0034-05

## Preliminary Study on Derivation of Health Risk-based Surface Screening Levels of Contaminants for Dicofol Manufacturing Equipment

LUO Fei<sup>1,2</sup>, SONG Jing<sup>1,2\*</sup>, PAN Yun-yu<sup>1,2</sup>, CHEN Meng-fang<sup>1,2</sup>, LUO Yong-ming<sup>1,2,3</sup>, CHEN Yi<sup>4</sup>, SHI Jian-xia<sup>4</sup>

(1. Key Laboratory of Soil Environment and Pollution Remediation, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing, Jiangsu 210008, China; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai Shandong 264003, China; 4. Bureau of Environmental Protection of Huailai, Huailai Hebei 075400, China)

**Abstract** Deterministic and probabilistic human health risk assessment approaches were used to derive the surface screening levels of contaminants for Dicofol manufacturing equipment under industrial and demolition exposure scenarios. It was found that the surface screening levels of  $p, p' - \text{DDT}$ ,  $p, p' - \text{DDD}$  and  $p, p' - \text{DDE}$  based on the deterministic calculation under the industrial exposure scenario were  $0.224 \text{ mg/m}^2$ ,  $0.214 \text{ mg/m}^2$  and  $0.151 \text{ mg/m}^2$ , respectively, while the surface screening levels of these pollutants under the demolition exposure scenario were  $0.68 \text{ mg/m}^2$ ,  $10.7 \text{ mg/m}^2$  and  $7.57 \text{ mg/m}^2$ , respectively. Surface screening levels derived by Monte Carlo-based probabilistic risk assessment were more conservative under the same scenarios. Uncertainty analysis indicated that  $HTE$ ,  $EV$  and  $SA_g$  were sensitive parameters.

**Key words** Manufacturing equipment; Equipment surface screening levels; Deterministic risk assessment; Probabilistic risk assessment; Monte Carlo simulation; Uncertainty analysis

收稿日期: 2011-04-25

基金项目: 国家“八六三”计划基金资助项目(2009AA061304-03); 中国科学院知识创新工程重要方向基金资助项目(KZCX2-YW-BR-19); 国家环境保护公益性基金资助项目(2010467016)

作者简介: 罗飞(1986-), 男, 重庆人, 硕士研究生, 主要从事场地风险评估与修复研究。

\* 通讯作者: 宋静 Email: jingsong@issas.ac.cn

随着工业化、城市化进程的加快, 以及“退二进三”“退城进园”政策的实施, 我国出现了大量的污染场地<sup>[1]</sup>, 亟待开展场地调查、风险评估与修复治理工作。污染识别是污染场地风险评估的重要

组成部分, 识别对象除了场地土壤、地下水、地表水、固体废物、液态废物和墙体外, 还包括生产设备。生产设备表面绝大多数属于硬质、光滑、非渗水性表面, 由于在工业活动中长期与污染物直接或间接接触, 设备表面可能受到污染。

目前, 国外学者开展了炸药、多氯联苯、二恶英、呋喃和铅等污染物的非渗水表面健康风险评估及筛选值计算工作<sup>[2-3]</sup>, 但国内关于污染物的非渗水表面筛选值推算和风险评估的研究还未见报道。因此, 有必要借鉴国外经验, 建立一套污染物设备表面筛选值的推算方法, 进而为我国开展污染设备表面健康风险评估提供判断依据。

三氯杀螨醇作为杀螨剂广泛用于果树、棉花、蔬菜等作物, 其主要生产原料为滴滴涕原粉<sup>[4]</sup>。三氯杀螨醇设备表面在生产过程中可能受到严重的滴滴涕污染, 污染设备若未经清理或妥善处理, 在正常使用或拆卸清理过程中, 其表面的滴滴涕可能通过皮肤接触、口腔摄入及呼吸吸入等途径危害人体健康。为了对三氯杀螨醇生产设备在使用、拆卸或清理过程中产生的风险进行有效管理, 保障生产人员和拆卸工人的人身安全, 开展生产设备的人体健康风险评估显得尤为重要, 而污染物设备表面筛选值作为是否启动风险评估的评判依据, 更值得关注。

