

HJ

中华人民共和国国家环境保护标准

HJ —20

污染场地风险评估技术导则

Guidelines for Risk Assessment of Contaminated Sites

(征求意见稿)

20 - - 发布

20 - - 实施

环 境 保 护 部 发 布

目 次

前 言	ii
1 适用范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 工作程序	2
5 危害识别	4
6 暴露评估	4
7 毒性评估	13
8 风险表征	14
9 确定土壤修复建议目标值	18
附录 A（规范性附录） 启动风险评估的土壤筛选值	23
附录 B（规范性附录） 土壤中污染物的迁移模型	25
附录 C（规范性附录） 部分污染物的毒性参数	29
附录 D（规范性附录） 部分污染物的理化性质参数	33
附录 E（规范性附录） 部分过程参数的计算方法	35
附录 F（资料性附录） 地下水中污染物的最大浓度限值	37

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》，保护生态环境，保障人体健康，规范污染场地风险评估，制定本标准。

本标准规定了污染场地风险评估的原则、内容、程序、方法和技术要求。

本标准首次发布，与本标准同时制定的有：

《场地环境调查技术规范》

《场地环境监测技术导则》

《污染场地土壤修复技术导则》

本标准由环境保护部科技标准司提出。

本标准主要起草单位：环境保护部南京环境科学研究所，环境保护部环境标准研究所、轻工业环境保护研究所、上海市环境科学研究院、沈阳环境科学研究所参加。

本标准由环境保护部 20 年 月 日批准。

本标准自 20 年 月 日起实施。

本标准由环境保护部解释。

污染场地风险评估技术导则

1 适用范围

本标准规定了场地污染土壤对人体健康风险评估的原则、内容、程序、方法和技术要求。本标准适用于场地污染土壤对人体健康风险评估和污染场地土壤修复建议目标值的确定。

本标准不适用于铅和放射性物质的风险评估。

2 规范性引用文件

本标准内容引用了下列文件中的条款。凡是不注明日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

GB/T 14848	地下水质量标准
HJ/T	场地环境调查技术规范
HJ/T	场地环境监测技术导则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 场地 site

某一地块范围内一定深度的土壤、地下水、地表水以及地块内所有构筑物、设施和生物的总和。本标准中的场地仅限于某一地块内一定深度的土壤和地下水。

3.2 关注污染物 contaminants of concern

根据场地环境调查结果和场地利益相关方意见，确定为需要进行风险评估的污染物。

3.3 暴露途径 exposure pathways

场地（土壤）中污染物经一定的方式迁移达到并进入人体的过程。本标准中的暴露途径包括经口摄入土壤、皮肤接触土壤、吸入土壤颗粒物、吸入室外空气中来自土壤（地下水）的污染物蒸气和吸入室内空气中来自土壤（地下水）的污染物蒸气。

3.4 污染场地健康风险评估 health risk assessment for contaminated sites

分析污染场地土壤和浅层地下水（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。

3.5 住宅及公共用地 residential and public land

指用于生活居住的各类房屋用地及其附属设施用地，以及科教文卫、公共设施等用地。具体包括普通住宅、公寓、别墅、学校、医院、公园、绿地等。

3.6 商服及工业用地 commercial, service and industrial land

指用于商业、服务业和工业的土地。包括商场、超市等各类批发（零售）用地及其附属用地，宾馆、酒店等住宿餐饮用地，办公场所、金融活动等商务用地，洗车场、加油站、展览馆等其他商服用地，以及工业生产场所、工业生产附属设施用地、物资储备场所、物资中转场所等。

3.7 危害商 hazard quotient

污染物每日摄入量与参考剂量的比值，用来表征人体经单一途径暴露于非致癌污染物而受到危害的水平。

3.8 危害指数 hazard index

多种暴露途径或多种关注污染物对应的危害商值之和，用来表征人体经多个途径暴露于单一污染物或暴露于多种污染物而受到危害的水平。

3.9 可接受风险水平 acceptable risk level

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，本标准规定可接受致癌风险水平为（小于或等于） 10^{-6} ，可接受危害商为（小于或等于）1。

3.10 不确定性分析 uncertainty analysis

包括风险贡献率分析和参数敏感性分析。风险贡献率分析是指分析单一关注污染物经不同暴露途径引起致癌风险或危害商所占百分比，以及不同关注污染物致癌风险和危害指数所占百分比。参数敏感性分析是指在其余参数值均固定，选定参数取值的增大或减小，对计算得到的风险值或土壤修复限值影响程度的分析。

4 工作程序

污染场地风险评估工作程序包括危害识别、暴露评估、毒性评估、风险表征和土壤修复建议修复目标值的确定。污染场地土壤健康风险评估程序如图 1 所示。

4.1 危害识别

根据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、成人、地下水体等。

4.2 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，计算敏感人群摄入来自土壤和地下水的污染物所对应的土壤和地下水的暴露量。

4.3 毒性评估

在危害识别的工作基础上，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。

4.4 风险表征

在暴露评估和毒性评估的工作基础上，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；进行不确定性分析，包括对关注污染物经不同暴露途径产生健康风险的贡献率和关键参数取值的敏感性分析；根据需要进行风险的空间表征。

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）。

4.5 修复建议目标值的确定

在风险表征的工作基础上，判断计算得到的风险值是否超过可接受风险水平。如污染场

地风险评估结果未超过可接受风险，则结束风险评估工作；如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和/或基于非致癌风险的修复限值，并进行关键参数取值的敏感性分析；如暴露情景分析表明，污染场地土壤中的关注污染物可淋溶进入地下水，影响地下水环境质量，则计算保护地下水的土壤修复限值。

污染场地修复建议目标值，应根据上述基于致癌风险的土壤修复限值、基于非致癌风险的土壤修复限值和保护地下水的土壤修复限值确定。

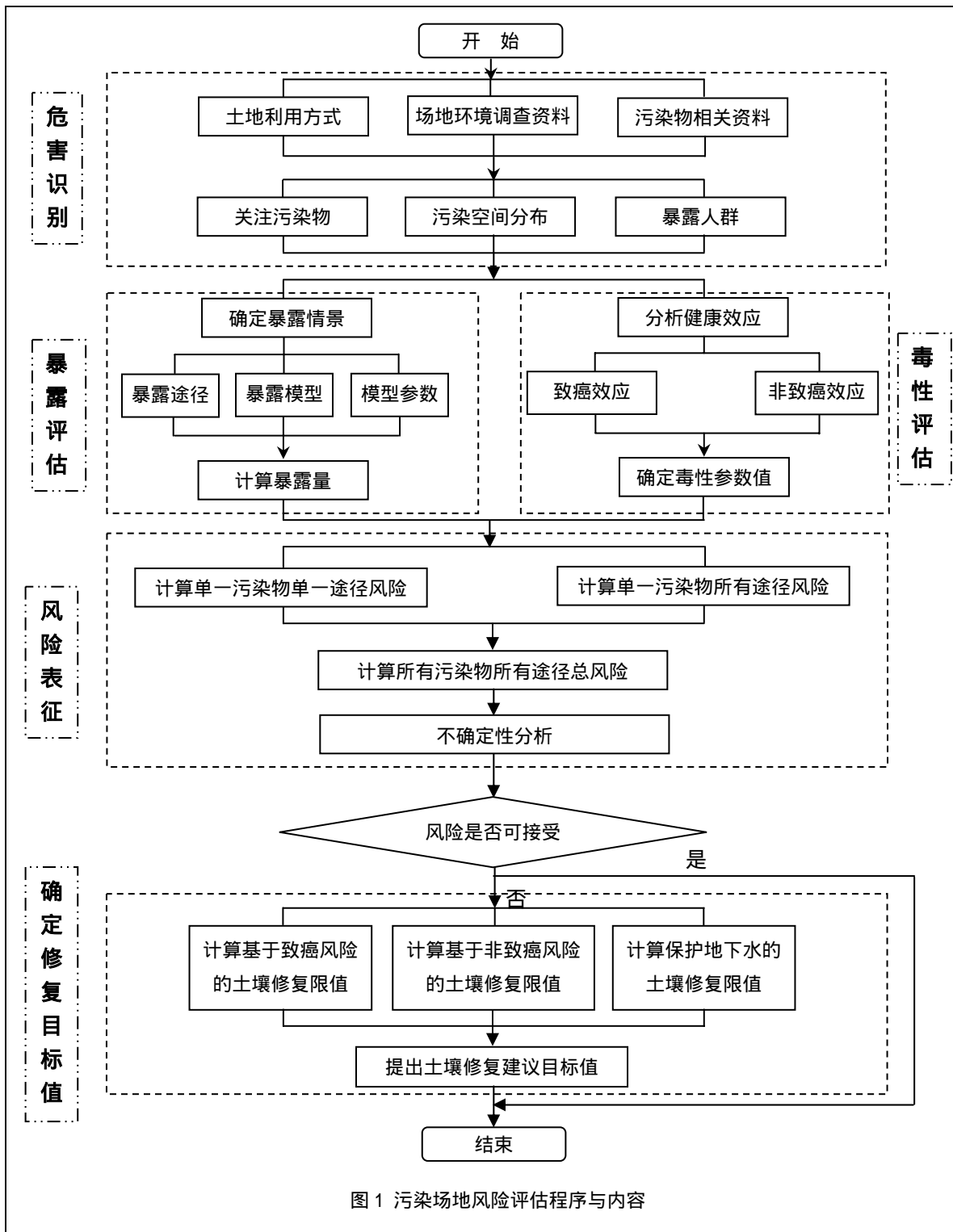


图 1 污染场地风险评估程序与内容

5 危害识别

5.1 危害识别工作内容

危害识别的工作内容：收集场地环境调查资料、确定土地利用方式和关注污染物。

5.2 资料收集

按照 HJ (《场地环境调查技术规范》) 对场地进行污染识别, 获得以下数据:

- 1) 较为详尽的场地相关资料信息, 如场地土地使用权及用途变更情况、与污染相关的人为活动、场地(及邻近地区)平面分布测绘图、地表及地下设备设施和构筑物的分布等信息;
- 2) 场地土壤等环境样品中污染物的浓度数据, 尤其重要的是不同深度土壤污染物浓度等;
- 3) 具有代表性的场地土壤样品的理化性质分析数据, 如土壤 pH 值、容重、有机碳含量、含水量、质地等;
- 4) 场地(所在地)气候、水文、地质特征信息和数据, 如地表年平均风速等;
- 5) 场地及周边地区土地利用方式、人群及建筑物等相关信息。

5.3 确定土地利用方式

根据规划部门或评估委托方提供的信息, 确定场地用地方式, 并确定该用地方式下相应的敏感人群, 如居住人群、从业人员等。

场地及周边地区地下水作为饮用水或农业灌溉水时, 应考虑土壤污染对地下水的影响, 将地下水视为敏感受体之一。

5.4 确定关注污染物

场地土壤等环境样品中浓度超过附录 A 所列土壤筛选值的污染物, 或污染场地责任人、地方环境保护主管部门、公众等场地利益相关方一致认为应当进行评估的污染物为关注污染物。

6 暴露评估

6.1 暴露评估工作内容

暴露评估的工作内容包括确定特定土地利用方式下人群对污染场地内关注污染物的暴露情景、主要暴露途径、关注污染物迁移模型和暴露评估模型、模型参数取值, 以及计算敏感人群的暴露量。

6.2 暴露情景

根据不同土地利用方式下人群的活动模式, 本标准规定了住宅及公共用地、商服及工业两类暴露情景, 两类暴露情景对应的用地方式描述和敏感人群见表 1。

表 1 暴露情景分类

编号	暴露情景	用地方式描述	敏感人群
1	住宅及公共用地	普通住宅、公寓、别墅等; 幼儿园、学校; 医院; 养老院; 游乐场、公园等。	儿童(非致癌效应) 成人(致癌效应)
2	商服及工业用地	商场、超市等各类批发(零售)用地及其附属用地;	成人 (致癌和非致癌效)

编号	暴露情景	用地方式描述	敏感人群
		宾馆、酒店等住宿餐饮用地； 办公场所、金融活动等商务金融用地； 洗车场、加油站、展览场馆等其他商服用地； 工业生产场所、工业生产附属设施用地、物资储备场所、物资中转场所等。	应)

两类暴露情景相关模型参数及取值见表 2。

表 2 不同暴露情景相关的模型参数取值

参数名称	单位	住宅及公共用地	商服及工业用地
儿童暴露周期	a	6	-
成人暴露周期	a	24	25
儿童暴露频率	d·a ⁻¹	365	-
成人暴露频率	d·a ⁻¹	365	250
儿童体重	kg	14.4	14.4
成人体重	kg	53.1	53.1
儿童每日摄入土壤量	mg·d ⁻¹	200	-
成人每日摄入土壤量	mg·d ⁻¹	100	100
儿童每日吸入空气量	m ³ ·d ⁻¹	7.5	7.5
成人每日吸入空气量	m ³ ·d ⁻¹	15	15
儿童平均身高	cm	95.9	95.9
成人平均身高	cm	153.2	153.2
儿童皮肤体表暴露皮肤所占面积比	无量纲	0.32	0.32
成人皮肤体表暴露皮肤所占面积比	无量纲	0.18	0.18
儿童暴露皮肤表面积	cm ²	2291	-
成人暴露皮肤表面积	cm ²	4860	2734
空气中总悬浮颗粒物含量	mg·m ⁻³	0.30	0.30
室内空气中来自场地土壤的颗粒物所占比例		0.8	0.8
室外空气中来自场地土壤的颗粒物所占比例		0.5	0.5
致癌效应平均时间	d	26280	26280
非致癌效应平均时间	d	2190	9125
儿童皮肤表面土壤粘附系数	mg·cm ⁻²	0.2	-
成人皮肤表面土壤粘附系数	mg·cm ⁻²	0.07	0.2
土壤污染区近地面年平均风速	m·s ⁻¹	2	2
室内空间体积与蒸气入渗面积之比	m	2	3
室内地基厚度	m	0.15	0.15
室内空气交换速率	次·d ⁻¹	0.5	1
污染物蒸气流平均时间	s	9.46 × 10 ⁸	7.88 × 10 ⁸

