

DB4401

广 州 市 地 方 标 准

DB4401/T 102.7—2023

建设用地土壤污染防治 第7部分：土壤污染风险评估技术规范

Soil pollution prevention and control of land for construction—

Part 7: Technical specifications for risk assessment of soil contamination

2023-06-10 发布

2023-07-10 实施

广州市市场监督管理局 发布

目 次

前言	III
引言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 工作程序和内容	2
4.1 工作程序	2
4.2 工作内容	3
5 危害识别技术要求	4
5.1 收集相关资料	4
5.2 土壤污染状况调查回顾	4
5.3 确定关注污染物	5
6 暴露评估技术要求	5
6.1 分析暴露情景	5
6.2 确定暴露途径	5
6.3 计算土壤和地下水暴露量	6
6.4 风险评估的模型参数	6
7 毒性评估技术要求	8
7.1 分析污染物毒性效应	8
7.2 确定污染物相关参数	8
8 风险表征技术要求	9
8.1 一般性技术要求	9
8.2 计算地块土壤和地下水污染风险	9
8.3 不确定性分析	10
9 计算风险控制值的技术要求	10
9.1 确定风险可接受水平	10
9.2 计算地块土壤和地下水风险控制值	10
10 确定风险管控、修复目标的技术要求	11
10.1 风险管控、修复目标值的确定	11
10.2 确定风险管控、修复范围	11
11 后期环境管理建议	12
12 报告编制	12
12.1 形式要求	12
12.2 图表的要求	12
12.3 报告格式	13
附录 A（资料性） 铅风险评估模型	14
附录 B（资料性） 部分暴露评估模型	19
附录 C（资料性） 风险评估模型参数及推荐值	21

DB4401/T 102.7—2023

附录 D（资料性） 污染物性质参数查询数据库及部分常见污染物毒性评价要求	25
附录 E（资料性） 风险评估报告编制大纲	31

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》给出的规定起草。

本文件为DB4401/T 102《建设用地土壤污染防治》的第7部分。DB4401/T 102已发布以下部分：

- 第1部分：污染状况调查技术规范；
- 第2部分：污染修复方案编制技术规范；
- 第3部分：土壤重金属监测质量保证与质量控制技术规范；
- 第4部分：土壤挥发性有机物监测质量保证与质量控制技术规范；
- 第5部分：半挥发性有机物土壤监测质量保证与质量控制技术规范；
- 第6部分：土壤污染修复工程环境监理技术规范。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由广州市生态环境局提出并归口。

本文件起草单位：广州市环境技术中心、广东省环境科学研究院、广州检验检测认证集团有限公司。

本文件主要起草人：陈敏毅、张静雯、邓一荣、王柳玲、谭海剑、刘丽丽、李志鹏、杨巧玲、廖高明、周卫霞、谢玉蓉、钟名誉、杨慧慧、李韦钰、李怡辰。

引 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国土壤污染防治法》，保护土壤生态环境，保障人居环境安全，加强广州市建设用地土壤环境监督管理，规范广州市土壤污染风险评估工作，制定本文件。

DB4401/T 102系列土壤污染防治技术规范分若干部分，第1部分规定了广州市建设用地土壤污染状况调查的技术要求；通过使用第1部分规定的技术方法以查明建设用地土壤污染状况，从而判断被调查的建设用地地块土壤环境质量是否满足相应要求，对于不满足要求需要进行土壤污染风险评估的，按第7部分规定的技术要求开展土壤污染风险评估工作，明确地块是否需要纳入建设用地土壤污染风险管控和修复名录；第2部分则对纳入建设用地土壤污染风险管控和名录内的地块，提出了编制土壤污染修复方案的技术要求；第3部分、第4部分和第5部分分别规定了土壤污染防治相关土壤重金属、挥发性有机物和半挥发性有机物监测工作的质量保证和质量控制要求；第6部分规定了广州市建设用地土壤污染修复工程环境监理的技术要求；其他部分均围绕土壤污染防治工作的不同方面提出技术要求。

建设用地土壤污染防治

第7部分：土壤污染风险评估技术规范

1 范围

本文件规定了建设用地土壤污染风险评估的工作程序和内容、危害识别技术要求、暴露评估技术要求、毒性评估技术要求、风险表征技术要求、计算风险控制值的技术要求、确定风险管控、修复目标的技术要求、后期环境管理建议、报告编制等方面的要求。

本文件适用于广州市辖区内建设用地土壤污染健康风险评估、风险控制值的计算、风险管控及修复目标的确定。

本文件不适用于含放射性物质和致病性生物污染的建设用地土壤污染风险评估。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB 36600 土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)
- GB 50137 城市用地分类与规划建设用地标准
- HJ 25.3-2019 建设用地土壤污染风险评估技术导则
- HJ 25.4-2019 建设用地土壤修复技术导则
- HJ 25.6 污染地块地下水修复和风险管控技术导则
- HJ 682-2019 建设用地土壤污染风险管控和修复术语
- DB4401/T 102.1 建设用地土壤污染防治 第1部分：污染状况调查技术规范
- DB4401/T 102.2-2021 建设用地土壤污染防治 第2部分：污染修复方案编制技术规范

3 术语和定义

DB4401/T 102.1界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

建设用地健康风险评估 health risk assessment of land for construction

在土壤污染状况调查的基础上，分析地块土壤和地下水中污染物对人群的主要暴露途径，评估污染物对人体健康的致癌风险或危害水平。

[来源：HJ 25.3—2019，3.4]

3.2

暴露情景 exposure scenario

特定土地利用方式下，地块污染物经由不同方式迁移并到达受体的一种假设性场景描述，即关于地块污染暴露如何发生的一系列事实、推定和假设。

[来源：HJ 682—2019，2.4.10]

3.3

暴露途径 exposure pathway

指建设用地土壤和地下水中污染物迁移到达和暴露于人体的方式。

[来源: HJ 25.3—2019, 3.3]

3.4

致癌风险 carcinogenic risk

人群暴露于致癌效应污染物, 诱发致癌性疾病或损伤的概率。

[来源: HJ 25.3—2019, 3.5]

3.5

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。

[来源: HJ 25.3—2019, 3.6]

3.6

危害指数 hazard index

人群经多种途径暴露于单一污染物的危害商之和, 用于表征人体暴露于非致癌污染物受到危害的水平。

[来源: HJ 25.3—2019, 3.7]

3.7

可接受风险水平 acceptable risk level

对暴露人群不会产生不良或有害健康效应的风险水平, 包括致癌物的可接受致癌风险水平和非致癌物的可接受危害商。本文件中单一污染物的可接受致癌风险水平为 10^{-6} , 单一污染物的可接受危害商为1。

[来源: HJ 25.3—2019, 3.8]

3.8

土壤和地下水风险控制值 risk control values for soil and groundwater

根据本文件规定的用地方式、暴露情景和可接受风险水平, 采用本文件规定的风险评估方法和土壤污染状况调查获得相关数据, 计算获得的土壤中污染物的含量限值和地下水中污染物的浓度限值。

[来源: HJ 25.3—2019, 3.9]

3.9

修复目标 target for remediation

由土壤污染状况调查和风险评估确定的目标污染物对人体健康和生态受体不产生直接或潜在危害, 或不具有环境风险的污染修复终点。

[来源: HJ 25.4—2019, 3.2]

3.10

污染土壤与地下水协同修复治理模式 collaborative remediation model of contaminated soil and groundwater

在满足一定条件时, 将一定区域内的污染土壤(包括含水层土壤)和与其相关联的污染地下水一并进行修复治理, 使该区域的污染土壤和地下水可满足相应环境要求的模式。

[来源: DB4401/T 102.2—2021, 3.4]