今运用确定性风险评估和概率性风险评估的方法, 推算三氯杀螨醇生产设备表面污染物的筛选值, 分别提出了一般工业暴露情景和拆卸清理暴露情景下污染物的筛选值, 并分析了模型参数的不确定性, 以期为我国开展设备表面及其他光滑非渗水性表面污染物的筛选值推算提供借鉴, 同时为污染设备表面的健康风险评估工作奠定基础。

## 1 设备表面筛选值推算方法

### 1.1 暴露评估

由于企业中生产设备的使用状况可能不同, 该研究考虑两种暴露情景: ①一般工业暴露情景, 即假设生产设备保持现状并投入正常的工业生产, 其表面的污染物不被清理或去除, 此情景下易受到污染危害的是工厂职工; ②拆卸清理暴露情景, 即假设企业在拆迁过程中, 需对污染设备拆除、清理或改造, 此情景下易受到污染危害的是拆卸工人。两种情景下的敏感受体均为成人。

敏感受体的暴露途径包括皮肤接触暴露、口腔摄入暴露及呼吸吸入暴露。经皮肤接触暴露途径的接触速率 ( $CR_{\text{dermal}}$ ,  $\text{m}^2/\text{d}$ )、口腔摄入暴露途径的接触速率 ( $CR_{\text{ingest}}$ ,  $\text{m}^2/\text{d}$ )及呼吸吸入暴露途径的接触速率 ( $CR_{\text{inhal}}$ ,  $\text{m}^2/\text{d}$ )可分别用公式(1)~(3)中的模型计算。

$$CR_{\text{dermal}} = SA_d \times F_d \times EV \times FT_{\text{ss}} \times DAF \quad (1)$$

$$CR_{\text{ingest}} = SA_g \times F_g \times EV \times FT_{\text{ss}} \times FT_{\text{sn}} \times HTME \quad (2)$$

$$CR_{\text{inhal}} = IR \times K \quad (3)$$

式中,  $SA_d$ ——皮肤表面有效吸附表面积,  $\text{m}^2$ ;

$F_d$ ——每日有效皮肤接触面积分数, 无量纲;

$EV$ ——接触表面频率,  $\text{d}^{-1}$ ;

$FT_{\text{ss}}$ ——颗粒从表面迁移到皮肤的分率, 无量纲;

$DAF$ ——皮肤吸收效率因子, 无量纲;

$SA_g$ ——可供摄入的皮肤有效表面积,  $\text{m}^2$ ;

$F_g$ ——接触口部的有效皮肤面积分数, 无量纲;

$FT_{\text{sn}}$ ——颗粒从皮肤迁移到口部的分率, 无量纲;

$HTME$ ——从手到口部发生次数, 无量纲;

$IR$ ——呼吸速率,  $\text{m}^3/\text{d}$

$K$ ——再悬浮因子,  $\text{m}^{-1}$ 。

用于确定性和概率性计算的相关参数取值见表 1, 为了使推算的表面筛选值更为保守, 其中  $SA_d$ 、 $SA_g$  和  $IR$  均为成年男性的参数。

### 1.2 毒性评估

三氯杀螨醇生产设备表面的关注污染物包括滴滴涕及其衍生物。查询美国环保局综合风险信息数据库 (RIS)、美国环保局区域筛选值数据表 (Regional Screening Levels Summary Table) 等权威数据库<sup>[11-12]</sup>, 获得关注污染物的毒性参数, 见表 2。

### 1.3 污染物设备表面筛选值推算

以单一污染物的可接受致癌风险为  $10^{-6}$ , 可接受非致癌危害为 1, 通过公式(4)和(5)分别计算污染物基于致癌风险的设备表面筛选值 ( $RBSL_{\text{car}}$ ,  $\text{mg}/\text{m}^2$ )和基于非致癌危害的设备表面筛选值 ( $RBSL_{\text{nc}}$ ,  $\text{mg}/\text{m}^2$ ), 选取两者中的较低值作为该污染物的设备表面筛选值。

表 1 污染物设备表面筛选值计算模型的参数取值

Table 1 The parameter values of the model for equipment surface screening levels of contaminants