6.3 确定暴露途径

6.3.1 本标准主要考虑经口摄入土壤、皮肤接触土壤、吸入土壤颗粒物、吸入室外空气中来自土壤和地下水的污染物蒸气、吸入室内空气中来自土壤和地下水的污染物蒸气途径的暴露量。

6.3.2 非挥发性污染物不考虑吸入空气中污染物蒸气途径。

6.3.3 规划土地利用方式下无建筑物时（如露天游乐场、公园和绿地等），不考虑吸入室内空气中来自土壤的污染物蒸气途径。

6.4 住宅及公共用地土壤暴露量的计算

6.4.1 经口摄入土壤途径

住宅及公共用地方式下，人体可经口摄入土壤，如食用粘附有土壤的食物等。

对于致癌污染物，经口摄入土壤暴露量考虑终身健康危害效应，采用公式（1）计算：

$$OISERca = \frac{\left(\frac{OSIRc \times EDc \times EFc}{BWc} + \frac{OSIRa \times EDa \times EFa}{BWa} \right) \times ABSO}{ATca} \times 10^{-6} \quad \dots\dots\dots (1)$$

公式（1）中：

OISERca - 经口摄入土壤暴露量（致癌效应），kg 土壤·kg⁻¹ 体重·d⁻¹；

OSIRa - 成人每日摄入土壤量，mg·d⁻¹；取值为 100；

OSIRc - 儿童每日摄入土壤量，mg·d⁻¹；取值为 200；

EDa - 成人暴露周期，a；住宅及公共用地方式下取值为 24，商服及工业用地方式下取值为 25；

EDc - 儿童暴露周期，a；住宅及公共用地方式下取值为 6；

EFa - 成人暴露频率，d·a⁻¹；住宅及公共用地方式下取值为 365，商服及工业用地方式下取值为 250；

EFc - 儿童暴露频率，d·a⁻¹；住宅及公共用地方式下取值为 365；

ABSO - 经口摄入吸收效率因子，无量纲；取值为 1；

ATca - 致癌效应的平均时间，d；取值为 26280。

对于非致癌污染物，考虑儿童的暴露危害效应，经口摄入土壤暴露量采用公式（2）计算：

$$OISERnc = \frac{OSIRc \times EDc \times EFc \times ABSO}{BWc \times ATnc} \times 10^{-6} \quad \dots\dots\dots (2)$$

公式（2）中：

OISERnc - 经口摄入土壤暴露量（非致癌效应），kg 土壤·kg⁻¹ 体重·d⁻¹；

ATnc - 非致癌效应的平均时间，d；取值 2190。

公式（2）中其他参数含义见公式（1）。

6.4.2 皮肤接触土壤途径

住宅及公共用地方式下，人体可经皮肤直接接触、土壤尘附着于皮肤等途径暴露于土壤污染物。

对于致癌污染物，皮肤接触土壤途径的土壤暴露量考虑终身健康危害效应，采用公式（3）计算：

$$DCSERca = \frac{SAEc \times SSARc \times EFc \times EDc \times Ev \times ABSd}{BWc \times ATca} \times 10^{-6} + \frac{SAEa \times SSARa \times EFa \times EDa \times Ev \times ABSd}{BWa \times ATca} \times 10^{-6} \quad \dots\dots\dots (3)$$

公式（3）中：

DCSERca - 皮肤接触途径的土壤暴露量（致癌效应），kg 土壤·kg⁻¹ 体重·d⁻¹；
 SAEa - 成人暴露皮肤表面积，cm²；参数值计算见附录 D；
 SAEc - 儿童暴露皮肤表面积，cm²；参数值计算见附录 D；
 SERa - 成人暴露皮肤所占面积比，无量纲；居住及公共用地方式取值为 0.32，商服及工业用地方式取值为 0.18；
 SERc - 儿童暴露皮肤所占面积比，无量纲取值为 0.36；
 SSARa - 成人皮肤表面土壤粘附系数，mg·cm⁻²；住宅及公共用地方式取值为 0.07，商服及工业用地方式取值为 0.2；
 SSARc - 儿童皮肤表面土壤粘附系数，mg·cm⁻²；住宅及公共用地方式取值为 0.2；
 ABSd - 皮肤接触吸收效率因子，无量纲；取值见附录 C；
 Ev - 每日皮肤接触事件频率，次·d⁻¹；取值为 1；
 公式（3）中其他参数含义见公式（1）。

对于非致癌污染物，皮肤接触土壤途径的土壤暴露量考虑儿童的暴露危害效应，采用公式（4）计算：

$$DCSERnc = \frac{SAEc \times SSARc \times EFc \times EDc \times Ev \times ABSd}{BWc \times ATnc} \times 10^{-6} \quad \dots\dots\dots (4)$$

公式（4）中：

DCSERnc - 皮肤接触的土壤暴露量（非致癌效应），kg 土壤·kg⁻¹ 体重·d⁻¹；
 公式（4）中 EFc、EDc、BWc、EFa、EDa、BWA、ATca 的参数含义见公式（1），ATnc 的含义见公式（2），SAEc、SSARc 和 ABSd 的参数含义见公式（3）。

6.4.3 吸入土壤颗粒物途径

住宅及公共用地方式下，人体可经呼吸吸入室内和室外空气中来自土壤的颗粒物而暴露于土壤污染物。

对于致癌污染物，吸入土壤颗粒物途径的土壤暴露量考虑终身危害效应，采用公式（5）计算：

$$PISERca = \frac{TSP \times DAIRc \times EDc \times PIAF \times (fspo \times EFOc + fspi \times EFIc)}{BWc \times ATca} \times 10^{-6} + \frac{TSP \times DAIRa \times EDa \times PIAF \times (fspo \times EFOa + fspi \times EFIa)}{BWA \times ATca} \times 10^{-6} \quad \dots (5)$$

公式（5）中：

PISERca - 吸入土壤颗粒物的土壤暴露量（致癌效应），kg 土壤·kg⁻¹ 体重·d⁻¹；
 TSP - 空气中总悬浮颗粒物含量，mg·m⁻³；取值为 0.30；
 DAIRa - 成人每日空气呼吸量，m³·d⁻¹；取值见表 6.2；
 DAIRc - 儿童每日空气呼吸量，m³·d⁻¹；取值见表 6.2；
 PIAF - 吸入土壤颗粒物在体内滞留比例，无量纲；取值为 0.75；
 fspi - 室内空气中来自土壤的颗粒物所占比例，无量纲；取值为 0.8。
 fspo - 室外空气中来自土壤的颗粒物所占比例，无量纲；取值为 0.5。

EF1a - 成人的室内暴露频率, d·a⁻¹; 住宅及公共用地方式取值为 274; 商服及工业用地方式取值为 104;

EF1c - 儿童的室内暴露频率, d·a⁻¹; 住宅及公共用地方式取值为 274;

EFOa - 成人的室外暴露频率, d·a⁻¹; 住宅及公共用地方式取值为 91, 商服及工业用地方式取值为 42;

EFOc - 儿童的室外暴露频率, d·a⁻¹; 住宅及公共用地方式取值为 91;

公式(5)中 EDc、BWc、EDa、BWa、ATca 的参数含义见公式(1), ATnc 的含义见公式(2)。

对于非致癌污染物, 考虑儿童的暴露危害效应, 吸入土壤颗粒物途径的土壤暴露量采用公式(6)计算:

$$PISERnc = \frac{TSP \times DAIRc \times EDc \times PIAF \times (fspo \times EFOc + fspi \times EF1c)}{BWc \times ATnc} \times 10^{-6} \quad \dots (6)$$

公式(6)中:

PISERnc - 吸入土壤颗粒物的土壤暴露量(非致癌效应), kg 土壤·kg⁻¹ 体重·d⁻¹;

公式(6)中 EDc、BWc、EFa、EDa、BWa 的参数含义见公式(1), ATnc 的含义见公式(2), TSP、DAIRc、fspo、fspi、EF1c、EFOc 和 PIAF 的参数含义见公式(5)。

6.4.4 吸入室外空气中污染物蒸气途径

住宅及公共用地方式下, 人体呼吸吸入室外空气中来自场地土壤和地下水中的污染物蒸气而暴露于土壤污染物。

对于单一致癌污染物, 考虑终身危害效应, 吸入室外空气中来自场地表层土壤、下层土壤和地下水中的污染物蒸气对应的土壤暴露量, 分别采用公式(7)、公式(8)和公式(9)计算:

$$IoVERca1 = VF_{suroa} \times \left(\frac{DAIRc \times EFOc \times EDc}{BWc \times ATca} + \frac{DAIRa \times EFOa \times EDa}{BWa \times ATca} \right) \dots (7)$$

$$IoVERca2 = VF_{suboa} \times \left(\frac{DAIRc \times EFOc \times EDc}{BWc \times ATca} + \frac{DAIRa \times EFOa \times EDa}{BWa \times ATca} \right) \dots (8)$$

$$IoVERca3 = VF_{gwoa} \times \left(\frac{DAIRc \times EFOc \times EDc}{BWc \times ATca} + \frac{DAIRa \times EFOa \times EDa}{BWa \times ATca} \right) \dots (9)$$

公式(7)、公式(8)和公式(9)中:

IoVERca1 - 吸入室外空气中来自表层土壤的污染物蒸气对应的土壤暴露量(致癌效应), kg 土壤·kg⁻¹·体重·d⁻¹;

IoVERca2 - 吸入室外空气中来自下层土壤的污染物蒸气对应的土壤暴露量(致癌效应), kg 土壤·kg⁻¹·体重·d⁻¹;

IoVERca3 - 吸入室外空气中来自地下水的污染物蒸气对应的地下水暴露量(致癌效应), L 地下水·kg⁻¹ 体重·d⁻¹;

VF_{suroa} - 表层土壤中污染物挥发对应的室外空气中的土壤含量, $kg \cdot m^{-3}$; 根据附录 B 计算;

VF_{suboa} - 下层土壤中污染物挥发对应的室外空气中的土壤含量, $kg \cdot m^{-3}$; 根据附录 B 计算;

VF_{gwoa} - 地下水中污染物挥发对应的室外空气中的地下水含量, $L \cdot m^{-3}$ 根据附录 B 计算。

公式 (7)、公式 (8) 和公式 (9) 中, EDc 、 BWc 、 EDa 、 BWa 、 $ATca$ 的参数含义见公式 (1), $ATnc$ 的含义见公式 (2), $EFOc$ 、 $EFOa$ 、 $EFic$ 、 $EFIa$ 、 $DAIRc$ 和 $DAIRa$ 的参数含义见公式 (5)。

对于非致癌污染物, 吸入室外空气中来自场地表层土壤、下层土壤和地下水中的污染物蒸气对应的土壤暴露量应分别采用公式 (10)、公式 (11) 和公式 (12) 计算:

$$IoVERnc1 = VF_{suroa} \times \frac{DAIRc \times EFOc \times EDc}{BWc \times ATnc} \dots\dots\dots (10)$$

$$IoVERnc2 = VF_{suboa} \times \frac{DAIRc \times EFOc \times EDc}{BWc \times ATnc} \dots\dots\dots (11)$$

$$IoVERnc3 = VF_{gwoa} \times \frac{DAIRc \times EFOc \times EDc}{BWc \times ATnc} \dots\dots\dots (12)$$

公式 (10)、公式 (11) 和公式 (12) 中:

$IoVERnc1$ - 吸入室外空气中来自表层土壤的污染物蒸气对应的土壤暴露量 (非致癌效应), $kg \text{ 土壤} \cdot kg^{-1} \cdot \text{体重} \cdot d^{-1}$;

$IoVERnc2$ - 吸入室外空气中来自下层土壤的污染物蒸气对应的土壤暴露量 (非致癌效应), $kg \text{ 土壤} \cdot kg^{-1} \cdot \text{体重} \cdot d^{-1}$;

$IoVERnc3$ - 吸入室外空气中来自地下水的污染物蒸气对应的地下水暴露量 (非致癌效应), $L \text{ 地下水} \cdot kg^{-1} \cdot \text{体重} \cdot d^{-1}$ 。

公式 (10)、公式 (11) 和公式 (12) 中 VF_{suroa} 、 VF_{suboa} 和 VF_{gwoa} 的参数值根据附录 B 中公式计算, EDc 和 BWc 的参数含义见公式 (1), $ATnc$ 的含义见公式 (2), $EFOc$ 的含义参照公式 (5), VF_{suroa} 、 VF_{suboa} 和 VF_{gwoa} 参数的含义分别见公式 (7)、公式 (8) 和公式 (9)。

6.4.5 吸入室内空气污染物蒸气途径

住宅及公共用地方式下, 人体呼吸吸入室内空气来自场地土壤和地下水中的污染物蒸气, 暴露于土壤污染物。

对于致癌污染物, 吸入室内空气中来自下层土壤和地下水中的污染物蒸气对应的土壤暴露量可分别采用公式 (13) 和公式 (14) 计算:

$$IiVERca1 = VF_{subia} \times \left(\frac{DAIRc \times EFic \times EDc}{BWc \times ATca} + \frac{DAIRa \times EFIa \times EDa}{BWa \times ATca} \right) \dots (13)$$

$$IiVERca2 = VF_{gwia} \times \left(\frac{DAIRc \times EFic \times EDc}{BWc \times ATca} + \frac{DAIRa \times EFIa \times EDa}{BWa \times ATca} \right) \dots (14)$$