4 工作程序和内容

4.1 工作程序

4.1.1 地块风险评估工作内容包括危害识别、暴露评估、毒性评估、风险表征、土壤和地下水风险控制值的计算以及风险管控、修复目标的确定。地块风险评估程序按图 1。

4.1.2 铅的健康风险评估应采用相关儿童或成人血铅模型进行评估，可参考附录 A 进行。

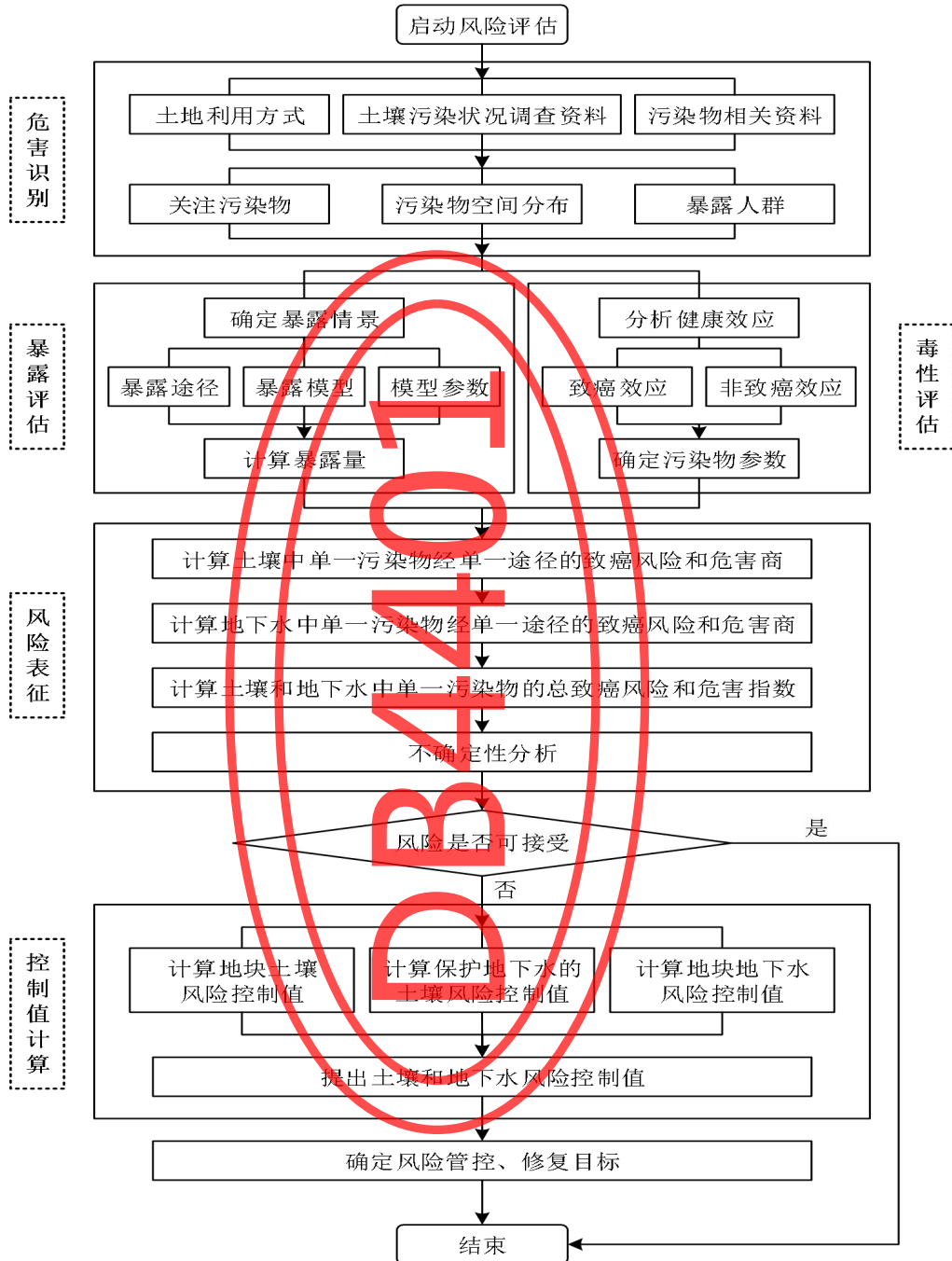


图 1 地块风险评估程序与内容

4.2 工作内容

4.2.1 危害识别

收集土壤污染状况调查阶段获得的相关资料和数据，掌握地块土壤和地下水中关注污染物的浓度分布，明确规划土地利用方式，分析可能的敏感受体，如儿童、成人、地下水体等。

4.2.2 暴露评估

在危害识别的基础上，分析地块内关注污染物迁移和危害敏感受体的可能性，确定地块土壤和地下水污染物的主要暴露途径和暴露评估模型，确定评估模型参数取值，计算敏感人群对土壤和地下水中污染物的暴露量。

4.2.3 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参数，包括参考剂量、参考浓度、致癌斜率因子和呼吸吸入单位致癌因子等。

4.2.4 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土壤和地下水中单一污染物经单一途径的致癌风险和危害商，计算单一污染物的总致癌风险和危害指数，进行不确定性分析。

4.2.5 土壤和地下水风险控制值的计算

在风险表征的基础上，判断计算得到的风险值是否超过可接受风险水平。如地块风险评估结果未超过可接受风险水平，则结束风险评估工作；如地块风险评估结果超过可接受风险水平，则计算土壤、地下水中关注污染物的风险控制值。

4.2.6 风险管控、修复目标的确定

如果地块风险评估结果超过可接受水平，表明地块需进行风险管控、修复。应综合考虑地块风险控制值、背景值、风险筛选值和管制值等确定地块风险管控、修复目标值，划定风险管控、修复范围，并计算风险管控、修复工程量。

5 危害识别技术要求

5.1 收集相关资料

5.1.1 土地利用方式

确定地块未来土地利用方式、敏感人群及建筑物等相关信息。

5.1.2 地块环境调查资料

地块调查资料包括但不限于：

- a) 较为详细的地块相关资料及历史信息，如地块土地使用权及用途变更情况、与污染相关的人为活动、地块（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；
- b) 土壤理化性质分析数据；如土壤 pH 值、容重、有机碳含量、含水量、质地等；
- c) 地块（所在地）气候、地块水文、地质特征信息和数据，如地表平均风速、地下水埋深、渗透系数等；
- d) 应收集地块土壤和地下水等样品中污染物的浓度数据。

5.2 土壤污染状况调查回顾

根据土壤污染状况调查报告等相关资料，了解地块的基本情况，如调查时间、第一阶段土壤污染调查的主要内容和结论、关注污染物筛选值的确定、地块水文地质调查情况、土壤及地下水污染状况调

查内容和结论等。分析前期获取的数据是否满足风险评估的要求，如不满足相关要求，应进行补充调查以进一步获取地块污染信息和理化参数等。

5.3 确定关注污染物

根据土壤污染状况调查和监测结果，将对人群等敏感受体具有潜在风险需要进行风险评估的污染物，确定为关注污染物。

6 暴露评估技术要求

6.1 分析暴露情景

6.1.1 暴露情景的分类

根据不同土地利用方式下人群的活动模式，本文件按照 GB 50137 划分的土地利用类型，结合受体特征，受体人群与地块污染物的接触方式，将用地方式分为了 2 种典型用地方式下的暴露情景，即第一类用地和第二类用地的暴露情景。除 6.1.2 和 6.1.3 以外的建设用地，应分析特定地块人群暴露的可能性、暴露频率和暴露周期等情况，参照第一类用地或第二类用地情景进行评估或构建适合于特定地块的暴露情景进行风险评估。对于同时包括第一类用地和第二类用地的地块，可分区进行风险评估，若无明确规划宜按照第一类用地进行风险评估。

6.1.2 第一类用地情景

6.1.2.1 第一类用地方式下，儿童和成人均可能会长时间暴露于地块污染而产生健康危害。对于致癌效应，考虑人群的终生暴露危害，一般根据儿童期和成人期的暴露来评估污染物的终生致癌风险；对于非致癌效应，儿童体重较轻、暴露量较高，一般根据儿童期暴露来评估污染物的非致癌危害效应。

6.1.2.2 第一类用地方式包括 GB 50137 规定的城市建设用地中的居住用地（R）、公共管理与公共服务用地中的中小学用地（A33）、医疗卫生用地（A5）和社会福利设施用地（A6）以及公园绿地（G1）中的社区公园或儿童公园用地等。

6.1.3 第二类用地情景

6.1.3.1 第二类用地方式下，成人的暴露期长、暴露频率高，一般根据成人期的暴露来评估污染物的致癌风险和非致癌效应。

6.1.3.2 第二类用地包括 GB 50137 规定的城市建设用地中的工业用地（M）、物流仓储用地（W）、商业服务业设施用地（B）、道路与交通设施用地（S）、公用设施用地（U）、公共管理与公共服务用地（A）（A33、A5、A6 除外），以及绿地与广场用地（G）（G1 中的社区公园或儿童公园用地除外）等。

6.2 确定暴露途径

6.2.1 建设用地土壤污染健康风险评估人体主要暴露途径见表 1。

6.2.2 表层土壤暴露途径应选择表 1 中的 1~6，不开挖或不扰动的下层土壤暴露途径可选择表 1 的 5~6。在风险评估阶段对地块污染土壤的具体再利用方式或分层再利用方式尚不明确，原下层土壤开挖后有可能会变成表层土壤，或开挖过程可能会与表层土壤发生混合的情况，原则上不进行分层，土壤宜按照所有暴露途径进行评价。

6.2.3 地块所在区域及周边有饮用地下水情况的，地下水暴露途径应选择表 1 的 7~9，不饮用地下水的可选择表 1 的 7~8。

6.2.4 特定用地方式下的主要暴露途径应根据实际情况分析确定。如绿地与广场用地（G）中的第二类用地情景，若不存在封闭空间的室内暴露，可不考虑吸入室内污染物相关的暴露途径。