符号	参数名称	单位	确定性风险评估		概率性风险评估		
			参数取值	参考文献	概率分布类型	参数分布取值	参考文献
$SA_d$	皮肤表面有效吸附表面积 <sup>①</sup>	$m^2$	0.273	[5]	均匀分布 (最小值, 最大值)	0.088, 0.458	[6]
$F_d$	每日有效皮肤接触面积分数	无量纲	0.25	[7]	三角分布 (最小值, 最可能值, 最大值)	0.16, 0.25, 0.39	[8]
$SA_g$	可供摄入的皮肤有效表面积 <sup>②</sup>	$m^2$	0.088	[6]	均匀分布 (最小值, 最大值)	0.088, 0.346	[6]
$F_g$	接触口部的有效皮肤面积分数	无量纲	0.1	[9]	单点值	0.1	[9]
$EV$	接触表面频率 (拆卸清理)	$d^{-1}$	12	[3]	三角分布 (最小值, 最可能值, 最大值)	1, 12, 24	[9]
$EV$	接触表面频率 (一般工业)	$d^{-1}$	3	[3]	三角分布 (最小值, 最可能值, 最大值)	1, 3, 24	[9]
$FT_{ss}$	颗粒从表面迁移到皮肤的分数	无量纲	0.1	[9]	单点值	0.1	[9]
$FT_{sm}$	颗粒从皮肤迁移到口部的分数 (拆卸清理)	无量纲	0.5	[10]	单点值	0.5	[10]
$FT_{sm}$	颗粒从皮肤迁移到口部的分数 (一般工业)	无量纲	0.3	[10]	单点值	0.3	[10]
$HTME$	从手到口部发生次数	无量纲	3	[3]	三角分布 (最小值, 最可能值, 最大值)	1, 3, 24	[9]
$IR$	呼吸速率 (拆卸清理) <sup>③</sup>	$m^3/d$	22.8	[6]	单点值	22.8	[6]
$IR$	呼吸速率 (一般工业) <sup>④</sup>	$m^3/d$	15.2	[6]	单点值	15.2	[6]
$K$	再悬浮因子 (拆卸清理)	$m^{-1}$	$1 \times 10^{-4}$	[3]	三角分布 (最小值, 最可能值, 最大值)	$1 \times 10^{-5}$ , $1 \times 10^{-4}$ , $2 \times 10^{-4}$	[3]
$K$	再悬浮因子 (一般工业)	$m^{-1}$	$5 \times 10^{-8}$	[3]	三角分布 (最小值, 最可能值, 最大值)	$1 \times 10^{-8}$ , $5 \times 10^{-8}$ , $1 \times 10^{-7}$	[3]
$EF$	暴露频率 (拆卸清理) <sup>⑤</sup>	$d/a$	21	[3]	单点值	21	[3]
$EF$	暴露频率 (一般工业)	$d/a$	250	[5]	单点值	250	[5]
$ED$	暴露周期 (拆卸清理)	$a$	1	[3]	单点值	1	[3]
$ED$	暴露周期 (一般工业)	$a$	25	[5]	单点值	25	[5]
$BW$	体重	$kg$	54.1	[6]	正态分布 (平均值, 标准差)	54.1, 3.6	[6]
$AT_{ca}$	致癌效应平均时间	$a$	72	[5]	单点值	72	[5]
$AT_{nc}$	非致癌效应平均时间 (拆卸清理)	$a$	1	[3]	单点值	1	[3]
$AT_{nc}$	非致癌效应平均时间 (一般工业)	$a$	25	[5]	单点值	25	[5]

①皮肤面积包括头部、手臂和手, 取值范围为双手面积至头部、手臂与双手面积之和; ②皮肤面积包括手臂和手, 取值范围为双手面积至手臂与双手面积之和; ③按每天重体力劳动 8 h 换算; ④按每天中度体力劳动 8 h 换算; ⑤假设 1 个月完成拆卸清理, 工作日共计 21 d