公式 (13) 和公式 (14) 中：

$IiVERca1$ - 吸入室内空气中来自下层土壤的污染物蒸气对应的土壤暴露量 (致癌效应), $kg \text{ 土壤} \cdot kg^{-1} \cdot \text{体重} \cdot d^{-1}$;

$IiVERca2$ - 吸入室内空气中来自地下水的污染物蒸气对应的地下水暴露量 (致癌效应), $L \text{ 地下水} \cdot kg^{-1} \cdot \text{体重} \cdot d^{-1}$;

VF_{subia} - 下层土壤中污染物挥发对应的室内空气的土壤含量, $kg \cdot m^{-3}$; 根据附录 B 计算 ;

VF_{gwia} - 地下水中污染物挥发对应的室内空气的地下水含量, $L \cdot m^{-3}$ 根据附录 B 计算。

公式 (13) 和公式 (14) 中, EDc 、 BWc 、 EDa 、 BWa 、 $ATca$ 的参数含义见公式 (1), $ATnc$ 的含义见公式 (2), $EFOc$ 、 $EFOa$ 、 $EFic$ 、 $EFia$ 、 $DAIRc$ 和 $DAIRa$ 的参数含义见公式 (5)。

对于致癌污染物, 吸入室内空气中来自下层土壤和地下水中的污染物蒸气对应的土壤暴露量可分别采用公式 (15) 和公式 (16) 计算：

$$IiVERnc1 = VF_{subia} \times \frac{DAIRc \times EFic \times EDc}{BWc \times ATnc} \dots\dots\dots (15)$$

$$IiVERnc2 = VF_{gwia} \times \frac{DAIRc \times EFic \times EDc}{BWc \times ATnc} \dots\dots\dots (16)$$

公式 (15) 和公式 (16) 中：

$IiVERnc1$ - 吸入室内空气中来自下层土壤的污染物蒸气对应的土壤暴露量 (非致癌效应), $kg \text{ 土壤} \cdot kg^{-1} \cdot \text{体重} \cdot d^{-1}$;

$IiVERnc2$ - 吸入室内空气中来自地下水的污染物蒸气对应的地下水暴露量 (非致癌效应), $L \text{ 地下水} \cdot kg^{-1} \cdot \text{体重} \cdot d^{-1}$ 。

公式 (15) 和公式 (16) 中 VF_{subia} 和 VF_{gwia} 的参数值根据附录 B 计算, EDc 和 BWc 的参数含义见公式 (1), $ATnc$ 的含义见公式 (2), $EFic$ 的含义参照公式 (5), VF_{subia} 和 VF_{gwia} 参数的含义分别见公式 (13) 和公式 (14)。

6.5 商服及工业用地土壤暴露量的计算

6.5.1 经口摄入土壤途径

商服及工业用地方式下, 人体可经口摄入土壤, 如食用粘附有土壤的食物等。

对于致癌污染物, 经口摄入土壤暴露量考虑成人的暴露危害效应, 采用公式 (17) 计算：

$$OISERca = \frac{OSIRa \times EDa \times EFa \times ABSO}{BWa \times ATca} \times 10^{-6} \dots\dots\dots (17)$$

公式 (17) 中 $OISERca$ 、 $OSIRa$ 、 EDa 、 EFa 、 BWa 、 $ABSO$ 和 $ATca$ 的参数含义见公式 (1)。

对于非致癌污染物, 经口摄入土壤暴露量考虑成人的暴露危害效应, 采用公式 (18) 计算：

$$OISERnc = \frac{OSIRa \times EDa \times EFa \times ABSO}{BWa \times ATnc} \times 10^{-6} \dots\dots\dots (18)$$

公式 (18) 中 $OISERnc$ 、 $OSIRa$ 、 EDa 、 EFa 、 BWa 、 $ABSO$ 的参数含义见公式 (1), $ATnc$

的参数含义参见公式(2)。

6.5.2 皮肤接触土壤途径

商服及工业用地方式下，成人可因体表皮肤直接接触、土尘附着等暴露于污染物。

对于致癌污染物，考虑成人的暴露危害效应，皮肤接触土壤途径的土壤暴露量采用公式(19)计算：

$$DCSERca = \frac{SAEa \times SSARa \times EFa \times EDa \times Ev \times ABSd}{BWa \times ATca} \times 10^{-6} \dots\dots\dots (19)$$

公式(19)中 BWa、EDa、EFa 和 ATca 的参数含义见公式(1)，DCSERca、SAEa、SSARa、Ev 和 ABSd 的参数含义见公式(3)。

对于非致癌污染物，皮肤接触土壤途径的土壤暴露量考虑成人的暴露危害效应，采用公式(20)计算：

$$DCSERnc = \frac{SAEa \times SSARa \times EFa \times EDa \times Ev \times ABSd}{BWa \times ATnc} \times 10^{-6} \dots\dots\dots (20)$$

公式(20)中公式(19)中 BWa、EDa 和 EFa 的参数含义见公式(1)，ATnc 的参数含义见公式(2)，SAEa、SSARa、Ev 和 ABSd 的参数含义见公式(3)，DCSERnc 的参数含义见公式(4)。

6.5.3 吸入土壤颗粒物

商服及工业用地方式下，成人呼吸吸入室内和室外空气中来自土壤的颗粒物暴露于土壤污染物。

对于致癌污染物，吸入土壤颗粒物途径的土壤暴露量考虑成人的暴露危害效应，采用公式(21)计算：

$$PISERca = \frac{TSP \times DAIRa \times EDa \times PIAF \times (fspo \times EFOa + fspi \times EFIa)}{BWa \times ATca} \times 10^{-6} \dots (21)$$

公式(21)中 BWa、EDa 和 ATca 的参数含义见公式(1)，PISERca、TSP、DAIRa、PIAF、fspo、fspi、EFOa 和 EFIa 的参数含义见公式(5)。

对于非致癌污染物，考虑成人的暴露危害效应，吸入土壤颗粒物途径的土壤暴露量采用公式(22)计算：

$$PISERnc = \frac{TSP \times DAIRa \times EDa \times PIAF \times (fspo \times EFOa + fspi \times EFIa)}{BWa \times ATnc} \times 10^{-6} \dots (22)$$

公式(22)中 BWa 和 EDa 的参数含义见公式(1)，ATnc 的参数含义见公式(2)，TSP、DAIRa、PIAF、fspo、fspi、EFOa 和 EFIa 的参数含义见公式(5)，PISERnc 的参数含义见公式(6)。

6.5.4 吸入室外空气中污染物蒸气途径

商服及工业用地方式下，成人呼吸吸入室外空气中来自土壤和地下水中的污染物蒸气暴露于土壤污染物。

对于致癌污染物，考虑成人的暴露危害效应，吸入室外空气中来自表层土壤、下层土壤

和地下水中的污染物蒸气对应的土壤暴露量分别采用公式 (23)、公式 (24) 和公式 (25) 计算：

$$IoVERca1 = VF_{suroa} \times \frac{EFOa \times EDa \times DAIRa}{BWa \times ATca} \dots\dots\dots (23)$$

$$IoVERca2 = VF_{suboa} \times \frac{EFOa \times EDa \times DAIRa}{BWa \times ATca} \dots\dots\dots (24)$$

$$IoVERca3 = VF_{gwoa} \times \frac{EFOa \times EDa \times DAIRa}{BWa \times ATca} \dots\dots\dots (25)$$

公式 (23)、公式 (24) 和公式 (25) 中 VF_{suroa} 、 VF_{suboa} 和 VF_{gwoa} 的参数值根据附录 B 计算， BWa 、 EDa 和 $ATca$ 的参数含义见公式 (1)， $EFOa$ 的参数含义见公式 (5)， VF_{suroa} 、 VF_{suboa} 、 VF_{gwoa} 、 $IoVERca1$ 、 $IoVERca2$ 、 $IoVERca3$ 的参数含义分别见公式 (7)、公式 (8) 和公式 (9)。

对于非致癌污染物，考虑成人的暴露危害效应，吸入室外空气中来自表层土壤、下层土壤和地下水中的污染物蒸气对应的土壤暴露量分别采用公式 (26)、公式 (27) 和公式 (28) 计算：

$$IoVERnc1 = VF_{suroa} \times \frac{DAIRa \times EFOa \times EDa}{BWa \times ATnc} \dots\dots\dots (26)$$

$$IoVERnc2 = VF_{suboa} \times \frac{DAIRa \times EFOa \times EDa}{BWa \times ATnc} \dots\dots\dots (27)$$

$$IoVERnc3 = VF_{gwoa} \times \frac{DAIRa \times EFOa \times EDa}{BWa \times ATnc} \dots\dots\dots (28)$$

公式 (26)、公式 (27) 和公式 (28) 中 VF_{suroa} 、 VF_{suboa} 和 VF_{gwoa} 的参数值根据附录 B 计算， BWa 和 EDa 的参数含义见公式 (1)， $ATnc$ 的参数含义见公式 (2)， $EFOa$ 的参数含义见公式 (5)， VF_{suroa} 、 VF_{suboa} 和 VF_{gwoa} 的参数含义见公式 (7)、公式 (8) 和公式 (9)， $IoVERnc1$ 、 $IoVERnc2$ 和 $IoVERnc3$ 的参数含义分别见公式 (10)、公式 (11) 和公式 (12)。

6.5.5 吸入室内空气污染物蒸气

商业用地方式下，成人呼吸吸入室内空气中来自土壤和地下水中的污染物蒸气，暴露于土壤污染物。

对于致癌污染物，考虑成人的暴露危害效应，吸入室内空气中来自下层土壤和地下水中的污染物蒸气对应的土壤暴露量分别采用公式 (29) 和公式 (30) 计算：

$$IiVERca1 = VF_{subia} \times \frac{DAIRa \times EFla \times EDa}{BWa \times ATca} \dots\dots\dots (29)$$

$$IiVERca2 = VF_{gwia} \times \frac{DAIRa \times EFla \times EDa}{BWa \times ATca} \dots\dots\dots (30)$$

公式 (29) 和公式 (30) 中, VF_{subia} 和 VF_{gwia} 的参数值根据附录 B 计算, BWa 、 EDa 和 $ATca$ 的参数含义见公式 (1), $EFIa$ 的参数含义见公式 (5), $IiVERca1$ 、 $IiVERca2$ 、 VF_{subia} 和 VF_{gwia} 的参数含义见公式 (13) 和公式 (14)。

对于非致癌污染物, 考虑成人的暴露危害效应, 吸入室内空气中来自下层土壤和地下水中的污染物蒸气对应的土壤暴露量分别采用公式 (31) 和公式 (32) 计算:

$$IiVERnc1 = VF_{subia} \times \frac{DAIRa \times EFIa \times EDa}{BWa \times ATnc} \dots\dots\dots (31)$$

$$IiVERnc2 = VF_{gwia} \times \frac{DAIRa \times EFIa \times EDa}{BWa \times ATnc} \dots\dots\dots (32)$$

公式 (31) 和公式 (32) 中, VF_{subia} 和 VF_{gwia} 的参数值根据附录 B 计算, BWa 和 EDa 的参数含义见公式 (1), $ATnc$ 的参数含义见公式 (2), $EFIa$ 的参数含义见公式 (5), VF_{subia} 和 VF_{gwia} 的参数含义分别见公式 (13) 和公式 (14), $IiVERca1$ 、 $IiVERca2$ 的参数含义见公式 (15) 和公式 (16)。

7 毒性评估

7.1 毒性评估工作内容

毒性评估的主要工作内容包括分析关注污染物的健康效应 (致癌和非致癌效应), 确定污染物的毒性参数值。

7.2 分析健康效应

关注污染物健康效应分析主要包括关注污染物对人体健康的危害性质 (致癌效应和/或非致癌效应), 以及关注污染物经不同暴露途径对人体健康的毒性危害机理及剂量—效应关系。

7.3 确定污染物毒性参数

7.3.1 污染物的毒性参数值根据本标准附录 C 确定。

7.3.2 呼吸吸入致癌斜率因子 (SF_i), 优先根据呼吸吸入单位致癌因子 (URF) 外推计算得到; 呼吸吸入参考剂量 (RfD_i), 优先根据呼吸吸入参考浓度 (RfC) 外推计算得到。分别采用公式 (33) 和公式 (34) 计算:

$$SF_i = \frac{URF \times BWa}{DAIRa} \dots\dots\dots (33)$$

$$RfD_i = \frac{RfC \times DAIRa}{BWa} \dots\dots\dots (34)$$

公式 (33) 中:

SF_i - 呼吸吸入致癌斜率因子, (mg 污染物· kg^{-1} · $体重 \cdot d^{-1}$) $^{-1}$; 取值见附录 C;

RfD_i - 呼吸吸入参考剂量, mg 污染物· kg^{-1} · $体重 \cdot d^{-1}$; 取值见附录 C。

URF - 呼吸吸入单位致癌因子, $m^3 \cdot mg^{-1}$; 取值见附录 C。

RfC - 呼吸吸入参考浓度, $mg \cdot m^{-3}$; 取值见附录 C。

公式 (33) 和公式 (34) 中 BWa 的参数含义见公式 (1), $DAIRa$ 的参数含义见公式 5。

如附录 C 中未给出呼吸吸入单位致癌因子 (URF) 和呼吸吸入参考浓度 (RfC), 呼吸吸入致癌效率因子 (SF_i) 和呼吸吸入参考剂量 (RfD_i), 采用附录 C 中的 SF_i 和 RfD_i 参数值。