表 1 暴露途径

序号	分类	暴露途径
1	污染土壤暴露途径	经口摄入土壤
2		皮肤接触土壤
3		吸入土壤颗粒物
4		吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物
5		吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物
6		吸入室内空气来自下层土壤的气态污染物
7	污染地下水暴露途径	吸入室外空气中来自地下水的气态污染物
8		吸入室内空气中来自地下水的气态污染物
9		饮用地下水（具有饮用功能的地下水暴露途径）

6.3 计算土壤和地下水暴露量

第一类用地中吸入室内空气来自下层土壤的气态污染物途径对应的致癌效应土壤暴露量和第二类用地中经口摄入土壤途径对应的土壤暴露量可参照本附录 B 公式 (B.1) 和 (B.2) 进行，其余可参照 HJ 25.3-2019 附录 A 计算。吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物、吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径、吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物、吸入室外空气中来自地下水的气态污染物和吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径涉及的挥发因子及气态污染物有效扩散系数计算等参见 HJ 25.3-2019 附录 F，其中毛细管层中气态污染物的有效扩散系数 D_{cap}^{eff} 采用附录 B 公式 (B.3) 进行计算。

6.4 风险评估的模型参数

6.4.1 风险评估的模型参数类型

风险评估的模型涉及参数包括土壤及地下水性质参数、暴露参数、空气特征参数及建筑物相关参数，相关参数推荐的默认值详见附录 C 表 C.1。

6.4.2 土壤及地下水性质参数

地块风险评估过程中各种暴露途径涉及的土壤和地下水性质参数可根据现场调查获得。对于污染地块的特征参数，应通过水文地质调查、土工试验等方式获取实测数据，水文地质勘探点数量应不少于 3 个，勘探点位应布设在污染区域内；对于面积较大、污染状况和水文地质情况复杂的地块，应适当增加布点，可分区域获取地块特征参数。

风险评估报告中应有参数选取的来源说明，其中表 2 的参数值应根据地块实测数据确定。

表2 建设用地土壤污染风险评估应实测的参数和取值原则

参数符号	参数名称	单位	取值原则
C _{sur}	表层土壤中污染物浓度	mg · kg ⁻¹	最大值
C _{sub}	下层土壤中污染物浓度	mg · kg ⁻¹	最大值
d	表层污染土壤层厚度	cm	位于地块最上部的土壤厚度，一般取 50。
L _s	下层污染土壤层埋深	cm	一般与表层污染土壤层厚度相同。如需分层风险评估，则根据具体分层确定。
d _{sub}	下层污染土壤层厚度	cm	对未来可能开挖的土壤，一般取 100；如需分层风险评估，根据具体分层确定。
C _{gw}	地下水中污染物浓度	mg · L ⁻¹	最大值
L _{gw}	地下水埋深	cm	平均值
h _v	非饱和土层厚度	cm	平均值
f _{om}	土壤有机质含量	g · kg ⁻¹	平均值
ρ _b	土壤容重	kg · dm ⁻³	平均值
P _{ws}	土壤含水率	kg · kg ⁻¹	平均值
ρ _s	土壤颗粒密度	kg · dm ⁻³	平均值
A	污染源区面积	cm ²	地块挥发性污染物超筛选值区域面积总和
W	污染源区宽度	cm	地块挥发性污染物超筛选值区域与风向垂向交界面最大长度

注1：表层土壤：位于地块最上部的一定深度范围内（一般为0 m~0.5 m）的土壤，主要指地块中与人体直接接触暴露（经口摄入土壤、皮肤接触土壤和吸入土壤颗粒物）相关的土壤，包括地表的填土，但不包括地表的硬化层。

注2：下层土壤：表层土壤以下一定深度范围内的土壤，主要指地块中表层土壤以下可能受到污染物迁移扩散影响的土壤。

注3：表层污染土壤层厚度、下层污染土壤层埋深和下层污染土壤层厚度的示意如下图所示，其中，下层污染土壤层埋深=表层污染土壤层厚度。

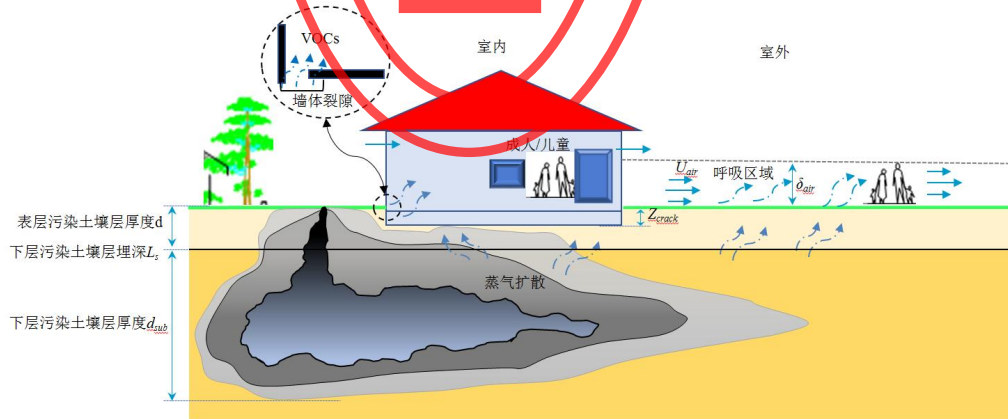


图2 概念模型示意图

6.4.3 暴露参数

暴露参数包括暴露频率（EF）、暴露时间（ED）、土壤摄入量（OSIR）、人体相关参数（Ha、Hc、Bwa、Bwc 等）等，暴露参数可采用本文件推荐的暴露参数默认值，见附录 C。

6.4.4 空气特征参数

空气特征参数包括空气中可吸入颗粒物含量（ PM_{10} ）、混合区大气流速风速（ U_{air} ）、混合区高度等（ δ_{air} ），宜优先采用地块所在地的区域性参数。其中， PM_{10} 可参照地块所在地近三年 PM_{10} 平均值确定；混合区大气流速可参照当地年平均风速确定；混合区高度优先根据地块调查获得的参数。

6.4.5 建筑物相关参数

建筑物参数包括地基裂隙中空气体积比（ θ_{acrack} ）、地基裂隙中水体积比（ θ_{wcrack} ）、室内地基或墙体厚度（ L_{crack} ）、室内空间体积与气态污染物入渗面积比（LB）、室内空气交换速率（ER）、地基和墙体裂隙表面积所占比例（ η ）、气态污染物入侵持续时间（ τ ）、室内外气压差（ dP ）等，可采用本文件推荐的暴露参数默认值，见附录 C。

7 毒性评估技术要求

7.1 分析污染物毒性效应

分析污染物经不同途径对人体健康的危害效应，包括致癌效应、非致癌效应、污染物对人体健康的危害机理和剂量-效应关系等。

7.2 确定污染物相关参数

7.2.1 致癌效应毒性参数

7.2.1.1 致癌效应毒性参数包括呼吸吸入单位致癌因子（IUR）、呼吸吸入致癌斜率因子（SFi）、经口摄入致癌斜率因子（SFo）和皮肤接触致癌斜率因子（SFd）。部分污染物的致癌效应毒性参数的推荐值见 HJ 25.3-2019 附录 B 表 B.1，对于 HJ 25.3-2019 未列出的部分常见污染物的致癌效应毒性参数可采用附录 D 推荐值。

7.2.1.2 呼吸吸入致癌斜率因子（SFi）根据 HJ 25.3-2019 附录 B 表 B.1 中的呼吸吸入单位致癌因子（IUR）外推获得；皮肤接触致癌斜率因子（SFd）根据 HJ 25.3-2019 附录 B 表 B.1 中的经口摄入致癌斜率因子（SFo）外推获得。用于外推 SFi 和 SFd 的推荐模型分别见 HJ 25.3-2019 附录 B 公式 B.1 和公式 B.3。

7.2.2 非致癌效应毒性参数

7.2.2.1 非致癌效应毒性参数包括呼吸吸入参考浓度（RfC）、呼吸吸入参考剂量（RfDi）、经口摄入参考剂量（RfDo）和皮肤接触参考剂量（RfDd）。部分污染物的非致癌效应毒性参数推荐值见 HJ 25.3-2019 附录 B 表 B.1，对于 HJ 25.3-2019 未列出的部分常见污染物的非致癌效应毒性参数可采用附录 D 推荐值。

7.2.2.2 呼吸吸入参考剂量（RfDi）根据 HJ 25.3-2019 表 B.1 中的呼吸吸入参考浓度（RfC）外推得到。皮肤接触参考剂量（RfDd）根据 HJ 25.3-2019 表 B.1 中的经口摄入参考剂量（RfDo）外推获得。用于外推 RfDi 和 RfDd 的推荐模型分别见 HJ 25.3-2019 附录 B 公式 B.2 和公式 B.4。