表 2 关注污染物的毒性参数

Table 2 Toxicity parameters of the chemicals of concern

符号	参数名称	单位	参数取值		
			$p, p' -$ 滴滴涕	$p, p' -$ 滴滴滴	$p, p' -$ 滴滴依
$CSF_{dema1}$	皮肤接触致癌斜率因子	$[mg/(kg \cdot d)]^{-1}$	$3.40 \times 10^{-1}$	$2.40 \times 10^{-1}$	$3.40 \times 10^{-1}$
$CSF_{ingest}$	口腔摄入致癌斜率因子	$[mg/(kg \cdot d)]^{-1}$	$3.40 \times 10^{-1}$	$2.40 \times 10^{-1}$	$3.40 \times 10^{-1}$
$CSF_{inhale}$	呼吸吸入致癌斜率因子	$[mg/(kg \cdot d)]^{-1}$	$3.40 \times 10^{-1}$	$2.42 \times 10^{-1}$	$3.40 \times 10^{-1}$
$RfD_{dema1}$	皮肤接触参考剂量	$mg/(kg \cdot d)$	$5.00 \times 10^{-4}$		
$RfD_{ingest}$	口腔摄入参考剂量	$mg/(kg \cdot d)$	$5.00 \times 10^{-4}$		
$RfD_{inhale}$	呼吸吸入参考剂量	$mg/(kg \cdot d)$	$5.00 \times 10^{-4}$		
$DAF$	皮肤吸收效率因子	无量纲	0.03	0.1	0.1

$$RBSL_{ca} = \frac{ATR \times BW \times AT_{ca} \times 365 \times CF}{(CR_{dema1} \times CSF_{dema1} + CR_{ingest} \times CSF_{ingest} + CR_{inhale} \times CSF_{inhale}) \times EF \times ED} \quad (4)$$

$$RBSL_{nc} = \frac{ATHQ \times BW \times AT_{nc} \times 365 \times CF}{(CR_{dema1} / RfD_{dema1} + CR_{ingest} / RfD_{ingest} + CR_{inhale} / RfD_{inhale}) \times EF \times ED} \quad (5)$$

式中,  $ATR$  为可接受致癌风险, 无量纲;  $BW$  为体重,  $\text{kg}$ ;  $AT_{ca}$  为致癌效应平均时间,  $\alpha$ ;  $CF$  为单位转换因子;  $EF$  为暴露频率,  $\text{d/a}$ ;  $ED$  为暴露周期,  $\text{a}$ ;  $ATHQ$  为可接受非致癌危害, 无量纲;  $AT_{nc}$  为非致癌效应平均时间,  $\text{a}$ 。相关参数取值参见表 1 和表 2, 其中  $BW$  为成年女性的平均人体质量。

## 2 结果与讨论

### 2.1 污染物的设备表面筛选值

#### 2.1.1 基于确定性风险评估的设备表面筛选值

利用表 1 中确定性风险评估的参数取值计算污染物的设备表面筛选值, 结果见表 3。针对一般

工业暴露情景,  $p$ ,  $p'$ -滴滴涕、 $p$ ,  $p'$ -滴滴滴和  $p$ ,  $p'$ -滴滴依的表面筛选值分别为  $0.224 \text{ mg/m}^2$ 、 $0.214 \text{ mg/m}^2$  和  $0.151 \text{ mg/m}^2$ ; 而在拆卸清理暴露情景下, 关注污染物的表面筛选值相对较高, 分别为  $9.68 \text{ mg/m}^2$ 、 $10.7 \text{ mg/m}^2$  和  $7.57 \text{ mg/m}^2$ 。这是由于参数取值差异造成, 虽然在拆卸清理暴露情景中接触表面频率、呼吸速率的取值高于一般工业暴露情景, 但拆卸工人的暴露频率低很多, 因而得出的表面筛选值较为宽松。这也表明, 若污染设备需要继续投入生产, 则须将设备污染物处理至更低浓度, 才能保障车间工作人员的健康安全。

表 3 基于健康风险评估的污染物设备表面筛选值

Table 3 Health risk based equipment surface screening levels of contaminants

污染物	暴露情景	基于确定性风险评估的设备表面筛选值			基于概率性风险评估的设备表面筛选值		
		致癌筛选值	非致癌筛选值	表面筛选值	致癌筛选值	非致癌筛选值	表面筛选值
$p$ , $p'$ -滴滴涕	一般工业暴露	0.224	13.2	0.224	0.004	0.235	0.004
	拆卸清理暴露	9.68	22.8	9.68	1.10	2.60	1.10
$p$ , $p'$ -滴滴滴	一般工业暴露	0.214		0.214	0.005		0.005
	拆卸清理暴露	10.7		10.7	0.815		0.815
$p$ , $p'$ -滴滴依	一般工业暴露	0.151		0.151	0.004		0.004
	拆卸清理暴露	7.57		7.57	0.587		0.587