7.3.3 皮肤接触致癌斜率系数 (SF_d), 优先根据经口摄入致癌斜率系数计算得到; 皮肤接触参考剂量 (RfD_d), 优先根据经口摄入参考剂量计算得到。

皮肤接触致癌斜率系数和参考剂量分别采用公式 (35) 和公式 (36) 计算:

$$SF_d = \frac{SF_o}{ABS_{GI}} \dots\dots\dots (35)$$

$$RfD_d = RfD_o \times ABS_{GI} \dots\dots\dots (36)$$

公式 (35) 和公式 (36) 中:

- SF_d - 皮肤接触致癌斜率因子, ($\text{mg 污染物} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{体重} \cdot \text{d}^{-1}$)⁻¹; 取值见附录 C;
- SF_o - 经口摄入致癌斜率因子, ($\text{mg 污染物} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{体重} \cdot \text{d}^{-1}$)⁻¹; 取值见附录 C;
- RfD_o - 经口摄入参考剂量, $\text{mg 污染物} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{体重} \cdot \text{d}^{-1}$; 可采用导则推荐默认值的参数; 取值见附录 C。
- RfD_d - 皮肤接触参考剂量, $\text{mg 污染物} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{体重} \cdot \text{d}^{-1}$; 取值见附录 C。
- ABS_{GI} - 消化道吸收效率因子, 无量纲; 取值见附录 C。

8 风险表征

8.1 风险表征工作内容

风险表征的主要工作内容包括单一污染物的致癌和非致癌风险的计算、所有关注污染物的致癌和非致癌风险计算、不确定性分析和风险的空间表征。

8.2 风险表征技术要求

关注污染物健康风险值的计算应按照所有采样点污染物浓度数据 95%置信区间的上限值进行。根据实际情况, 也可按照每个采样点关注污染物的浓度数据计算风险值。

8.3 计算污染物的致癌和非致癌风险

8.3.1 单一污染物致癌风险

8.3.1.1 经口摄入土壤中单一污染物的致癌风险, 采用公式 (37) 计算:

$$CR_{OIS} = OISER_{ca} \times C_{sur} \times SF_o \dots\dots\dots (37)$$

公式 (37) 中:

- CR_{OIS} - 经口摄入暴露于污染土壤的致癌风险, 无量纲;
- C_{sur} - 表层土壤中污染物浓度, $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; 必须根据场地调查获得参数值;
- 公式 (37) 中 $OISER_{ca}$ 的参数含义见公式 (1), SF_o 的参数含义见公式 (35)。

8.3.1.2 皮肤接触土壤中单一污染物的致癌风险, 采用公式 (38) 计算:

$$CR_{DCS} = DCSE_{ca} \times C_{sur} \times SF_d \dots\dots\dots (38)$$

公式 (38) 中：

CR_{DCS} - 皮肤接触暴露于污染土壤的致癌风险，无量纲；

公式 (38) 中 $DCSER_{ca}$ 的参数含义见公式 (3)， SF_d 的参数含义见公式 (35)， C_{sur} 的参数含义见公式 (37)。

8.3.1.3 吸入受污染土壤颗粒物中单一污染物的致癌风险，采用公式 (39) 计算：

$$CR_{ISP} = PISER_{ca} \times C_{sur} \times SF_i \dots\dots\dots (39)$$

公式 (39) 中：

CR_{PIS} - 吸入颗粒物暴露于污染土壤的致癌风险，无量纲；

公式 (39) 中 SF_i 的参数含义见公式 (33)，

8.3.1.4 吸入室外空气中单一污染物蒸气的致癌风险，采用公式 (40) 计算：

$$CR_{IOV} = (IoVER_{ca1} \times C_{sur} + IoVER_{ca2} \times C_{sub} + IoVER_{ca3} \times C_{gw}) \times SF_i \dots\dots (40)$$

公式 (40) 中：

CR_{IOV} - 吸入室外空气暴露于污染土壤的致癌风险，无量纲；

C_{sub} - 下层土壤中污染物浓度， $mg \cdot kg^{-1}$ ；必须根据场地调查获得参数值；

C_{gw} - 地下水中污染物浓度， $mg \cdot L^{-1}$ ；必须根据场地调查获得参数值。

公式 (40) 中 $IoVER_{ca1}$ 、 $IoVER_{ca2}$ 、 $IoVER_{ca3}$ 的参数含义分别见公式 (7)、公式 (8) 和公式 (9)， SF_i 的参数含义见公式 (33)。

8.3.1.5 吸入室内空气中单一污染物蒸气的致癌风险，采用公式 (41) 计算：

$$CR_{IIV} = (IiVER_{ca1} \times C_{sub} + IiVER_{ca2} \times C_{gw}) \times SF_i \dots\dots\dots (41)$$

公式 (41) 中：

CR_{IIV} - 吸入室内空气暴露于污染土壤的致癌风险，无量纲。

公式 (41) 中 $IiVER_{ca1}$ 和 $IiVER_{ca2}$ 的参数含义分别见公式 (13) 和公式 (14)， SF_i 的参数含义见公式 (33)。

8.3.1.6 单一土壤污染物经所有暴露途径的致癌风险，采用公式 (42) 计算：

$$CR_n = CR_{OIS} + CR_{DCS} + CR_{PIS} + CR_{IOV} + CR_{IIV} \dots\dots\dots (42)$$

公式 (42) 中：

CR_n - 第 n 种污染物经所有暴露途径的致癌风险，无量纲。

公式 (42) 中 CR_{OIS} 、 CR_{DCS} 、 CR_{PIS} 、 CR_{IOV} 和 CR_{IIV} 的参数含义分别见公式 (37)、公式 (38)、公式 (39)、公式 (40) 和公式 (41)。

8.3.2 单一污染物非致癌危害商

8.3.2.1 经口摄入污染土壤中单一污染物的非致癌危害商，采用公式 (43) 计算：

$$HQ_{OIS} = \frac{OISER_{nc} \times C_{sur}}{RfD_o} \dots\dots\dots (43)$$

公式 (43) 中：

HQ_{OIS} - 经口摄入暴露于污染土壤的非致癌风险，无量纲。

公式 (43) 中 OISER_{nc} 的参数含义见公式 (2)，C_{sur} 的参数含义见公式 (37)，RfD_o 的参数含义见公式 (36)。

8.3.2.2 皮肤接触污染土壤中单一污染物的非致癌危害商，采用公式 (44) 计算：

$$HQ_{DCS} = \frac{DCSER_{nc} \times C_{sur}}{RfD_d} \dots\dots\dots (44)$$

公式 (44) 中：

HQ_{DCS} - 皮肤接触暴露于污染土壤的非致癌风险，无量纲。

公式 (44) 中 DCSE_{Rnc} 的参数含义见公式 (4)，RfD_d 的参数含义见公式 (36)，C_{sur} 的参数含义见公式 (37)。

8.3.2.3 吸入受污染土壤颗粒物中单一污染物的非致癌危害商，采用公式 (45) 计算：

$$HQ_{PIS} = \frac{PISER_{nc} \times C_{sur}}{RfD_i} \dots\dots\dots (45)$$

公式 (45) 中：

HQ_{PIS} - 吸入颗粒物暴露于污染土壤的非致癌风险，无量纲；

公式 (45) 中 PISER_{nc} 的参数定义见公式 (4)，RfD_i 的参数定义见公式 (34)，C_{sur} 的参数定义见公式 (37)。

8.3.2.4 吸入室外空气中单一污染物蒸气的非致癌危害商，采用公式 (46) 计算：

$$HQ_{IoV} = \frac{IoVER_{nc1} \times C_{sur} + IoVER_{nc2} \times C_{sub} + IoVER_{nc3} \times C_{gw}}{RfD_i} \dots\dots\dots (46)$$

公式 (46) 中：

HQ_{IoV} - 吸入室外空气暴露于污染土壤的非致癌风险，无量纲；

8.3.2.5 吸入室内空气中单一污染物蒸气的非致癌危害商，采用公式 (47) 计算：

$$HQ_{IiV} = \frac{IiVER_{nc1} \times C_{sub} + IiVER_{nc2} \times C_{gw}}{RfD_i} \dots\dots\dots (47)$$

公式 (47) 中：

HQ_{IiV} - 吸入室内空气暴露于污染土壤的非致癌风险，无量纲；

8.3.2.6 单一土壤污染物经所有途径的非致癌危害商，采用公式 (48) 计算：

$$HQ_n = HQ_{OIS} + HQ_{DCS} + HQ_{ISP} + HQ_{IoV} + HQ_{IiV} \dots\dots\dots (48)$$

公式 (48) 中：

HQ_n - 第 n 种污染物经所有暴露途径的非致癌风险，无量纲。

公式 (49) 中 HQ_{OIS} 、 HQ_{DCS} 、 HQ_{PIS} 、 HQ_{IoV} 和 HQ_{IV} 的参数定义分别见公式 (43)、公式 (44)、公式 (45)、公式 (46) 和公式 (47)。

8.3.3 所有污染物致癌和非致癌风险计算

8.3.3.1 所有关注污染物经所有途径的致癌风险，采用公式 (49) 计算：

$$CR_{sum} = CR_1 + CR_2 + \dots + CR_n \quad \dots\dots\dots (49)$$

公式 (49) 中：

CR_{sum} - 所有 n 种关注污染物的总致癌风险，无量纲。

公式 (49) 中 CR_n 的参数定义见公式 (42)。

8.3.3.2 所有关注污染物经所有暴露途径的非致癌危害指数，采用公式 (50) 计算：

$$HQ_{sum} = HQ_{total-1} + HQ_{total-2} + \dots + HQ_{total-n} \quad \dots\dots\dots (50)$$

公式 (50) 中：

HQ_{sum} - 所有 n 种关注污染物的非致癌危害指数，无量纲。

公式 (50) 中 $HQ_{total-n}$ 的参数定义见公式 (48)。

8.4 不确定性分析

8.4.1 污染物和暴露途径风险贡献率分析

8.4.1.1 单一污染物经不同暴露途径的风险贡献率

单一污染物经不同暴露途径致癌和非致癌风险贡献率，分别采用公式 (51) 和公式 (52) 计算：

$$PCR_{n-i} = \frac{CR_i}{CR_n} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (51)$$

$$PHQ_{n-i} = \frac{HQ_i}{HQ_n} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (52)$$

公式 (51) 和公式 (52) 中：

PCR_{n-i} - 第 n 种关注污染物经单一 (第 i 种) 暴露途径致癌风险贡献率，无量纲；

CR_i - 单一污染物经第 i 种暴露途径的致癌风险，无量纲；

PHQ_{n-i} - 第 n 种关注污染物经单一 (第 i 种) 暴露途径非致癌风险贡献率，无量纲；

HQ_{n-i} - 第 n 种关注污染物经单一 (第 i 种) 暴露途径非致癌风险贡献率，无量纲。

公式 (51) 中 CR_n 的参数含义见公式 (42)，公式 (52) 中 HQ_n 的参数含义见公式 (48)。

8.4.1.2 不同污染物经所有暴露途径的风险贡献率

不同关注污染物经所有暴露途径致癌和非致癌风险贡献率，分别采用公式 (53) 和公式 (54) 计算：

$$PCR_n = \frac{CR_n}{CR_{sum}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (53)$$

$$PHQ_n = \frac{HQ_n}{HQ_{sum}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (54)$$

公式 (53) 和公式 (54) 中：

PCR_n - 第 n 种关注污染物的致癌风险贡献率，无量纲；

PHQ_n - 第 n 种关注污染物的非致癌风险贡献率，无量纲。

公式 (53) 中 CR_n 和 CR_{sum} 的参数含义分别见公式 (42) 和公式 (49)，公式 (54) 中的 HQ_n 和 HQ_{sum} 的参数含义分别见公式 (48) 和公式 (50)。

根据以上公式计算获得的百分比越大，表示特定暴露途径或特定污染物对于总风险值的影响越大，在制定场地污染风险管理和修复方案过程中应予以重视。

8.4.2 分析模型参数敏感性

8.4.2.1 敏感参数确定原则

选定需要进行敏感性分析的参数 (P) 应是对风险计算结果影响较大的参数，包括人群相关参数 (体重、暴露周期、暴露频率等)、与暴露途径相关的参数 (每日摄入土壤量、暴露皮肤表面积、皮肤表面土壤粘附系数、每日吸入空气体积、总悬浮颗粒物含量、室内地基厚度、室内空间体积与蒸气入渗面积比等)。单一暴露途径风险贡献率超过 20% 时，应进行人群相关参数和与该途径相关的参数的敏感性分析。

8.4.2.2 敏感性分析方法

采用敏感性比例表征模型参数敏感性，即参数取值变动对模型计算风险值的影响程度。参数的敏感性比例越大，表示风险变化程度越大，该参数对风险计算的影响也越大。制定污染土壤风险管理对策时，应该关注对风险影响较大的敏感性参数。

模型参数值变化 (从 P₁ 变化到 P₂) 对致癌风险、危害商、基于致癌和非致癌风险的土壤修复限值 (X₁ 到 X₂) 的敏感性比例，采用公式 (55) 计算：

$$SR = \frac{\frac{X_2 - X_1}{X_1} \times 100\%}{\frac{P_2 - P_1}{P_1} \times 100\%} \quad \dots\dots\dots (55)$$

公式 (55) 中：

SR - 参数敏感性比例，无量纲；

P₁ - 参数 P 变化前的数值；

P₂ - 参数 P 变化后的数值；

X₁ - 按 P₁ 计算的致癌风险值或危害商值，无量纲；

X₂ - 按 P₂ 计算的致癌风险值或危害商值，无量纲。

选定进行敏感性分析的参数与风险值间不一定为线性相关，进行参数敏感性分析时，应兼顾考虑参数的实际取值范围，进行小范围或大范围参数值变化分析。参数值小范围变化是指将参数值变动±5%；参数值大范围变化是指将参数值变动±50%，或取该参数的最大与最小可能数值。