7.2.3 污染物的理化性质参数

风险评估所需的污染物理化性质参数包括无量纲亨利常数（H'）、空气中扩散系数（Da）、水中扩

散系数 (D_w)、土壤-有机碳分配系数 (K_{oc})、水中溶解度 (S)。部分污染物的理化性质参数的推荐值见 HJ 25.3-2019 附录 B 表 B.2, 对于 HJ 25.3-2019 未列出的部分常见污染物理化性质参数可采用附录 D 推荐值。

7.2.4 污染物其他相关参数

其他相关参数包括消化道吸收因子 (ABS_{gi})、皮肤吸收因子 (ABS_d) 和经口摄入吸收因子 (ABS_o)。部分污染物消化道吸收因子 (ABS_{gi})、皮肤吸收因子 (ABS_d) 的推荐参数值见 HJ 25.3-2019 附录 B 表 B.1, 经口摄入吸收因子 (ABS_o) 推荐参数值见 HJ 25.3-2019 附录 B 表 B.1, 对于 HJ 25.3-2019 未列出的部分常见特征污染物其他相关参数可采用附录 D 推荐值。

8 风险表征技术要求

8.1 一般性技术要求

8.1.1 应根据采样点样品中关注污染物的检测数据, 通过计算污染物的致癌风险和危害商进行风险表征。原则上选择表层和深层土壤或地下水中检测数据的最大值计算污染物的致癌风险和危害商。

8.1.2 风险表征得到的地块污染物的致癌风险和危害商, 可作为确定地块污染范围的重要依据。计算得到单一污染物的致癌风险值超过 10^{-6} 或危害商超过 1 的采样点, 其代表的地块区域应划定为风险不可接受的污染区域。

8.2 计算地块土壤和地下水污染风险

8.2.1 土壤中单一污染物致癌风险

对于单一污染物, 计算经口摄入土壤、皮肤接触土壤、吸入土壤颗粒物、吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物、吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物、吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物暴露途径致癌风险的推荐模型, 分别参见 HJ 25.3-2019 附录 C 公式 C.1~C.6, 计算土壤中单一污染物经上述 6 种暴露途径致癌风险的推荐模型, 参见 HJ 25.3-2019 附录 C 公式 C.7。

8.2.2 土壤中单一污染物危害商

对于单一污染物, 计算经口摄入土壤、皮肤接触土壤、吸入土壤颗粒物、吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物、吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物、吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物暴露途径危害商的推荐模型, 分别参见 HJ 25.3-2019 附录 C 公式 C.8~C.13。计算土壤中单一污染物经上述 6 种途径危害指数的推荐模型, 参见 HJ 25.3-2019 附录 C 公式 C.14 计算。

8.2.3 地下水中单一污染物致癌风险

对于单一污染物, 计算吸入室外空气中来自地下水的气态污染物、吸入室内空气中来自地下水的气态污染物、饮用地下水暴露途径致癌风险的推荐模型, 分别见 HJ 25.3-2019 附录 C 公式 C.15~C.17, 计算地下水中单一污染物经上述 3 种暴露途径总致癌风险的推荐模型为 HJ 25.3-2019 附录 C 公式(C.18)。

8.2.4 地下水中单一污染物危害商

对于单一污染物, 计算吸入室外空气中来自地下水的气态污染物、吸入室内空气中来自地下水的气态污染物、饮用地下水暴露途径危害商的推荐模型, 分别见 HJ 25.3-2019 附录 C 公式 C.19~C.21, 计算地下水中单一污染物经 3 种暴露途径危害指数的推荐模型可参照 HJ 25.3-2019 附录 C 公式 C.22。

8.3 不确定性分析

8.3.1 不确定性来源分析

应分析造成污染地块风险评估结果不确定性的主要来源，包括暴露情景假设、评估模型的适用性、模型参数取值等多个方面。

8.3.2 暴露风险贡献率分析

8.3.2.1 单一污染物经不同暴露途径的致癌风险和危害商贡献率分析推荐模型，分别参见 HJ 25.3-2019 附录 D 公式 D.1 和公式 D.2。

8.3.2.2 根据上述公式计算获得的百分比越大，表示特定暴露途径对于总的风险的贡献率越高。

8.3.3 模型参数敏感性分析

8.3.3.1 敏感参数确定原则

选定需要进行敏感性分析的参数（P）一般应是对风险计算结果影响较大的参数，如人群相关参数（体重、暴露期、暴露频率等）、与暴露途径相关的参数（每日摄入土壤量、皮肤表面土壤粘附系数、每日吸入空气体积、室内空间体积与气态污染物入渗面积比等）。

单一暴露途径风险贡献率超过20%时，应进行人群和与该途径相关参数的敏感性分析。

8.3.3.2 敏感性分析方法

模型参数的敏感性可用敏感性比值来表示，即模型参数值的变化（从 P_1 变化到 P_2 ）与致癌风险或危害商（从 X_1 变化到 X_2 ）发生变化的比值。计算敏感性比值的推荐模型参见 HJ 25.3-2019 附录 D 公式 D.3。

敏感性比值越大，表示该参数对风险的影响也越大，进行模型参数敏感性分析，应综合考虑参数的实际取值范围确定参数值的变化范围。

9 计算风险控制值的技术要求

9.1 确定风险可接受水平

计算基于致癌效应的土壤和地下水风险控制值时，采用的单一污染物可接受致癌风险为 10^{-6} ；计算基于非致癌效应的土壤和地下水风险控制值时，采用的单一污染物可接受危害商为 1。

9.2 计算地块土壤和地下水风险控制值

9.2.1 土壤和地下水风险控制值是确定污染地块土壤和地下水修复目标值的主要参考值，分为计算单个暴露途径土壤和地下水中污染物致癌风险和非致癌危害商的风险控制值，以及计算所有暴露途径土壤和地下水中污染物致癌风险和非致癌危害商的风险控制值两种情况。当地块污染物存在多种暴露途径时，一般采取第二种方法，即先计算所有暴露途径的累积风险，再计算污染物的风险控制值。

9.2.2 计算单个暴露途径以及所有暴露途径风险控制值的方法参考 HJ 25.3-2019 附录 E。

9.2.3 对于致癌风险超过 10^{-6} 或危害商超过 1 的关注污染物需按照表 3 的要求计算风险控制值。如地块及周边地下水作为饮用水源或者地块将采用污染土壤与地下水协同修复治理模式，则应充分考虑到对地下水的保护，提出保护地下水的土壤风险控制值。

表3 风险控制值的计算

序号	类型	计算内容	取值方法
1	土壤风险控制值	基于致癌效应的土壤风险控制值	取最小值作为土壤风险控制值
2		基于非致癌效应的土壤风险控制值	
3		基于保护地下水的土壤风险控制值（如涉及饮用水源或采用污染土壤与地下水协同修复治理模式）	
4	地下水风险控制值	基于致癌效应的地下水风险控制值	取较小值作为地下水风险控制值
5		基于非致癌效应的地下水风险控制值	

10 确定风险管控、修复目标的技术要求

10.1 风险管控、修复目标值的确定

10.1.1 土壤风险管控、修复目标值的确定

10.1.1.1 原则上用风险控制值作为修复目标值，风险控制值低于筛选值的，则采用筛选值作为修复目标值；修复目标值应小于 GB 36600 风险管制值。如地块拟采用污染土壤与地下水协同修复治理模式，保护地下水的土壤风险控制值低于保护人体健康的风险控制值或筛选值时，应采用保护地下水的土壤风险控制值作为修复目标值。当两个修复区域相邻时，其相邻边界应采用两个修复区域修复目标值中的最小值。

10.1.1.2 如当地背景值高于筛选值和风险控制值，则选取背景值作为修复目标值。选取背景值作为修复目标值，应明确土壤类型。

10.1.1.3 可结合地块具体的污染状况、风险水平、水文地质条件等因素，采用风险管控的方式将风险控制可在可接受水平。应结合关注污染物的关键暴露途径、暴露方式、迁移转化规律、水文地质条件、地块开发建设方案等因素确定风险管控目标，如采用阻隔方式切断污染物与暴露人群的接触、建设止水帷幕阻止污染物进一步迁移扩散、限制地块用地功能以控制人群暴露频率与周期等。

10.1.2 地下水风险管控、修复目标值的确定

参照 HJ 25.6 污染地块位于地下水型饮用水源保护区及补给区和其他区域确定风险管控与修复目标值。

10.2 确定风险管控、修复范围

10.2.1 土壤污染风险管控和修复范围可采用无污染点位连线法或污染物浓度插值算法进行确定。采用插值算法的，采用规范的方法和合理的参数并进行详细的说明；若插值结果不能完全反映场地实际情况，可结合监测点位置、生产设施分布情况及污染物的迁移转化规律对修复范围进行修正。如果污染范围在边界附近，且边界无控制点，则以垂直于边界进行范围确定，非污染点与边界距离一般不超过 20m。