#### 2.1.2 基于概率性风险评估的设备表面筛选值

美国环保局利用蒙特卡罗模拟方法 (Monte Carlo Simulation) 进行概率性风险评估, 该方法对存在不确定性和变异性的参数统计抽样, 从而计算出风险值的分布范围及对应的概率<sup>[13]</sup>。利用蒙特卡罗模拟, 可以获得污染物设备表面筛选值的概率分布。由于部分暴露参数的统计分布资料难以获取, 该研究仅选用具有统计分布形态且可能对计算结果影响较大的参数作蒙特卡罗模拟, 其余参数取值与确定性风险评估保持一致。

运用美国 Palisade 公司的 @ RISK 软件执行蒙特卡罗模拟, 采用拉丁超立方体法抽样, 迭代次数为 10 000 次, 获取污染物设备表面筛选值的概率分布情况。以 5% 的分位值作为污染物的设备表面筛选值 (见表 3), 能够保证 95% 的敏感受体在暴露中得到保护而不会产生健康危害。推算结果表明, 在两种暴露情景中, 基于概率性风险评估的表面筛选值均比基于确定性风险评估的表面筛选值低, 差异最高可达 55 倍, 说明利用蒙特卡罗模拟推算的结果更为保守, 对人体健康更具保护性, 但

同时也会增加风险管理的工作量, 因为更低的表面筛选值意味着更多的设备需要进行风险评估。该研究建议以基于确定性风险评估的设备表面筛选值作为三氯杀螨醇生产设备的表面筛选值, 在实际工作中可根据管理部门的要求或具体情况, 确定采用何种方法推算污染物的表面筛选值。拆卸清理暴露情景下  $p$ ,  $p'$ -滴滴涕的设备表面筛选值的对数正态分布见图 1, 基于确定性风险评估的设备表面筛选值 ( $9.68 \text{ mg/m}^2$ ) 介于筛选值概率分布的 5% 和 95% 分位值之间。

### 2.2 不确定性分析

污染物设备表面筛选值的不确定性来源于模型和参数的不确定性。利用 @ RISK 软件中的斯皮尔曼等级相关系数 (Spearman Rank Correlation Coefficient), 仅对参数的不确定性作分析, 结果见图 2。分析表明, 在具有统计分布形态的参数中, 从手到口部发生次数 ( $HTME$ )、接触表面频率 ( $EV$ ) 和可供摄入的皮肤有效表面积 ( $SA_g$ ) 等是最敏感的参数, 相关系数分别为  $-0.62$ 、 $-0.55$  和  $-0.48$ 。对污染物的设备表面筛选值影响较大, 在制定具体

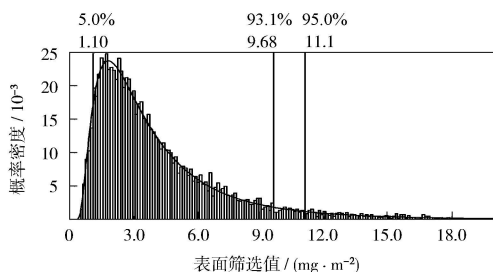


图 1  $p, p'$ -滴滴涕的设备表面筛选值的对数正态分布

Fig 1 Lognormal distribution of equipment surface screening levels of  $p, p'$ -DDT

场地的设备表面筛选值时应根据场地实际情况获取。此外,有必要对敏感性较大的参数开展更多的科学研究,获取更加合理的参数值,以便运用确定性风险评估方法计算更为准确的筛选值。