9 确定土壤修复建议目标值

9.1 确定土壤修复建议目标值工作内容

确定土壤修复建议目标值的工作内容包括：计算单一关注污染物经单一和所有暴露途径致癌风险的土壤修复限值、计算单一关注污染物经单一和所有暴露途径非致癌风险的土壤修复限值、计算保护地下水的土壤修复限值，确定土壤修复建议目标值。

关注污染物的致癌风险大于 10^{-6} 或危害商大于 1 时，应根据场地具体情况，按照 9.2 和/或 9.3 计算关注污染物的土壤修复限值，进而确定土壤修复建议目标值。

9.2 计算单一关注污染物基于致癌风险的土壤修复限值

9.2.1 基于经口摄入土壤途径致癌风险的土壤修复限值，采用公式 (56) 计算：

$$RSRL_{OIS} = \frac{ACR}{OISER_{ca} \times SF_o} \dots\dots\dots (56)$$

公式 (56) 中：

$RSRL_{OIS}$ - 基于经口摄入致癌风险的土壤修复限值， $mg \cdot kg^{-1}$ ；

ACR - 可接受致癌风险，无量纲；取值为 10^{-6} ；

公式 (56) 中 $OISER_{ca}$ 的参数含义见公式 (1)， SF_o 的参数含义见公式 (35)。

9.2.2 基于皮肤接触土壤途径致癌风险的土壤修复限值，采用公式 (57) 计算：

$$RSRL_{DCS} = \frac{ACR}{DCSER_{ca} \times SF_d} \dots\dots\dots (57)$$

公式 (57) 中：

$RSRL_{DCS}$ - 基于皮肤接触致癌风险的土壤修复限值， $mg \cdot kg^{-1}$ ；

公式 (57) 中 $DCSER_{ca}$ 的参数含义见公式 (3)， SF_d 的参数含义见公式 (35)， ACR 的参数含义见公式 (56)。

9.2.3 基于吸入土壤颗粒物途径致癌风险的土壤修复限值，采用公式 (58) 计算：

$$RSRL_{PIS} = \frac{ACR}{PISER_{ca} \times SF_i} \dots\dots\dots (58)$$

公式 (58) 中：

$RSRL_{PIS}$ - 基于吸入土壤颗粒物致癌风险的土壤修复限值， $mg \cdot kg^{-1}$ ；

公式 (58) 中 $PISER_{ca}$ 的参数含义见公式 (5)， SF_i 的参数含义见公式 (33)， ACR 的参数含义见公式 (56)。

9.2.4 基于吸入室外空气中污染物蒸气途径致癌风险的土壤修复限值，采用公式 (59) 计算：

$$RSRL_{IoV} = \frac{ACR}{(IoVER_{ca1} + IoVER_{ca2}) \times SF_i} \dots\dots\dots (59)$$

公式 (59) 中：

$RSRL_{IoV}$ - 基于吸入室外污染物蒸气致癌风险的土壤修复限值， $mg \cdot kg^{-1}$ ；

公式 (59) 中 $IoVER_{ca1}$ 、 $IoVER_{ca2}$ 的参数含义分别见公式 (7) 和公式 (8)， SF_i 的参数含义见公式 (33)， ACR 的参数含义见公式 (56)。

9.2.5 基于吸入室内空气中污染物蒸气途径致癌风险的土壤修复限值，根据公式 (60) 计算：

$$RSRL_{iiv} = \frac{ACR}{IiVER_{ca1} \times SF_i} \dots\dots\dots (60)$$

公式 (60) 中：

RSRL_{iiv} - 基于吸入室内污染物蒸气致癌风险的土壤修复限值，mg·kg⁻¹；

公式 (60) 中 IiVER_{ca1} 的参数含义见公式 (13)，SF_i 的参数含义见公式 (33)，ACR 的参数含义见公式 (56)。

9.2.6 基于所有暴露途径综合致癌风险的土壤修复限值，采用公式 (61) 计算：

$$RSRL_{total-n} = \frac{ACR}{OISER_{ca} \times SF_o + DCSEr_{ca} \times SF_d + (ISPER_{ca} + IoVER_{ca1} + IoVER_{ca2} + IiVER_{ca1}) \times SF_i} \dots\dots\dots (61)$$

公式 (61) 中：

RSRL_{total} - 基于所有暴露途径综合致癌风险的土壤修复限值，mg·kg⁻¹；

公式 (61) 中 IiVER_{ca1} 的参数含义见公式 (13)，SF_i 的参数含义见公式 (33)，ACR 的参数含义见公式 (56)。

9.3 计算单一关注污染物基于非致癌风险的土壤修复限值

9.3.1 基于经口摄入土壤途径非致癌风险的土壤修复限值，采用公式 (62) 计算：

$$HSRL_{ois} = \frac{RfD_o \times AHQ}{OISER_{nc}} \dots\dots\dots (62)$$

公式 (62) 中：

HSRL_{ois} - 基于经口摄入非致癌风险的土壤修复限值，mg·kg⁻¹；

AHQ - 可接受危害商，无量纲；取值为 1；

公式 (62) 中 OISER_{nc} 的参数定义见公式 (2)，RfD_o 的参数定义见公式 (36)。

9.3.2 基于皮肤接触土壤途径非致癌风险的土壤修复限值，采用公式 (63) 计算：

$$HSRL_{DCS} = \frac{RfD_d \times AHQ}{DCSEr_{nc}} \dots\dots\dots (63)$$

公式 (63) 中：

HSRL_{DCS} - 基于皮肤接触非致癌风险的土壤修复限值，mg·kg⁻¹；

公式 (63) 中 DCSEr_{nc} 的参数定义见公式 (4)，RfD_d 的参数定义见公式 (36)，AHQ 的参数定义见公式 (62)。

9.3.3 基于吸入土壤颗粒物途径非致癌风险的土壤修复限值，采用公式 (64) 计算：

$$HSRL_{isp} = \frac{RfD_i \times AHQ}{PISER_{nc}} \dots\dots\dots (64)$$

公式 (64) 中：

HSRL_{PIS} - 基于吸入颗粒物非致癌风险的土壤修复限值, mg·kg⁻¹;

公式(64)中 PISERnc 的参数定义见公式(6), RfD_i的参数定义见公式(34), AHQ 的参数定义见公式(62)。

9.3.4 基于吸入室外空气中污染物蒸气途径非致癌风险的土壤修复限值,采用公式(65)计算:

$$HSRL_{IoV} = \frac{RfD_i \times AHQ}{IoVER_{nc1} + IoVER_{nc2}} \dots\dots\dots (65)$$

公式(65)中:

HSRL_{IoV} - 基于吸入室外污染物蒸气非致癌风险的土壤修复限值, mg·kg⁻¹;

公式(65)中 IoVERnc1 和 IoVERnc2 的参数定义分别见公式(10)和公式(11), RfD_i的参数定义见公式(34), AHQ 的参数定义见公式(62)。

9.3.5 基于吸入室内空气中污染物蒸气途径非致癌风险的土壤修复限值,采用公式(66)计算:

$$HSRL_{IiV} = \frac{RfD_i \times AHQ}{IiVER_{nc1}} \dots\dots\dots (66)$$

公式(66)中:

HSRL_{IiV} - 基于吸入室内污染物蒸气非致癌风险的土壤修复限值, mg·kg⁻¹;

公式(66)中 IiVERnc1 的参数定义见公式(15), RfD_i的参数定义见公式(34), AHQ 的参数定义见公式(62)。

9.3.6 基于所有暴露途径综合非致癌风险的土壤修复限值,采用公式(67)计算:

$$HSRL_{total-n} = \frac{AHQ}{\frac{OISER_{nc}}{RfD_o} + \frac{DCSER_{nc}}{RfD_d} + \frac{ISPER_{nc} + IoVER_{nc1} + IoVER_{nc2} + IiVER_{nc1}}{RfD_i}} \dots (67)$$

公式(67)中:

HSRL_{total} - 基于所有暴露途径综合非致癌风险的土壤修复限值, mg·kg⁻¹;

公式(67)中 OISERnc、DCSERnc、PISERnc、IoVERnc1、IiVERnc1 的参数定义分别见公式(2)、公式(4)、公式(6)、公式(10)、公式(11)和公式(15), RfD_o、RfD_d和 RfD_i的参数定义见公式(36)和公式(33), AHQ 的参数定义见公式(62)。

9.4 计算保护地下水的土壤修复限值

土壤中污染物可随淋溶水发生垂直迁移而进入地下水,影响地下水环境质量。污染场地所在地地下水作为饮用水源或农业灌溉水源时,应计算保护地下水的土壤修复限值。保护地下水的土壤修复限值以地下水中污染物的最大浓度限值(附录 F)为基准,采用公式(68)计算:

$$SRL_{pgw} = \frac{MCL_{gw}}{LF_{gw}} \dots\dots\dots (68)$$

公式(68)中:

SRL_{pgw} - 保护地下水的土壤修复限值, mg·kg⁻¹;

MCL_{gw} - 地下水中污染物的最大浓度限值, $mg \cdot L^{-1}$; 取值见附录 F。

LF_{gw} - 地下水中来自土壤的污染物对应的土壤含量, $kg \cdot L^{-1}$; 根据附录 B 计算。

9.5 确定土壤修复建议目标值

比较经过上述计算得到的各关注污染物经单一和所有暴露途径致癌风险的土壤修复限值、经单一和所有暴露途径非致癌风险的土壤修复限值和保护地下水的土壤修复限值, 选择最小值作为污染场地土壤修复建议目标值。

附录 A
(规范性附录)
启动风险评估的土壤筛选值

表 A.1 土壤筛选值

污染物	CAS 编号	住宅及公共用地土壤筛选值 (mg/kg)	商服及工业用地土壤筛选值 (mg/kg)	保护地下水的土壤筛选值 (mg/kg)
镉	7440-43-9	70	900	0.4
汞	7439-97-6	10	14	0.1
砷	7440-38-2	0.4	2	1
总铬	7440-47-3	230	3400	2
六价铬	18540-29-9	230	3400	2
镍	7440-02-0	1600	23000	7
锌	7440-66-6	23000	340000	620
硒	7782-49-2	390	5700	0.3
钒	7440-62-2	550	7900	300
锑	7440-36-0	31	450	0.3
氰化物	57-12-5	1600	23000	2
丙酮	67-64-1	7800	110000	0.8
苯	71-43-2	1	1	0.002
甲苯	108-88-3	650	650	0.6
乙苯	100-41-4	400	400	0.7
1,4-二氯苯	106-46-7	20	80	0.1
氯仿	67-66-3	780	11000	0.03
四氯化碳	56-23-5	0.3	0.6	0.003
1,1-二氯乙烷	75-34-3	1200	1700	1
1,2-二氯乙烷	107-06-2	0.4	0.6	0.001
1,1,1-三氯乙烷	71-55-6	1200	1200	0.1
1,1,2-三氯乙烷	79-00-5	1	2	0.0009
氯乙烯	75-01-4	0.4	1	0.0007
1,1-二氯乙烯	75-35-4	290	410	0.003
1,2-二氯乙烯(顺)	156-59-2	780	11000	0.02
1,2-二氯乙烯(反)	156-60-5	1600	23000	0.03
三氯乙烯	79-01-6	0.07	0.1	0.003
四氯乙烯	127-18-4	1	2	0.003

污染物	CAS 编号	住宅及公共 用地土壤筛 选值 (mg/kg)	商服及工业用 地土壤筛选值 (mg/kg)	保护地下水的 土壤筛选值 (mg/kg)
苯并 (a) 蒽	56-55-3	0.6	2	0.08
苯并 (a) 芘	50-32-8	0.06	0.2	0.4
苯并荧 (b) 蒽	205-99-2	0.6	2	0.2
苯并荧 (k) 蒽	207-08-9	6	23	2
苯并荧 (a, h) 蒽	53-70-3	0.06	0.2	0.08
茚并 (1, 2, 3-cd) 芘	193-39-5	0.6	2	0.7
屈	218-01-9	62	230	8
萘	91-20-3	170	240	4
蒗	83-32-9	3400	37000	29
蒽	120-12-7	17000	180000	590
荧蒽	206-44-0	2300	24000	210
芴	86-73-7	2300	24000	28
芘	129-00-0	1700	18000	210
氯丹	57-74-9	2	7	0.5
七氯	76-44-8	0.1	0.7	1
毒杀芬	8001-35-2	0.6	3	2
滴滴涕	50-29-3	2	8	2
六氯苯	118-74-1	0.3	1	0.1
α -六六六	319-84-6	0.1	0.5	0.00003
β -六六六	319-85-7	0.4	2	0.0001
γ -六六六	58-89-9	0.4	2	0.0005
邻苯二甲酸二乙酯 (DEP)	84-66-2	49000	550000	23
邻苯二甲酸二正丁酯 (DnBP)	84-74-2	6100	68000	0.9
邻苯二甲酸二正辛酯 (DnOP)	117-84-0	1200	14000	10000
邻苯二甲酸双 2-乙基己酯 (DEHP)	117-81-7	35	140	180
邻苯二甲酸丁基卡基酯 (BBP)	85-68-7	12000	140000	810
3, 3'-二氯联苯胺	91-94-1	1	4	0.0003

附录 B
(规范性附录)
土壤中污染物的迁移模型

进入土壤中的污染物可在土壤水相、气相和固相分配并达到平衡。表层、下层土壤及地下水中的污染物可挥发扩散进入室外空气，下层土壤和地下水中污染物可经挥发扩散进入室内空气。土壤中的污染物可迁移进入地下水，影响地下水环境质量。以下规定了土壤和地下水中污染物迁移相关的模型公式。