10.2.2 土壤污染风险管控和修复范围应综合考虑地块污染物分布特征、布点采样深度、后续修复工作的便利性等因素合理划定修复垂向分层。在每一个深度范围内，将所有污染物修复范围叠加，确定各层需要修复的范围、修复因子和修复工程量，并提供各层修复范围图的拐点坐标、分层图示，明确各层的修复土壤量。对于挥发性有机物超标土壤，确定污染修复范围时，宜采用超标样品的上下两个不超标样品位置划定垂向修复范围，其他指标可采用代表土层确定垂向污染范围，具体如图 3 所示。根据每层的

修复范围和修复工程量，合并计算地块总的土壤和地下水修复工程量，并在地块总图中确定总体修复范围。

10.2.3 地下水污染风险管控和修复范围在水平方向上可采用无污染点位连线法或污染物浓度插值算法进行确定；垂直方向上根据目标污染物特点、受污染含水层分布特征确定。

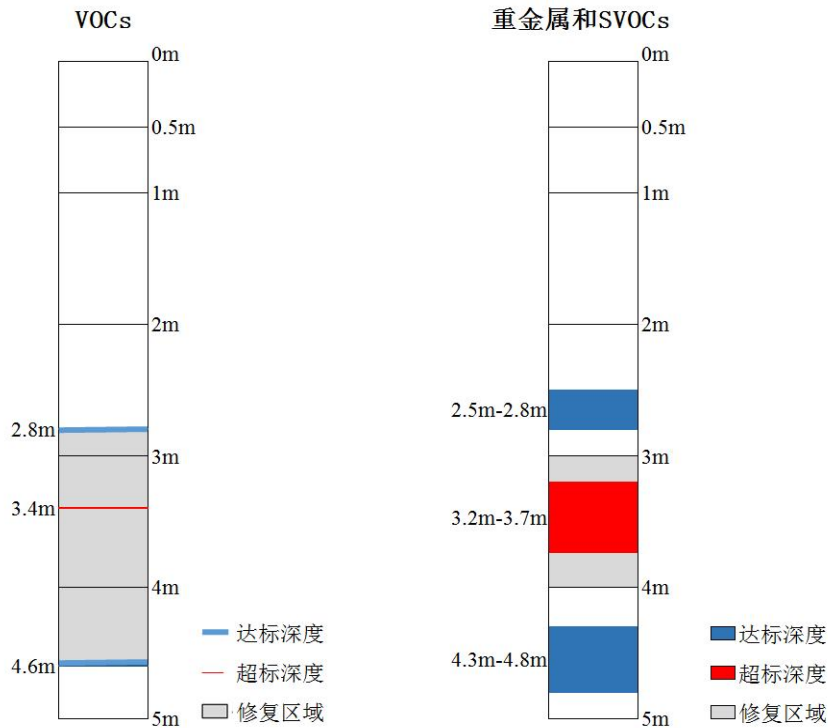


图3 垂向修复范围划定示意图

11 后期环境管理建议

11.1 如地块评估过程存在按照下层土壤评估或其他非全暴露途径评估的情景，报告中应明确提出地块土壤和地下水的后期监管要求，避免发生与评估情景不符的暴露情景。

11.2 如地块存在满足修复目标值但超筛选值的土壤或地块存在超一类筛选值而不超过第二类筛选值的土壤，宜采用无污染点位连线法或污染物浓度插值算法确定其范围，提出相应的后期环境管理建议。

12 报告编制

12.1 形式要求

12.1.1 报告应附具从业人员责任页，明确项目负责人、各分项工作承担者、审核人、审定人，均需亲笔签字确认。

12.1.2 报告还应附具土地使用权人（土壤污染责任人）和从业单位对报告真实性、准确性和科学性负责的承诺书。

12.1.3 报告应加盖地块土地使用权人（土壤污染责任人）和土壤污染风险评估报告编制单位的公章。

12.2 图表的要求

12.2.1 报告宜包括以下图件：

- a) 地块地理位置图；
- b) 地块范围图；
- c) 土壤和地下水超筛选值点位分布图；
- d) 地块地层图；
- e) 地块地下水流向图；
- f) 地块概念模型图；
- g) 污染物超修复/管控目标范围图（包括不同深度的修复/管控范围图及总图）；
- h) 土壤超筛选值但不超修复目标值范围图；
- i) 土壤超第一类用地筛选值但不超第二类用地筛选值范围图（如采用第二类用地筛选值评价）；
- j) 地下水污染范围图。

12.2.2 报告宜包括以下统计表：

- a) 地块范围拐点坐标统计表；
- b) 土壤/地下水超筛选值情况统计表；
- c) 地块暴露参数/土壤和地下水参数/气象参数/建筑物参数/毒理参数统计表；
- d) 地块土壤/地下水致癌风险或危害商计算结果统计表；
- e) 污染物暴露途径的致癌风险/非致癌风险贡献率统计表；
- f) 土壤/地下水超修复目标值点位的检测结果汇总表；
- g) 修复/管控范围拐点统计表；
- h) 修复/管控土壤量估算表。

12.3 报告格式

报告编制大纲参见附录E。

DB4401

附 录 A
(资料性)
铅风险评估模型

A.1 成人血铅模型

A.1.1 成人血铅模型通过评估暴露于商业工业用地铅污染土壤的孕妇胎儿血铅含量来表征铅污染土壤的人体健康风险并用于推导铅的土壤铅环境基准，适用于第二类用地情景下铅的风险评估。

A.1.2 成人血铅模型分为暴露、吸收、生化动力学以及人群分布四个部分：

a) 暴露模块：暴露量可以采用公式A.1计算：

$$\text{INTAKE} = \frac{\text{Pb}_s \times \text{IR}_s \times \text{EF}_s}{\text{AT}} \dots\dots\dots (\text{A. 1})$$

式中：

INTAKE——平均每日摄取铅的量， $\mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$ ；

Pb_s ——土壤中的铅的浓度， $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ，根据实测值计算；

IR_s ——每日摄入泥土的量， $\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$ ，推荐值见表 A.1；

EF_s ——每年摄入泥土的天数，day，推荐值见表 A.1；

AT ——是平均暴露时间，可表示为一年的天数，day，推荐值见表 A.1。

b) 吸收模块：吸收量可以采用公式A.2计算：

$$\text{UPTAKE} = \text{AF}_s \times \text{INTAKE} \dots\dots\dots (\text{A. 2})$$

式中：

UPTAKE——平均每日吸收铅的量， $\mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$ ；

AF_s ——吸收率，无量纲，推荐值见表A.1。

c) 生化动力学模块：血液中铅的浓度是判断人体的风险指标，吸收的铅与血铅浓度可用公式A.3计算：

$$\text{PbB}_{\text{adult,central}} = \text{PbB}_{\text{adult,0}} + \text{BKSF} \times \text{UPTAKE} \dots\dots\dots (\text{A. 3})$$

式中：

$\text{PbB}_{\text{adult,central}}$ ——成人血铅浓度的几何平均值， $\mu\text{g} \cdot \text{dL}^{-1}$ ；

$\text{PbB}_{\text{adult,0}}$ ——在不受地块暴露条件下，成人血铅浓度的背景值， $\mu\text{g} \cdot \text{dL}^{-1}$ ，推荐值见表 A.1；

BKSF ——Biokinetic slope factor，生物动力斜率因子， $\mu\text{g}/\text{dL} \cdot (\text{ug}/\text{day})^{-1}$ ，推荐值见表 A.1。

d) 概率分布模块：一般认为，暴露人群中成人血铅的浓度分布符合对数正态分布，因此，成人血铅浓度的95%上限可用公式A.4计算：

$$\text{PbB}_{\text{adult,0.95}} = \text{PbB}_{\text{adult,central}} \times \text{GSD}_i^{1.645} \dots\dots\dots (\text{A. 4})$$

式中：

$\text{PbB}_{\text{adult,0.95}}$ ——成人血铅浓度分布的95%上限值， $\mu\text{g} \cdot \text{dL}^{-1}$ ；

GSD_i ——育龄妇女血铅含量几何标准差，无量纲，推荐值见表A.1。

e) 胎儿的血铅浓度可用孕妇血铅浓度乘以母婴衰减系数公式A.5计算：

$$\text{PbB}_{\text{fetal,0.95}} = \text{R}_{\text{fetal/maternal}} \times \text{PbB}_{\text{adult,central}} \times \text{GSD}_i^{1.645} \dots\dots\dots (\text{A. 5})$$

式中：

- $PbB_{fetal,0.95}$ ——胎儿血铅浓度分布的95%上限值, $\mu g \cdot dL^{-1}$;
 $R_{fetal/maternal}$ ——胎儿与母亲血铅含量相关系数, 无量纲, 推荐值见表A.1。

A.2 儿童血铅模型

A.2.1 儿童血铅模型主要用于预测儿童(0~7岁)环境铅暴露后血铅浓度水平,适用于第一类用地情景下铅的风险评估。

A.2.2 儿童血铅模型包括4个子模块(暴露模块、吸收模块、生物动力学模块和概率分布模块),采用机制模型与统计相结合的方法,将不同途经和来源的环境铅暴露与儿童群体血铅水平关联起来。模型假设儿童群体血铅的分布类型近似几何正态分布,根据收集到的儿童环境铅暴露信息预测儿童群体的血铅水平几何均值,进一步估算儿童群体血铅水平超过某一临界浓度($10 \mu g \cdot dL^{-1}$)的概率。