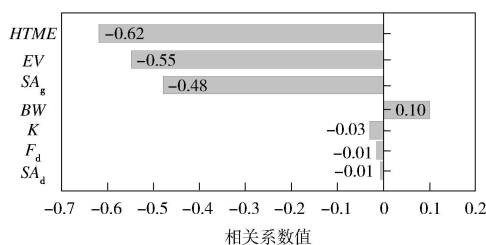


图 2 模型参数的斯皮尔曼等级相关系数

Fig 2 Spearman rank correlation coefficient of the model parameters

选择蒙特卡罗模拟分析的难点包括确定最有可能影响筛选值结果的参数,以及参数可能的概率分布。由于蒙特卡罗参数敏感性分析仅针对具有概率分布形态的参数,而该研究中此类参数有限,因而其他固定取值的参数可能对结果也具有较大影响。固定取值参数的敏感性大小可运用敏感性比例 (Sensitivity Ratio) 分析<sup>[5, 13]</sup>,限于篇幅不作讨论。

### 3 结论

(1)在一般工业暴露情景下, $p, p'$ -滴滴涕、 $p, p'$ -滴滴滴和  $p, p'$ -滴滴滴基于确定性风险评估的设备表面筛选值分别为  $0.224 \text{ mg/m}^2$ 、 $0.214 \text{ mg/m}^2$  和  $0.151 \text{ mg/m}^2$ ;在拆卸清理暴露情景下,其设备表面筛选值分别为  $9.68 \text{ mg/m}^2$ 、 $10.7 \text{ mg/m}^2$  和  $7.57 \text{ mg/m}^2$ 。

(2)在两种暴露情景下,基于概率性风险评估

的表面筛选值均比基于确定性风险评估的表面筛选值低,蒙特卡罗模拟能推算出更为保守、更具安全性的设备表面筛选值。

(3)在具有统计分布形态的参数中,从手到口部发生次数、接触表面频率和可供摄入的皮肤有效表面积等为敏感参数,对筛选值影响较大,在制定具体场地的设备表面筛选值时应尽量根据场地实际情况获取。

### [参考文献]

- [1] 骆永明. 中国土壤环境污染态势及预防、控制和修复策略 [J]. 环境污染与防治, 2009, 31(12): 27-31
- [2] GABOREK B J, MULLIKIN J M, PITRAT T, et al. Pentagon surface wipe sampling health risk assessment [J]. Toxicol and Health, 2001, 17(5-10): 254-261
- [3] MAY L M, GABOREK R, PITRAT T, et al. Derivation of risk based wipe surface screening levels for industrial scenarios [J]. The Science of the Total Environment, 2002, 288(1-2): 65-80.
- [4] 史雅娟, 王昕, 吕永龙, 等. DDT和三氯杀螨醇对蚯蚓的急性和亚急性毒性影响 [J]. 环境科学学报, 2006, 26(5): 851-857.
- [5] 环境保护部. 污染场地风险评估技术导则 (征求意见稿) [EB/OL]. 北京: 环境保护部, 2009. [2011-03-21]. [http://www.mep.gov.cn/gkml/hbb/bgth/200910/20091022\\_175070.htm](http://www.mep.gov.cn/gkml/hbb/bgth/200910/20091022_175070.htm).
- [6] 王宗爽, 段小丽, 刘平, 等. 环境健康风险评估中我国居民暴露参数探讨 [J]. 环境科学研究, 2009, 22(10): 1164-1170.
- [7] New York State Department of Health. PCB reentry guidelines Document 1330P [R]. Albany, NY, 1985.
- [8] SCHNEIDER T, VERMEULEN R, BROUWER D H, et al. Conceptual model for assessment of dermal exposure [J]. Occupational and Environmental Medicine, 1999, 56(11): 765-773.
- [9] USEPA. Region III. Guidance for assessing wipe samples [R]. Philadelphia, PA, 1997.
- [10] CH S S, MSPH P S. Final report. An investigation of health hazards on a new construction project [R]. Occupational Health Foundation, 1993.
- [11] USEPA. Integrated risk information system (RIS) [EB/OL]. Washington DC, 2011. [2011-03-21]. <http://www.epa.gov/RIS/>.
- [12] USEPA. Regional screening levels (RSL) for chemical contaminants at superfund sites [EB/OL]. Washington DC, 2009. [2011-03-21]. <http://www.epa.gov/region09/superfund/prg/index.html>.
- [13] USEPA. Risk assessment guidance for superfund Volume III-Part A, process for conducting probabilistic risk assessment [R]. Washington DC, 2001.