B.1 计算污染物蒸气的有效扩散系数

B1.1 土壤中污染物蒸气的有效扩散系数，采用公式 (B.1) 计算：

$$D_s^{eff} = D_a \times \frac{\theta_{avs}^{3.33}}{\theta^2} + D_w \times \frac{\theta_{wvs}^{3.33}}{H' \times \theta^2} \dots\dots\dots (B.1)$$

公式 (B.1) 中：

- D_s^{eff} - 土壤中污染物蒸气的有效扩散系数， $cm^2 \cdot s^{-1}$ ；
- D_a - 空气中扩散系数， $cm^2 \cdot s^{-1}$ ；取值见附录 C；
- D_w - 水中扩散系数， $cm^2 \cdot s^{-1}$ ；取值见附录 C；
- θ - 非饱和土层土壤中总孔隙体积比，无量纲；取值为 0.462；
- θ_{avs} - 非饱和土层土壤中孔隙空气体积比，无量纲；根据附录 D 计算；
- θ_{wvs} - 非饱和土层土壤中孔隙水体积比，无量纲；根据附录 D 计算；
- H' - 亨利常数，无量纲；参数值见附录 C。

B1.2 污染物蒸气在地基与墙体裂隙中的有效扩散系数，采用公式 (B.2) 计算：

$$D_{crack}^{eff} = D_a \times \frac{\theta_{acrack}^{3.33}}{\theta^2} + D_w \times \frac{\theta_{wcrack}^{3.33}}{H' \times \theta^2} \dots\dots\dots (B.2)$$

公式 (B.2) 中：

- D_{crack}^{eff} - 污染物蒸气在地基与墙体裂隙中的有效扩散系数， $cm^2 \cdot s^{-1}$ ；根据附录 F 公式计算；
- θ_{acrack} - 地基与墙体裂隙中空气体积比，无量纲；取值为 0.26；
- θ_{wcrack} - 地基或墙体裂隙中水体积比，无量纲；取值为 0.12。

公式 (B.2) 中， D_a 、 D_w 、 θ 和 H' 的参数含义见公式 (B.1)。

B1.3 毛细管层中污染物蒸气的有效扩散系数，采用公式 (B.3) 计算：

$$D_{cap}^{eff} = D_a \times \frac{\theta_{acap}^{3.33}}{\theta^2} + D_w \times \frac{\theta_{wcap}^{3.33}}{H' \times \theta^2} \dots\dots\dots (B.3)$$

公式 (B.3) 中：

- D_{cap}^{eff} - 毛细管层中污染物蒸气的有效扩散系数， $cm^2 \cdot s^{-1}$ 。
- θ_{acap} - 毛细管层土壤中孔隙空气体积比，无量纲；取值为 0.038；
- θ_{wcap} - 毛细管层土壤中孔隙水体积比，无量纲；取值为 0.342。

公式 (B.2) 中, D_a 、 D_w 、 θ 和 H' 的参数含义见公式 (B.1)。

B1.4 污染物蒸气从地下水到表层土壤的有效扩散系数计算公式如下：

$$D_{gws}^{eff} = (h_{cap} + h_v) \times \left(\frac{h_{cap}}{D_{cap}^{eff}} + \frac{h_v}{D_s^{eff}} \right)^{-1} \dots\dots\dots (B.4)$$

公式 (B.4) 中：

D_{gws}^{eff} - 地下水到表层土壤的有效扩散系数, $cm^2 \cdot s^{-1}$ ；根据附录 F 公式计算；

h_{cap} - 地下水土壤交界处毛细管层厚度, cm；取值为 5；

h_v - 非饱和土层厚度, cm；优先根据场地调查数据确定, 取值为 295；

D_{cap}^{eff} - 毛细管层中污染物蒸气的有效扩散系数, $cm^2 \cdot s^{-1}$ 。

公式 (B.4) 中, D_s^{eff} 和 H' 的参数含义见公式 (B.1), D_{cap}^{eff} 的参数含义见公式 (B.3)。

B.2 计算污染物挥发对应的室外空气中土壤和地下水的含量

B2.1 表层土壤中污染物挥发对应的室外空气中的土壤含量, 采用公式 (B.5) 和公式 (B.6) 计算：

$$VF_{suroa-1} = \frac{2W_{dw} \times \rho_b}{U_{air} \times \delta_{air}} \times \sqrt{\frac{D_s^{eff} \times H'}{3.141 \times (\theta_{avs} \times H' + \theta_{wvs} + K_{oc} \times f_{oc} \times \rho_b) \times \tau}} \times 10^3 \dots\dots (B.5)$$

$$VF_{suroa-2} = \frac{W_{dw} \times \rho_b \times d}{U_{air} \times \delta_{air} \times \tau} \times 10^3 \dots\dots\dots (B.6)$$

公式 (B.5) 和公式 (B.6) 中：

$VF_{suroa-1}$ - 表层土壤中污染物挥发对应的室外空气中的土壤含量 (算法一), $kg \cdot m^{-3}$ ；

$VF_{suroa-2}$ - 表层土壤中污染物挥发对应的室外空气中的土壤含量 (算法二), $kg \cdot m^{-3}$ ；

W_{dw} - 平行于主导风向的土壤污染区长度, cm；推荐值为 1500, 优先根据场地调查获得参数值；

ρ_b - 土壤容重, $kg \cdot dm^{-3}$ ；推荐值为 1.5, 优先根据场地调查获得参数值；

U_{air} - 土壤污染区近地面年平均风速, cm/s；推荐值为 200, 优先根据场地调查获得参数值；

δ_{air} - 土壤污染区上方近地面大气混合层高度, cm；推荐值为 200, 优先根据场地调查获得参数值；

D_s^{eff} - 土壤中污染物蒸气的有效扩散系数, $cm^2 \cdot s^{-1}$ ；根据附录 F 公式计算；

H' - 亨利常数, 无量纲；参数值见附录 C。

θ_{avs} - 非饱和土层土壤中孔隙空气体积比, 无量纲；计算方法见附录 D；

θ_{wvs} - 非饱和土层土壤中孔隙水体积比, 无量纲；参数值计算见附录 D；

K_{oc} - 土壤有机碳/土壤孔隙水分配系数, $L \cdot kg^{-1}$ ；取值见附录 C。

f_{oc} - 土壤有机碳质量分数, 无量纲；参数值计算见附录 D；

τ - 污染物蒸气平均时间, s；住宅及公共用地方式取值为 9.46×10^8 , 商服及工业用地方式取值为 7.88×10^8 ；

d - 表层污染土壤下表面到地表距离, cm；必须根据场地调查获得参数值。

B2.2 下层土壤中污染物挥发对应的室外空气中的土壤含量, 采用公式 (B.7) 计算：

$$VF_{suboa} = \frac{H' \times \rho_b}{(\theta_{avs} \times H' + \theta_{wvs} + K_{oc} \times f_{oc} \times \rho_b) \times \left(1 + \frac{U_{air} \times \delta_{air} \times L_s}{D_s^{eff} \times W_{dw}}\right)} \times 10^3 \quad \dots (B.7)$$

公式 (B.7) 中：

VF_{suboa} - 下层土壤中污染物挥发对应室外空气中的土壤含量， $kg \cdot m^{-3}$ ；取 VF_{suboa1} 和 VF_{suboa2} 中的较小值；

L_s - 下层污染土壤上表面到地表距离，cm；必须根据场地调查获得参数值。

公式 (B.7) 中， H' 、 ρ_b 、 θ_{avs} 、 θ_{wvs} 、 K_{oc} 、 f_{oc} 、 U_{air} 、 δ_{air} 、 D_s^{eff} 和 W_{dw} 的参数含义见公式 (B.5)。

B2.3 地下水中污染物挥发对应的室外空气中的土壤含量采用公式 (B.8) 计算：

$$VF_{gwoa} = \frac{H'}{1 + \frac{U_{air} \times \delta_{air} \times L_{gw}}{D_{gws}^{eff} \times W_{gw}}} \times 10^3 \quad \dots (B.8)$$

VF_{gwoa} - 地下水中污染物挥发对应的室外空气中的地下水含量， $L \cdot m^{-3}$ ；

L_{gw} - 地下水埋深，cm；必须根据场地调查获得参数值；

W_{gw} - 平行于地下水流向的土壤污染区长度，cm；取值为 1500。

公式 (B.8) 中， D_{gws}^{eff} 的参数含义见公式 (B.4)， H' 、 U_{air} 和 δ_{air} 的参数含义见公式 (B.5)。

B.3 计算污染物挥发对应的室内空气中土壤和地下水的含量

B3.1 建筑物下方土壤中污染物蒸气可经扩散进入室内空气。下层土壤中污染物挥发对应的室内空气中的土壤含量采用公式 (B.9) 计算：

$$VF_{subia} = \frac{\frac{H' \times \rho_b}{\theta_{avs} \times H' + \theta_{wvs} + K_{oc} \times f_{oc} \times \rho_b} \times \frac{D_s^{eff} / L_s}{ER \times L_B}}{1 + \frac{D_s^{eff} / L_s}{ER \times L_B} + \frac{D_{crack}^{eff} / L_{crack}}{D_{crack}^{eff} / L_{crack} \times \eta}} \times 10^3 \quad \dots (B.9)$$

公式 (B.9) 中：

VF_{subia} - 下层土壤中污染物挥发对应的室内空气中的土壤含量， $kg \cdot m^{-3}$ ；

ER - 室内空气交换速率，次/h；住宅及公共用地方式取值为 0.5，商服及工业用地方式取值为 1；

L_B - 室内空间体积与蒸气入渗面积比，cm；住宅及公共用地取值为 200，商服及工业用地方式取值为 300。

L_{crack} - 室内地基厚度，cm；取值为 15；

η - 地基和墙体裂隙表面积所占比例，无量纲；取值为 0.01。

公式 (B.9) 中， D_s^{eff} 的参数含义见公式 (B.1)， D_{crack}^{eff} 的参数含义见公式 (B.2)， H' 、 ρ_b 、 θ_{avs} 、 θ_{wvs} 、 K_{oc} 、 f_{oc} 、 D_s^{eff} 、 L_s 和 W_{dw} 的参数含义见公式 (B.5)。

B3.2 地下水中污染物挥发对应的入室内空气中的地下水含量采用公式 (B.10) 计算：

$$VF_{\text{gwia}} = \frac{H \times \frac{D_{\text{gws}}^{\text{eff}} / L_{\text{gw}}}{ER \times L_{\text{B}}}}{1 + \frac{D_{\text{gws}}^{\text{eff}} / L_{\text{gw}}}{ER \times L_{\text{B}}} + \frac{D_{\text{gws}}^{\text{eff}} / L_{\text{gw}}}{D_{\text{crack}}^{\text{eff}} / L_{\text{crack}} \times \eta}} \times 10^3 \quad \dots\dots\dots (\text{B.10})$$

公式 B.10 中：

VF_{gwia} - 地下水中污染物挥发进入室内空气对应的地下水浓度， $\text{L}\cdot\text{m}^{-3}$ ；

$D_{\text{gws}}^{\text{eff}}$ - 地下水到表层土壤的有效扩散系数， $\text{cm}^2\cdot\text{s}^{-1}$ ；根据附录 F 公式计算。

公式 (B.10) 中， $D_{\text{gws}}^{\text{eff}}$ 的参数含义见公式 (B.4)， L_{gw} 的参数含义见公式 (B.8)， ER 、 L_{B} 、 $D_{\text{crack}}^{\text{eff}}$ 、 L_{crack} 和 η 的参数定义见公式 (B.9)。

B.4 计算土壤中污染物淋溶对应的地下水中的土壤含量

土壤中的污染物可淋溶迁移进入地下水。土壤中污染物淋溶对应的地下水中的土壤含量，采用公式 (B.11) 计算：

$$LF_{\text{gw}} = \frac{\rho_b}{(H \times \theta_{\text{avs}} + \theta_{\text{wvs}} + K_{\text{oc}} \times f_{\text{oc}} \times \rho_b) \times 1 + \frac{U_{\text{gw}} \times \delta_{\text{gw}}}{I \times W_{\text{gw}}}} \quad \dots\dots\dots (\text{B.11})$$

公式 (B.11) 中：

LF_{gw} - 土壤污染物淋溶对应的地下水中的土壤含量， $\text{kg}\cdot\text{L}^{-1}$ ；

U_{gw} - 地下水的达西 (Darcy) 速率， $\text{cm}\cdot\text{a}^{-1}$ ；取值为 2500；

δ_{gw} - 地下水混合区厚度， cm ；取值为 200。

I - 土壤中水的渗透速率， $\text{cm}\cdot\text{a}^{-1}$ ；取值为 30；

公式 (B.11) 中， ρ_b 、 H 、 θ_{avs} 、 θ_{wvs} 、 K_{oc} 、 f_{oc} 和 W_{dw} 的参数含义见公式 (B.5)。