A.2.3 模型涵盖暴露、摄取、生物动力学、变异性四个模块,模型中铅来源途径包括土壤、室内外灰尘、饮用水、空气和饮食等,由于进入人体呼吸和胃肠系统的铅只有一部分最终进入血液循环系统而产生毒性,模型假设从不同环境介质进入人体的铅,其生物有效性不同,且不同铅的摄入剂量,吸收效率也存在差异。模型的具体结构图见图A.1。

A.2.4 与HJ 25.3-2019中的模型和成人血铅模型不同的是,儿童血铅模型是一个动态模型,从婴儿刚出生开始,一个时间步长(模型默认为4个小时)一个时间步长的计算儿童在每个时间步长节点上的各个器官和血液中的铅含量;血铅浓度一方面和人体血液的体积有关,在儿童血铅模型中,血液的体积决定于儿童的体重,而儿童的体重又是和时间(月份)有关,另一方面,也和暴露量有关,而暴露量也是和时间有关。

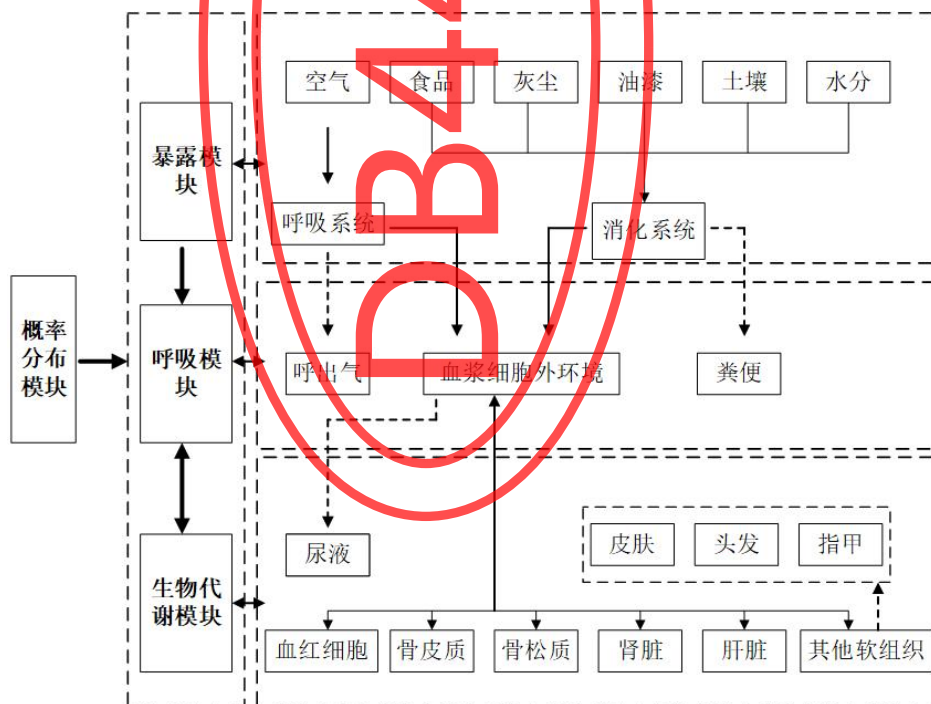


图 A.1 儿童血铅模型结构示意图

A.2.5 儿童血铅模型的4个子模块包括:

- 暴露模块: 采用吸收速率(IN)模型描述儿童对环境介质中铅的吸收,计算公式见公式A.6~A.9;

$$IN_{soil, outdoor} = C_{soil} \times WF_{soil} \times IR_{soil+dust} \dots\dots\dots (A. 6)$$

$$IN_{dust} = C_{dust} \times (1 - WF_{soil}) \times IR_{soil+dust} \dots\dots\dots (A. 7)$$

$$IN_{air} = C_{air} \times VR \dots\dots\dots (A. 8)$$

$$IN_{water} = C_{water} \times IR_{water} \dots\dots\dots (A. 9)$$

式中：

- $IN_{soil, outdoor}$ ——儿童对室外土壤中铅的吸收速率， $\mu g \cdot d^{-1}$ ；
- C_{soil} ——土壤中铅的含量， $mg \cdot kg^{-1}$ ，推荐值见表A. 2；
- WF_{soil} ——儿童摄入土壤总量中直接摄入土壤所占比例，推荐值见表A. 2；
- $IR_{soil+dust}$ ——儿童每日摄入土壤及灰尘量， $mg \cdot d^{-1}$ ，推荐值见表A. 3；
- IN_{dust} ——儿童对灰尘中铅的吸收速率， $\mu g \cdot d^{-1}$ ；
- C_{dust} ——居住地灰尘中铅的含量， $\mu g \cdot m^{-3}$ ，推荐值见表A. 2；
- IN_{air} ——儿童对空气中铅的吸收速率， $\mu g \cdot d^{-1}$ ；
- C_{air} ——空气中铅的含量， $\mu g \cdot m^{-3}$ ，推荐值见表A. 3；
- VR ——儿童每日空气吸入量， $m^3 \cdot d^{-1}$ ，推荐值见表A. 3；
- IN_{water} ——儿童对饮水中铅的吸收速率， $\mu g \cdot d^{-1}$ ；
- C_{water} ——饮水中铅的含量， $\mu g \cdot L^{-1}$ ，推荐值见表A. 3；
- IR_{water} ——儿童每日摄入饮水量， $L \cdot d^{-1}$ ，推荐值见表A. 3。

b) 吸收模块：不同途径摄入铅的可吸收效果不同，模型认为来自土壤及灰尘、饮食、饮水、空气中铅的可吸收率分别为30%、40%~50%、50%、25%~45%，进入儿童体内具有潜在被吸收可能的铅总量按公式A. 10计算；根据儿童体内铅的浓度水平不同将其吸收过程分为被动吸收 ($UP_{passive}$) 和主动吸收 (UP_{active}) 过程，计算公式见公式A. 11和A. 12；

$$UP_{poten} = (ABS_{diet} \times IN_{diet}) + (ABS_{dust} \times IN_{dust}) + (ABS_{soil} \times IN_{soil}) + (ABS_{other} \times IN_{other}) \dots\dots (A. 10)$$

$$UP_{passive} = PAF \times UP_{poten} \dots\dots\dots (A. 11)$$

$$UP_{active} = \frac{(1-PAF) \times UP_{poten}}{1 + \frac{UP_{poten}}{SAT_{uptake}}} \dots\dots\dots (A. 12)$$

式中：

- UP_{poten} ——进入儿童体内具有潜在被吸收可能的铅总量， $\mu g \cdot d^{-1}$ ，推荐值见表A. 2；
- ABS_{diet} ——饮食中铅吸收率，无量纲，推荐值见表A. 2；
- IN_{diet} ——儿童每日饮食摄入铅， $\mu g \cdot d^{-1}$ ，推荐值见表A. 2；
- ABS_{dust} ——灰尘铅吸收率，无量纲，推荐值见表A. 2；
- ABS_{soil} ——土壤铅吸收率，无量纲，推荐值见表A. 2；
- IN_{soil} ——儿童对土壤中铅的吸收速率， $\mu g \cdot d^{-1}$ ；
- ABS_{other} ——其它环境介质来源铅的潜在吸收系数，无量纲，如饮用水中铅吸收率 (ABS_{water})，推荐值见表A. 2；

推荐值见表A. 2；

- IN_{other} ——儿童对其它介质中铅的吸收速率，如儿童对饮水中铅的吸收速率 (IN_{water})， $\mu g \cdot d^{-1}$ ；
- PAF ——被动吸收占铅吸收总量的比例，无量纲，推荐值见表A. 2；
- SAT_{uptake} ——主动吸收过程达到最大值半数时的 UP_{poten} 值， $\mu g \cdot d^{-1}$ ，推荐值见表A. 2。

c) 生化反应动力模块：在成人血铅模型中，生化反应动力模块较为简单，利用一个简单的系数即可表达吸收量和血铅浓度之间的稳态关系。在儿童血铅模型中，血液中的浓度由一个动态的变化过程计算而出。例如，在一个计算步长（默认为4个小时）中，血浆细胞外液（plasma extra-cellular fluid）中接收到从外界吸收的铅（uptake）以及各个组织器官（比如红细胞、软组织、肝、肾脏等等）交换过来的铅，还向尿液（排出体外）和上述各个组织器官输送铅；

- d) 概率分布模块：在完成上述的计算过程之后，模型将得到一个计算步长节点之后的各个组织器官和血浆细胞外液中的铅含量，这些得到的值将代入下一个计算步长；在此基础上，利用血浆和红细胞的铅含量之和，除以血液的体积，即可得到该时间步长节点上的血铅浓度。按照这种方法，即可得到学龄前（0~84个月）儿童的动态血铅浓度。儿童每个月的血铅浓度是该月所有计算步长节点上的血铅浓度平均值，学龄前儿童的平均血铅浓度为所有月份（0~84个月）血铅浓度的平均值。

表 A.1 成人血铅模型参数及推荐值

参数符号	参数名称	单位	取值
Pbs	土壤中的铅的浓度(PbB in soil)	$\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	—
IRs	每日摄入泥土的量(Soil ingestion rate)	$\text{g} \cdot \text{day}^{-1}$	0.050
EF _s	每年摄入泥土的天数(Exposure frequency)	day	250
AT	平均暴露时间(Averaging time)	day	365
AFs	吸收率(Absorption fraction)	无量纲	0.12
PbB _{adult,0}	成人血铅浓度的背景值(Baseline PbB)	$\mu\text{g} \cdot \text{dL}^{-1}$	4.79
BKSF	生物动力斜率因子(Biokinetic Slope Factor)	$\mu\text{g}/\text{dL} \cdot (\text{ug}/\text{day})^{-1}$	0.4
GSDi	血铅浓度的几何标准偏差 Geometric standard deviation PbB	无量纲	1.48
PbB _{fetal,0.95}	胎儿中的血铅目标浓度 Target PbB in fetus	$\mu\text{g} \cdot \text{dL}^{-1}$	10
R _{fetal/maternal}	胎儿/母亲血铅浓度比 Fetal/maternal PbB ratio	无量纲	0.9

注：“—”表明参数值需要结合实际地块确定。

表 A.2 儿童血铅模型参数及推荐值（一）

参数符号	参数名称	单位	第一类用地推荐值
Csoil	土壤中铅的含量 Outdoor soil lead levels	$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	—
Cdust	室内尘埃铅浓度 Indoor dust lead concentration	$\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	$0.7 \times \text{Csoil}$
GSD	儿童血铅分布的几何标准偏差 Geometric standard deviation PbB	无量纲	1.38
PbB _{fetal}	产妇分娩时血铅浓度 Mother's Blood Lead concentration at childbirth	$\mu\text{g} \cdot \text{dL}^{-1}$	4.74
R _{fetal/maternal}	新生儿血铅浓度/产妇分娩时血铅浓度比	无量纲	0.77
WFsoil	儿童摄入土壤总量中直接摄入土壤所占比例 percent of children directly ingesting soil out of the total soil ingestion	无量纲	0.45
ABSsoil, dust	土壤及灰尘铅吸收率 Absorption fraction percent of soil and dust	无量纲	0.30
ABSdiet	饮食中铅吸收率 Absorption fraction percent of diet	无量纲	0.50
ABSwater	饮用水中铅吸收率 Absorption fraction percent of water	无量纲	0.50
ABSair	空气中铅吸收率 Lung absorption	无量纲	0.32
UPpoten	进入儿童体内具有潜在被吸收可能的铅总量 total amount of lead that enters the child's body has the potential to be absorbed	$\mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$	—

表 A.2 儿童血铅模型参数及推荐值（一）（续）

参数符号	参数名称	单位	第一类用地推荐值
PAF	被动吸收占铅吸收总量的比例 Passive absorption/ total lead absorption	无量纲	0.2
SATuptake	主动吸收过程达到最大值半数时的 UPpoten 值 UPpoten value when the active absorption process reaches half of the maximum value	$\mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$	100
注：“—”表明参数值需要结合实际地块确定。			

表 A.3 儿童血铅模型参数及推荐值（二）

参数符号	参数名称	符号	年龄/岁						
			0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7
Cair	空气中铅的含量 PbB in air	$\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38	0.38
Cwater	饮水中铅的含量 PbB in water	$\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$	10	10	10	10	10	10	10
IRsoil+dust	儿童每日摄入土壤及灰尘量 Total dust+soil intake	$\text{mg} \cdot \text{d}^{-1}$	0.085	0.135	0.135	0.135	0.1	0.09	0.085
IRwater	儿童每日摄入饮水量 Total water intake	$\text{L} \cdot \text{d}^{-1}$	0.2	0.5	0.52	0.53	0.55	0.58	0.59
INdiet	儿童每日饮食摄入铅 Dietary Lead intake	$\mu\text{g} \cdot \text{d}^{-1}$	10	10	10	10	25	25	25
VR	儿童每日空气吸入量 Ventilation Rate	$\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$	2	3	5	5	5	7	7

附录 B (资料性) 部分暴露评估模型

B.1 第一类用地吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在儿童期和成人期暴露的终生危害，吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物途径对应的土壤暴露量，采用公式B.1计算。

$$IIVER_{ca1} = VF_{subia} \times \left(\frac{DAIR_c \times EFI_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{ca}} + \frac{DAIR_a \times EFI_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}} \right) \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

$IIVER_{ca1}$ ——吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量（致癌效应）， $kg \cdot 土壤 \cdot kg^{-1} \cdot 体重 \cdot d^{-1}$ ；

VF_{subia} ——下层土壤中污染物扩散进入室内空气的挥发因子， $kg \cdot m^{-3}$ ；根据HJ 25.3-2019 附录 F 公式F.26 计算；

$DAIR_c$ ——儿童每日空气呼吸量， $m^3 \cdot d^{-1}$ ；推荐值见附录 C 表 C.1；

$DAIR_a$ ——成人每日空气呼吸量， $m^3 \cdot d^{-1}$ ；推荐值见附录 C 表 C.1；

EFI_c ——儿童的室内暴露频率， $d \cdot a^{-1}$ ；推荐值见附录 C 表 C.1；

EFI_a ——成人的室内暴露频率， $d \cdot a^{-1}$ ；推荐值见附录 C 表 C.1；

ED_c ——儿童暴露期， a ；推荐值见附录 C 表 C.1；

ED_a ——成人暴露期， a ；推荐值见附录 C 表 C.1；

BW_c ——儿童体重， kg ，推荐值见附录 C 表 C.1；

BW_a ——成人体重， kg ，推荐值见附录 C 表 C.1；

AT_{ca} ——致癌效应平均时间， d ；推荐值见附录 C 表 C.1。

B.2 第二类用地经口摄入土壤途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在成人期暴露的终生危害，经口摄入土壤途径对应的土壤暴露量采用公式B.2计算。

$$OISER_{ca} = \frac{OSIR_a \times ED_a \times EF_a \times ABS_o}{BW_a \times AT_{ca}} \times 10^{-6} \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

$OISER_{ca}$ ——经口摄入土壤暴露量（致癌效应）， $kg \cdot 土壤 \cdot kg^{-1} \cdot 体重 \cdot d^{-1}$ ；

$OSIR_a$ ——成人每日摄入土壤量， $mg \cdot d^{-1}$ ；推荐值见附录 C 表 C.1；

EF_a ——成人暴露频率， $d \cdot a^{-1}$ ；推荐值见附录 C 表 C.1；

BW_a ——成人体重， kg ，推荐值见附录 C 表 C.1；

ABS_o ——经口摄入吸收效率因子，无量纲；推荐值见附录 C 表 C.1；

AT_{ca} ——致癌效应平均时间， d ；推荐值见附录 C 表 C.1。

B.3 毛细管层中气态污染物的有效扩散系数

毛细管层中气态污染物的有效扩散系数采用公式 B.3 计算。

$$D_{\text{cap}}^{\text{eff}} = D_{\text{a}} \times \frac{\theta_{\text{acap}}^{3.33}}{(\theta_{\text{acap}} + \theta_{\text{wcap}})^2} + D_{\text{w}} \times \frac{\theta_{\text{wcap}}^{3.33}}{H' \times (\theta_{\text{acap}} + \theta_{\text{wcap}})^2} \quad (\text{B.3})$$

式中：

- $D_{\text{cap}}^{\text{eff}}$ ——毛细管层中气态污染物的有效扩散系数， $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ；
- θ_{acap} ——毛细管层土壤中孔隙空气体积比，无量纲；推荐值见附录 C 表 C.1；
- θ_{wcap} ——毛细管层土壤中孔隙水体积比，无量纲；推荐值见附录 C 表 C.1。
- D_{a} ——空气中扩散系数， $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ；推荐值见HJ 25.3-2019 附录 B 表 B.2 及本文件附录D；
- D_{w} ——水中扩散系数， $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ；推荐值见HJ 25.3-2019 附录 B 表 B.2 及本文件附录D；
- H' ——无量纲亨利常数， $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ ；推荐值见HJ 25.3-2019 附录 B 表 B.2 及本文件附录D；
- θ ——非饱和土层土壤中总孔隙体积比，无量纲；根据HJ 25.3-2019附录F中公式F.2计算。