附录 C
(规范性附录)
部分污染物的毒性参数

表 C.1 部分污染物的毒性参数

CAS 编号	化合物	经口摄入吸 收致癌斜率 因子 SF _o	呼吸吸入吸 收致癌斜率 因子 SF _i	皮肤接触吸 收致癌斜率 因子 SF _d	经口摄入 吸收参考 剂量 RfD _o	呼吸吸入 吸收参考 剂量 RfD _i	皮肤接触 吸收参考 剂量 RfD _d	呼吸吸入 吸收参考 浓度 RfC	呼吸吸入 吸收单位 致癌因子 URF	皮肤接触吸 收效率因子 ABS _d	消化道吸收 效率因子 ABS _{GI}
		(mg·kg ⁻¹ ·d ⁻¹) ⁻¹	(mg·kg ⁻¹ ·d ⁻¹) ⁻¹	(mg·kg ⁻¹ ·d ⁻¹) ⁻¹	mg·kg ⁻¹ ·d ⁻¹	mg·kg ⁻¹ ·d ⁻¹	mg·kg ⁻¹ ·d ⁻¹	mg·m ⁻³	(mg·m ⁻³) ⁻¹	-	-
一、无机污染物											
7440-43-9	镉	3.80E-01		3.80E-01	1.00E-03	1.00E-03	1.00E-05		1.80E+00	1.00E-03	2.50E-02
7439-97-6	汞	-	-	-	3.00E-04	8.57E-05	2.10E-05			1.00E-03	7.00E-02
7440-38-2	砷	1.50E+00		1.50E+00	3.00E-04	8.60E-06	1.23E-04		4.3E+00	3.00E-02	1.00E+00
7440-47-3	总铬	-	-	-	3.00E-03	2.90E-05	1.50E+00		1.20E+01	1.00E-03	1.30E-02
18540-29-9	六价铬	4.20E+01		4.20E+01	3.00E-03		3.00E-03	8.00E-06	1.20E+01	1.00E-03	2.50E-02
7440-02-0	镍	-	9.01E-01	-	2.00E-02	2.60E-05	5.40E-03		2.4E-01	1.00E-03	4.00E-02
7440-66-6	锌	-	-	-	3.00E-01	3.00E-01	6.00E-02			1.00E-03	1.00E+00
7782-49-2	硒	-	-	-	5.00E-03	5.70E-05	2.20E-03			1.00E-03	1.00E+00
7440-62-2	钒	-	-	-	7.00E-03	1.40E-05	7.00E-05			1.00E-03	1.00E+00
7440-36-0	锑	-	-	-	4.00E-04	1.40E-05	8.00E-06			1.00E-03	1.50E-01
57-12-5	氰化物	-	-	-	2.00E-02	1.40E-03	3.40E-03			1.00E-02	1.00E+00
二、挥发性有机污染物											
67-64-1	丙酮	-	-	-	9.00E-01	9.00E-01	9.00E-01			1.00E-02	1.00E+00
71-43-2	苯	5.50E-02	2.73E-02	5.67E-02	4.00E-03		4.00E-03	3.00E-02	7.80E-03	1.00E-02	1.00E+00
108-88-3	甲苯	-	-	-	8.00E-02		8.00E-02	5.00E+00		1.00E-02	1.00E+00
100-41-4	乙苯	-	-	-	1.00E-01		1.00E-01	1.00E+00	1.10E-03	1.00E-02	1.00E+00

CAS 编号	化合物	经口摄入吸收致癌斜率因子 SF _o	呼吸吸入吸收致癌斜率因子 SF _i	皮肤接触吸收致癌斜率因子 SF _d	经口摄入吸收参考剂量 RfD _o	呼吸吸入吸收参考剂量 RfD _i	皮肤接触吸收参考剂量 RfD _d	呼吸吸入吸收参考浓度 RfC	呼吸吸入吸收单位致癌因子 URF	皮肤接触吸收效率因子 ABS _d	消化道吸收效率因子 ABS _{GI}
		(mg·kg ⁻¹ ·d ⁻¹) ⁻¹	(mg·kg ⁻¹ ·d ⁻¹) ⁻¹	(mg·kg ⁻¹ ·d ⁻¹) ⁻¹	mg·kg ⁻¹ ·d ⁻¹	mg·kg ⁻¹ ·d ⁻¹	mg·kg ⁻¹ ·d ⁻¹	mg·m ⁻³	(mg·m ⁻³) ⁻¹	-	-
106-46-7	1,4-二氯苯	2.40E-02	2.20E-02	2.67E-02	2.30E-01		2.30E-01	8.00E-01		1.00E-02	1.00E+00
67-66-3	氯仿	3.10E-02		3.10E-02	1.00E-02	1.40E-02	1.00E-02		2.30E-02	1.00E-02	
56-23-5	四氯化碳	1.30E-01		2.00E-01	7.00E-04	1.10E-02	7.00E-02		1.50E-02	1.00E-02	
75-34-3	1,1-二氯乙烷	5.70E-03	5.60E-03	5.70E-03	1.00E-01		1.00E-01	5.00E-01		1.00E-02	1.00E+00
107-06-2	1,2-二氯乙烷	9.10E-02		9.10E-02	2.00E-02	1.40E-03	2.00E-02		2.60E-02	1.00E-02	1.00E+00
71-55-6	1,1,1-三氯乙烷	-	-	-	2.00E-01		1.80E-01	2.20E+00		1.00E-02	1.00E+00
79-00-5	1,1,2-三氯乙烷	5.70E-02		7.04E-02	4.00E-03	4.00E-03	4.00E-03		1.60E-02	1.00E-02	1.00E+00
75-1-4	氯乙烯	1.50E+00		1.50E+00	3.00E-03		3.00E-03	1.00E-01	4.40E-03	1.00E-02	1.00E+00
75-35-4	1,1-二氯乙烯	-	-	-	5.00E-02		5.00E-02	2.00E-01	5.00E-02	1.00E-02	1.00E+00
156-59-2	1,2-二氯乙烯 (顺)	-	-	-	1.00E-02	1.00E-02	1.00E-02			1.00E-02	1.00E+00
156-60-5	1,2-二氯乙烯 (反)	-	-	-	2.00E-02		2.00E-02	6.00E-02		1.00E-02	1.00E+00
79-01-6	三氯乙烯	4.00E-01		2.67E+00	3.00E-04		1.70E-01	4.00E-02	1.14E-01	1.00E-02	1.00E+00
127-18-4	四氯乙烯	5.40E-01		5.40E-01	1.00E-02		1.00E-02	6.00E-01	5.90E-03	1.00E-02	1.00E+00
三、多环芳烃类有机污染物											
56-55-3	苯并(a)蒽	7.30E-01	3.90E-01	2.35E+00	2.00E-04	7.00E-07	-			1.30E-01	1.00E+00
50-32-8	苯并(a)芘	7.30E+00	3.90E+00	2.35E+01	2.00E-05	7.00E-08	-			1.30E-01	1.00E+00
205-99-2	苯并(b)荧蒽	7.30E-01	3.90E+00	2.35E+00	2.00E-04	7.00E-07	-			1.30E-01	1.00E+00
207-08-9	苯并(k)荧蒽	7.30E-02	3.90E-01	2.35E-01	2.00E-03	7.00E-06	-			1.30E-01	1.00E+00
53-70-3	二苯并(a,h)蒽	7.30E+00	4.10E+00	2.35E+01	2.00E-05	7.00E-08	-			1.30E-01	1.00E+00
193-39-5	茚并(1, 2, 3-cd)芘	1.20E+00	3.90E-01	2.35E+00	2.00E-04	7.00E-07	-			1.30E-01	1.00E+00

CAS 编号	化合物	经口摄入吸收致癌斜率因子 SF _o	呼吸吸入吸收致癌斜率因子 SF _i	皮肤接触吸收致癌斜率因子 SF _d	经口摄入吸收参考剂量 RfD _o	呼吸吸入吸收参考剂量 RfD _i	皮肤接触吸收参考剂量 RfD _d	呼吸吸入吸收参考浓度 RfC	呼吸吸入吸收单位致癌因子 URF	皮肤接触吸收效率因子 ABS _d	消化道吸收效率因子 ABS _{GI}
		(mg·kg ⁻¹ ·d ⁻¹) ⁻¹	(mg·kg ⁻¹ ·d ⁻¹) ⁻¹	(mg·kg ⁻¹ ·d ⁻¹) ⁻¹	mg·kg ⁻¹ ·d ⁻¹	mg·kg ⁻¹ ·d ⁻¹	mg·kg ⁻¹ ·d ⁻¹	mg·m ⁻³	(mg·m ⁻³) ⁻¹	-	-
218-01-9	屈	7.30E-03	3.90E-02	2.35E-02	2.00E-02	7.00E-05	-			1.30E-01	1.00E+00
91-20-3	萘	1.20E-01	1.20E-01	1.20E-01	2.00E-02		2.00E-02	3.00E-03		1.30E-01	1.00E+00
83-32-9	萘	-	-	-	6.00E-02	6.00E-02	1.86E-02			1.30E-01	1.00E+00
120-12-7	蒽	-	-	-	3.00E-01	3.00E-01	2.28E-01			1.30E-01	1.00E+00
206-44-0	荧蒽	-	-	-	4.00E-02	4.00E-02	1.24E-02			1.30E-01	1.00E+00
86-73-7	芴	-	-	-	4.00E-02	4.00E-02	2.00E-02			1.30E-01	1.00E+00
129-00-0	苊	-	-	-	3.00E-02	3.00E-02	9.30E-03			1.30E-01	1.00E+00
四、持久性有机污染物与化学农药											
57-74-9	氯丹	3.50E-01	3.50E-01	7.00E-01	5.00E-04		5.00E-04	7.00E-04	1.00E-01	4.00E-02	1.00E+00
76-44-8	七氯	4.50E+00		6.25E+00	5.00E-04	5.00E-04	5.00E-04		1.30E+00	1.00E-01	1.00E+00
8001-35-2	毒杀芬	1.10E+00		2.20E+00	-	-	-		3.20E-01	1.00E-01	1.00E+00
50-29-3	滴滴涕	3.40E-01		4.86E-01	5.00E-04	5.00E-04	5.00E-04		9.70E-02	1.00E-01	1.00E+00
118-74-1	六氯苯	1.60E+00		3.20E+00	8.00E-04	8.00E-04	8.00E-04		4.60E-01	1.00E-01	1.00E+00
319-84-6	α-六六六	6.30E+00		6.30E+00	5.00E-04	5.00E-04	5.00E-04		1.80E+00	1.00E-01	1.00E+00
319-85-7	β-六六六	1.80E+00		1.98E+00	2.00E-04	2.00E-04	2.00E-04		5.30E-01	1.00E-01	1.00E+00
58-89-9	-六六六	1.30E+00	1.80E+00	1.34E+00	3.00E-04	3.00E-04	3.00E-04			1.00E-01	1.00E+00
五、其他											
84-66-2	邻苯二甲酸二乙酯(DEP)	-	-	-	8.00E-01	8.00E-01	8.00E-01			1.00E-01	1.00E+00
84-74-2	邻苯二甲酸二正丁酯(DnBP)	-	-	-	1.00E-01	1.00E-01	1.00E-01			1.00E-01	1.00E+00
117-84-0	邻苯二甲酸二正辛酯(DnOP)	-	-	-	2.00E-02	2.00E-02	2.00E-02			1.00E-01	1.00E+00

CAS 编号	化合物	经口摄入吸 收致癌斜率 因子 SF _o	呼吸吸入吸 收致癌斜率 因子 SF _i	皮肤接触吸 收致癌斜率 因子 SF _d	经口摄入 吸收参考 剂量 RfD _o	呼吸吸入 吸收参考 剂量 RfD _i	皮肤接触 吸收参考 剂量 RfD _d	呼吸吸入 吸收参考 浓度 RfC	呼吸吸入 吸收单位 致癌因子 URF	皮肤接触吸 收效率因子 ABS _d	消化道吸 收效率因子 ABS _{GI}
		(mg·kg ⁻¹ ·d ⁻¹) ⁻¹	(mg·kg ⁻¹ ·d ⁻¹) ⁻¹	(mg·kg ⁻¹ ·d ⁻¹) ⁻¹	mg·kg ⁻¹ ·d ⁻¹	mg·kg ⁻¹ ·d ⁻¹	mg·kg ⁻¹ ·d ⁻¹	mg·m ⁻³	(mg·m ⁻³) ⁻¹	-	-
117-81-7	邻苯二甲酸双 2- 乙基己酯 (DEHP)	1.40E-02	1.40E-02	7.37E-02	2.00E-02	2.00E-02	4.00E-02			1.00E-01	1.00E+00
85-68-7	邻苯二甲酸丁基 卡基酯 (BBP)	-	-	-	2.00E-01	2.00E-01	2.00E-01			1.00E-01	1.00E+00
91-94-1	3,3-二氯联苯胺	4.50E-01	1.20E+00	9.00E-01	-	-	-			1.00E-01	1.00E+00

附录 D
(规范性附录)
部分污染物的理化性质参数

附表 D.1 部分污染物的理化性质参数

CAS#	化合物	土壤有机碳/隙水 分配系数 K _{oc} cm ³ ·g	空气中扩散 系数 D _a cm ² ·s ⁻¹	水中扩散 系数 D _w cm ² ·s ⁻¹	水中溶解 度 S mg·L ⁻¹	亨利常 数 H' —
一、无机污染物						
7440-43-9	镉	1.10E+02*	-	-	-	-
7439-97-6	汞	8.20E+01*	-	-	-	-
7440-38-2	砷	2.90E+01*	-	-	-	-
7440-47-3	总铬	-	-	-	-	-
18540-29-9	六价铬	1.80E+01*	-	-	-	-
7440-02-0	镍	8.80E+01*	-	-	-	-
7440-66-6	锌	7.50E+01*	-	-	-	-
7782-49-2	硒	4.30E+00*	-	-	-	-
7440-62-2	钒	-	-	-	-	-
7440-36-0	锑	-	-	-	-	-
57-12-5	氰化物	-	-	-	-	-
二、挥发性有机污染物						
67-64-1	丙酮	5.57E-01	1.24E-01	1.14E-05	1.00E+06	1.59E-03
71-43-2	苯	5.89E+01	8.80E-02	9.80E-06	1.75E+03	2.28E-01
108-88-3	甲苯	1.82E+02	8.70E-02	8.60E-06	5.26E+02	2.72E-01
100-41-4	乙苯	3.63E+02	7.50E-02	7.80E-06	1.69E+02	3.23E-01
106-46-7	1,4-二氯苯	6.17E+02	6.90E-02	7.90E-06	7.38E+01	9.96E-02
67-66-3	氯仿	3.98E+01	1.04E-01	1.00E-05	7.92E+03	1.50E-01
56-23-5	四氯化碳	1.74E+02	7.80E-02	8.80E-06	7.93E+02	1.25E+00
75-34-3	1,1-二氯乙烷	3.16E+01	7.42E-02	1.05E-05	5.06E+03	2.30E-01
107-06-2	1,2-二氯乙烷	1.74E+01	1.04E-01	9.90E-06	8.52E+03	4.01E-02
71-55-6	1,1,1-三氯乙烷	1.10E+02	7.80E-02	8.80E-06	1.33E+03	7.05E-01
79-00-5	1,1,2-三氯乙烷	5.01E+01	7.80E-02	8.80E-06	4.42E+03	3.74E-02
75-1-4	氯乙烯	1.86E+01	1.06E-01	1.23E-05	2.76E+03	1.11E+00
75-35-4	1,1-二氯乙烯	5.89E+01	9.00E-02	1.04E-05	2.25E+03	1.07E+00
156-59-2	1,2-二氯乙烯(顺)	3.55E+01	7.36E-02	1.13E-05	3.50E+03	1.67E-01
156-60-5	1,2-二氯乙烯(反)	5.25E+01	7.07E-02	1.19E-05	6.30E+03	3.80E-01
79-01-6	三氯乙烯	1.66E+02	7.90E-02	9.10E-06	1.10E+03	4.22E-01
127-18-4	四氯乙烯	1.55E+02	7.20E-02	8.20E-06	2.01E+02	7.54E-01
三、多环芳烃类有机污染物						
56-55-3	苯并(a)蒽	3.95E+05	5.10E-02	9.00E-06	9.40E-03	1.37E-04
50-32-8	苯并(a)芘	1.02E+05	4.30E-02	9.00E-06	1.62E-03	4.63E-05
205-99-2	苯并(b)荧蒽	1.23E+06	2.26E-02	5.56E-06	1.50E-03	4.55E-03

CAS#	化合物	土壤有机碳/隙水 分配系数 K_{oc} $cm^3 \cdot g^{-1}$	空气中扩散 系数 D_a $cm^2 \cdot s^{-1}$	水中扩散 系数 D_w $cm^2 \cdot s^{-1}$	水中溶解 度 S $mg \cdot L^{-1}$	亨利常 数 H' —
207-08-9	苯并(k)荧蒽	1.23E+06	2.26E-02	5.56E-06	8.00E-04	3.40E-05
53-70-3	二苯并(a, h)蒽	3.80E+06	2.02E-02	5.18E-06	2.49E-03	6.03E-07
193-39-5	茚并(1, 2, 3-cd)芘	3.47E+06	1.90E-02	5.66E-06	2.20E-05	6.56E-05
218-01-9	屈	3.98E+05	2.48E-02	6.21E-06	1.60E-03	3.88E-03
91-20-3	萘	2.00E+03	5.90E-02	7.50E-06	3.10E+01	1.98E-02
83-32-9	芴	7.08E+03	4.21E-02	7.69E-06	4.24E+00	6.36E-03
120-12-7	蒽	2.95E+04	3.24E-02	7.74E-06	4.34E-02	2.67E-03
206-44-0	荧蒽	1.07E+05	3.02E-02	6.35E-06	2.06E-01	6.60E-04
86-73-7	芴	1.38E+04	3.63E-02	7.88E-06	1.98E+00	2.61E-03
129-00-0	芘	1.05E+05	2.72E-02	7.24E-06	1.35E-01	4.51E-04
四、持久性有机污染物与化学农药						
57-74-9	氯丹	1.20E+05	1.18E-02	4.37E-06	5.60E-02	1.99E-03
76-44-8	七氯	1.41E+06	1.12E-02	5.69E-06	1.80E-01	4.47E-02
8001-35-2	毒杀芬	2.57E+05	1.16E-02	4.34E-06	7.40E-01	2.46E-04
50-29-3	滴滴涕	2.63E+06	1.37E-02	4.95E-06	2.50E-02	3.32E-04
118-74-1	六氯苯	5.50E+04	5.42E-02	5.91E-06	6.20E+00	5.41E-02
319-84-6	α -六六六	1.23E+03	1.42E-02	7.34E-06	2.00E+00	4.35E-04
319-85-7	β -六六六	1.26E+03	1.42E-02	7.34E-06	2.40E-01	3.05E-05
58-89-9	γ -六六六	1.07E+03	1.42E-02	7.34E-06	6.80E+00	5.74E-04
84-66-2	邻苯二甲酸二乙酯 (DEP)	2.88E+02	2.56E-02	6.35E-06	1.08E+03	1.85E-05
84-74-2	邻苯二甲酸二正丁 酯(DnBP)	3.39E+04	4.38E-02	7.86E-06	1.12E+01	3.85E-08
117-84-0	邻苯二甲酸二正辛 酯(DnOP)	1.32E+07	1.51E-02	3.58E-06	2.00E-02	2.74E-03
117-81-7	邻苯二甲酸双 2-乙 基己酯 (DEHP)	1.51E+07	3.51E-02	3.66E-06	3.40E-01	4.18E-06
85-68-7	邻苯二甲酸丁基卡 基酯(BBP)	5.75E+04	1.74E-02	4.83E-06	2.69E+00	5.17E-05
91-94-1	3,3'-二氯联苯胺	7.24E+02	1.94E-02	6.74E-06	3.11E+00	1.64E-07

* 土壤 pH 值为 7.0 时的 K_d 值 (单位: $L \cdot kg^{-1}$), $K_{oc} = K_d / f_{oc}$

附录 E
(规范性附录)
部分过程参数的计算方法

土壤有机碳质量分数 (f_{oc})、非饱和土层土壤中总孔隙体积比 (θ)、非饱和土层土壤中空气体积比 (θ_{avs})、非饱和土层土壤中水体积比 (θ_{wvs}) 是影响土壤中有机污染物环境行为的重要土壤理化性质参数。上述参数可根据场地调查土壤有机质含量 (f_{om})、土壤容重 (ρ_b) 和土壤含水率 (P_{ws}) 估算。

E.1 土壤有机碳质量分数

根据场地调查土壤有机质含量数据估算土壤有机碳含量，采用公式 (E.1) 计算：

$$f_{oc} = \frac{f_{om}}{1.7 \times 1000} \quad \dots\dots\dots (E.1)$$

公式 (E.1) 中：

- f_{om} - 土壤有机质含量, $g \cdot kg^{-1}$ ；根据场地调查获得参数值；
- 1.7 - 土壤有机质/有机碳含量转换系数。

E.2 非饱和土层土壤总孔隙度

根据场地调查土壤容重和土壤颗粒密度估算非饱和土层土壤总孔隙度，采用公式 (E.2) 计算：

$$\theta = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_s} \quad \dots\dots\dots (E.2)$$

公式 (E.2) 中：

- θ - 非饱和土层土壤中总孔隙体积比，无量纲；
- ρ_b - 土壤容重, $kg \cdot dm^{-3}$ ；推荐值为 1.5；优先根据场地调查获得参数值；
- ρ_s - 土壤颗粒密度, $kg \cdot dm^{-3}$ ，推荐值为 2.65；优先根据场地调查获得参数值。

E.3 非饱和土层土壤中孔隙水体积比

根据场地调查土壤容重和土壤含水率数据估算非饱和土层土壤中水体积比，采用公式 (E.3) 计算：

$$\theta_{wvs} = \frac{\rho_b \times P_{ws}}{\rho_w} \quad \dots\dots\dots (E.3)$$

公式 (E.3) 中：

- θ_{wvs} - 非饱和土层土壤中孔隙水体积比，无量纲；
- P_{ws} ：土壤含水率, $kg \text{ 水} \cdot kg^{-1}$ 土壤；优先根据场地调查获得参数值；
- ρ_w ：水的密度，取值 $1 \text{ kg} \cdot dm^{-3}$ 。

公式 (E.3) 中， ρ_b 参数的含义见公式 (E.2)。

E.4 非饱和土层土壤中孔隙空气体积比

非饱和土层土壤中孔隙空气体积比，采用公式 (E.4) 计算：

$$\theta_{avs} = \theta - \theta_{wvs} \quad \dots\dots\dots (E.4)$$

公式 (E.4) 中：

θ_{avs} - 非饱和土层土壤中孔隙空气体积比，无量纲；

公式 (E.4) 中， θ 的参数含义见公式 (E.2)， θ_{wvs} 的参数含义见公式 (E.3)。

E.5 儿童和成人暴露皮表面积

儿童和成人暴露皮肤表面积分别采用公式 (E.5) 和公式 (E.6) 计算：

$$SAEc = 239 \times Hc^{0.417} \times BWc^{0.517} \times SERc \quad \dots\dots\dots (E.5)$$

$$SAEa = 239 \times Ha^{0.417} \times BWa^{0.517} \times SERa \quad \dots\dots\dots (E.6)$$

公式 (E.5) 和公式 (E.6)

SAEa - 成人暴露皮肤表面积， cm^2 ；

SAEc - 儿童暴露皮肤表面积， cm^2 ；

Hc - 儿童平均身高，cm；取值为 95.9。

Ha - 成人平均身高，cm；取值为 153.2。

SERa - 成人体表暴露皮肤所占面积比，无量纲；居住及公共用地方式取值为 0.32，商服及工业用地方式取值为 0.18；

SERc - 儿童体表暴露皮肤所占面积比，无量纲；取值为 0.36。

附录 F
(资料性附录)
地下水中污染物的最大浓度限值

表 F.1 地下水中污染物的最大浓度限值

序号	污染物	饮用水 最大浓度限值 ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-3}$)	农业灌溉水 最大浓度限值 ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-3}$)
1	镉	0.005	0.005
2	汞	0.001	0.001
3	砷	0.01	0.05
4	铅	0.01	0.1
5	铬	0.1	*
6	六价铬	0.05	0.1
7	铜	1	1
8	镍	0.02	0.1
9	锌	1	2.0
10	硒	0.01	0.02
11	钴	0.14	*
12	钒	0.3	*
13	锑	0.005	*
14	氟化物	1	2
15	氟化物(自由态)	0.05	0.5
16	甲醛	0.9	*
17	丙酮	4	*
18	丁酮	3.64	*
19	苯	0.01	2.5
20	甲苯	0.7	6.0
21	二甲苯	0.5	6.0
22	乙苯	0.3	3.0
23	1,4-二氯苯	0.075	*
24	氯仿(三氯甲烷)	0.06	0.3
25	四氯化碳	0.002	0.02
26	1,1 -二氯乙烷	4	*
27	1,2-二氯乙烷	0.03	0.04
28	1,1,1-三氯乙烷	2	4.0
29	1,1,2-三氯乙烷	0.005	0.06
30	氯乙烯	0.005	0.09
31	1,1 -二氯乙烯	0.03	1.5
32	1,2 -二氯乙烯(顺)	0.05	0.30
33	1,2 -二氯乙烯(反)	0.05	0.30
34	三氯乙烯	0.07	0.21
35	四氯乙烯	0.04	0.30
36	苯并(a)蒽	0.0001	*
37	苯并(a)芘	0.00001	0.0005
38	苯并(b)荧蒽	0.0001	*

序号	污染物	饮用水 最大浓度限值 ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-3}$)	农业灌溉水 最大浓度限值 ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-3}$)
39	苯并(k)荧蒽	0.001	*
40	二苯并(a, h)蒽	0.00001	*
41	茚并(1, 2, 3-cd)芘	0.0001	*
42	屈	0.01	*
43	萘	1	*
44	菲	0.075	*
45	芘	2	*
46	蒽	10	*
47	荧蒽	1	*
48	芴	1	*
49	芘	1	*
50	苯并(g, h, i)花	0.0264	*
51	芘烯(二氢芘)	0.17	*
52	艾氏剂	0.000005	*
53	狄氏剂	0.000005	*
54	异狄氏剂	0.002	*
55	氯丹	0.002	*
56	七氯	0.0004	0.0008
57	灭蚁灵	0.00004	*
58	毒杀芬	0.003	*
59	滴滴涕总量	-	0.15
	滴滴伊	0.001	*
	滴滴滴	0.001	*
	滴滴涕	0.001	*
60	六氯苯	0.001	0.002
61	PCBs	0.0005	*
62	二恶英/呋喃类总量 (ng/kg)	3E-08	*
63	六六六总量	-	0.01
	α -六六六	0.005	*
	β -六六六	0.005	*
	δ -六六六	0.005	*
	γ -六六六(林丹)	0.005	0.009
64	阿特拉津	0.002	1.05
65	2,4-二氯苯氧乙酸	0.03	0.3
66	西玛津	0.004	*
67	敌稗	0.07	*
68	草甘磷	0.7	3.0
69	二嗪磷(地亚农)	0.0113	*
70	代森锌	0.35	*
71	矿物油总量	0.3	1.0
72	邻苯二甲酸酯类总量	-	*

序号	污染物	饮用水 最大浓度限值 ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-3}$)	农业灌溉水 最大浓度限值 ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-3}$)
	邻苯二甲酸二甲酯 (DMP)	0.05	*
	邻苯二甲酸二乙酯 (DEP)	0.3	*
	邻苯二甲酸二正丁酯 (DnBP)	0.003	*
	邻苯二甲酸二正辛酯 (DnOP)	0.05	*
	邻苯二甲酸二(2-乙基)己酯 (DEHP)	0.008	0.30
	邻苯二甲酸丁基苄基酯 (BBP)	0.05	*
73	苯酚	0.002	1.0
74	2,4-二硝基甲苯	0.0021	*
75	3,3-二氯联苯胺	0.0012	*

* 参照饮用水最大浓度限值。