附录 C
(资料性)
风险评估模型参数及推荐值

C.1 风险评估模型参数及推荐值见表C.1。

表 C.1 风险评估模型参数及推荐值

参数符号	参数名称	单位	第一类用地推荐值	第二类用地推荐值
C_{sur}	表层土壤中污染物浓度 concentrations of contaminants in surface soil	$mg \cdot kg^{-1}$	—	—
C_{sub}	下层土壤中污染物浓度 concentrations of contaminants in subsurface soil	$mg \cdot kg^{-1}$	—	—
d	表层污染土壤层厚度 thickness of surface soil	cm	50	50
L_S	下层污染土壤层埋深 thickness of surface soil	cm	50	50
d_{sub}	下层污染土壤层厚度 thickness of subsurface soil	cm	100	100
A	污染源区面积 Source-zone area	cm^2	16000000	16000000
C_{gw}	地下水中污染物浓度 concentrations of contaminants in groundwater	$mg \cdot L^{-1}$	—	—
L_{gw}	地下水埋深 depth of groundwater	cm	—	—
f_{om}	土壤有机质含量 organic matter content in soils	$g \cdot kg^{-1}$	15	15
ρ_b	土壤容重 soil bulk density	$kg \cdot dm^{-3}$	1.5	1.5
P_{ws}	土壤含水率 soil water content	$kg \cdot kg^{-1}$	0.2	0.2
ρ_s	土壤颗粒密度 density of soil particulates	$kg \cdot dm^{-3}$	2.65	2.65
PM_{10}	空气中可吸入颗粒物含量 content of inhalable particulates in ambient air	$mg \cdot m^{-3}$	0.05	0.05
U_{air}	混合区大气流速风速 ambient air velocity in mixing zone	$cm \cdot s^{-3}$	187	187
δ_{air}	混合区高度 mixing zone height	cm	200	200
W	污染源区宽度 width of source-zone area	cm	4000	4000
h_{cap}	土壤地下水交界处毛管层厚度 capillary zone thickness	cm	5	5

表 C.1 风险评估模型参数及推荐值 (续)

参数符号	参数名称	单位	第一类用地推荐值	第二类用地推荐值
H_v	非饱和土层厚度 vadose zone thickness	cm	295	295
θ_{acap}	毛细管层孔隙空气体积比 soil air content - capillary fringe zone	无量纲	0.038	0.038
θ_{wcap}	毛细管层孔隙水体积比 soil water content - capillary fringe zone	无量纲	0.342	0.342
U_{gw}	地下水达西 (Darcy) 速率 ground water Darcy velocity	$cm \cdot a^{-1}$	2500	2500
δ_{gw}	地下水混合区厚度 ground water mixing zone height	cm	200	200
I	土壤中水的入渗速率 water infiltration rate	$cm \cdot a^{-1}$	30	30
θ_{acrack}	地基裂隙中空气体积比 soil air content - soil filled foundation cracks	无量纲	0.26	0.26
θ_{wcrack}	地基裂隙中水体积比 soil water content - soil filled foundation cracks	无量纲	0.12	0.12
L_{crack}	室内地基厚度 thickness of enclosed-space foundation or wall	cm	35	35
L_B	室内空间体积与气态污染物入渗面积之比 volume/infiltration area ratio of enclosed space	cm	220	300
ER	室内空气交换速率 air exchange rate of enclosed space	$次 \cdot d^{-1}$	12	20
η	地基和墙体裂隙表面积所占比例 areal fraction of cracks in foundations/walls	无量纲	0.0005	0.0005
τ	气态污染物入侵持续时间 averaging time for vapor flux	a	30	25
dP	室内室外气压差 differential pressure between indoor and outdoor air	$g \cdot cm^{-1} \cdot s^2$	0	0
K_v	土壤透性系数 soil permeability	cm^2	1.00×10^{-8}	1.00×10^{-8}
Z_{crack}	室内地面到地板底部厚度 depth to bottom of slab	cm	35	35
X_{crack}	室内地板周长 slab perimeter	cm	3400	3400
A_b	室内地板面积 slab area	cm^2	700000	700000

表 C.1 风险评估模型参数及推荐值 (续)

参数符号	参数名称	单位	第一类用地推荐值	第二类用地推荐值
ED _a	成人暴露期 exposure duration of adults	a	24	25
ED _c	儿童暴露期 exposure duration of children	a	6	—
EF _a	成人暴露频率 exposure frequency of adults	d · a ⁻¹	350	250
EF _c	儿童暴露频率 exposure frequency of children	d · a ⁻¹	350	—
EFI _a	成人室内暴露频率 indoor exposure frequency of adults	d · a ⁻¹	262.5	187.5
EFI _c	儿童室内暴露频率 indoor exposure frequency of children	d · a ⁻¹	262.5	—
EFO _a	成人室外暴露频率 outdoor exposure frequency of adults	d · a ⁻¹	87.5	62.5
EFO _c	儿童室外暴露频率 outdoor exposure frequency of children	d · a ⁻¹	87.5	—
BW _a	成人平均体重 average body weight of adults	kg	61.5	61.5
BW _c	儿童平均体重 average body weight of children	kg	18.8	/
H _a	成人平均身高 average height of adults	cm	163.2	163.2
H _c	儿童平均身高 average height of children	cm	108.8	/
DAIR _a	成人每日空气呼吸量 daily air inhalation rate of adults	m ³ · d ⁻¹	14.5	14.5
DAIR _c	儿童每日空气呼吸量 daily air inhalation rate of children	m ³ · d ⁻¹	7.5	—
GWCR _a	成人每日饮用水量 daily groundwater consumption rate of adults	L · d ⁻¹	1.7	1.7
GWCR _c	儿童每日饮用水量 daily groundwater consumption rate of children	L · d ⁻¹	0.7	0.7
OSIR _a	成人每日摄入土壤量 daily oral ingestion rate of soils of adults	mg · d ⁻¹	100	100
OSIR _c	儿童每日摄入土壤量 daily oral ingestion rate of soils of children	mg · d ⁻¹	200	—
E _v	每日皮肤接触事件频率 daily exposure frequency of dermal contact event	次 · d ⁻¹	1	1
fspi	室内空气中来自土壤的颗粒物所占比例 fraction of soil-borne particulates in indoor air	无量纲	0.8	0.8
fspo	室外空气中来自土壤的颗粒物所占比例 fraction of soil-borne particulates in outdoor air	无量纲	0.5	0.5
SAF	暴露于土壤的参考剂量分配比例 soil allocation factor	无量纲	0.33 (挥发性有机物)/0.5 (其它污染物)	0.33 (挥发性有机物)/0.5 (其它污染物)
WAF	暴露于地下水的参考剂量分配比例 groundwater allocation factor	无量纲	0.33 (挥发性有机物)/0.5 (其它污染物)	0.33 (挥发性有机物)/0.5 (其它污染物)
SER _a	成人暴露皮肤所占体表面积比 skin exposure ratio of adults	无量纲	0.32	0.18

表 C.1 风险评估模型参数及推荐值（续）

参数符号	参数名称	单位	第一类用地推荐值	第二类用地推荐值
SER _c	儿童暴露皮肤所占体表面积比 skin exposure ratio of children	无量纲	0.36	—
SSAR _a	成人皮肤表面土壤粘附系数 adherence rate of soil on skin for adults	mg·cm ⁻²	0.07	0.2
SSAR _c	儿童皮肤表面土壤粘附系数 adherence rate of soil on skin for children	mg·cm ⁻²	0.2	—
PIAF	吸入土壤颗粒物在体内滞留比例 retention fraction of inhaled particulates in body	无量纲	0.75	0.75
ABS _o	经口摄入吸收因子 absorption factor of oral ingestion	无量纲	1	1
ACR	单一污染物可接受致癌风险 acceptable cancer risk for individual contaminant	无量纲	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶
AHQ	可接受危害商 acceptable hazard quotient for individual contaminant	无量纲	1	1
AT _{ca}	致癌效应平均时间 average time for carcinogenic effect	d	27920	27920
AT _{nc}	非致癌效应平均时间 average time for non-carcinogenic effect	d	2190	9125
Ev	每日皮肤接触事件频率 daily exposure frequency of dermal contact event	次·d ⁻¹	1	1
<p>注1：“—”表明参数值需要结合实际地块确定或该用地方式下参数值不适用；</p> <p>注2：“/”表示无该参数；</p> <p>注3：PM₁₀取值应优先参照广州市地块所在行政区域近三年平均值，若地块所在地没有的则参考上表数值，上表数值来自于近三年广州市环境质量状况公报的平均值；U_{air}为广州市近三年年平均风速；身高体重数据来自于《2019年广东省国民体质监测公报》，如有最新值，也可采取最新值；根据《中国人群暴露参数手册》，广东人平均寿命为76.49岁，按照76.49年计算致癌效应平均时间，即：AT_{ca}=365 d/a×76.49 a=27920 d。GWCR_a来自于《中国人群暴露参数手册》。</p> <p>注4：在计算吸入室内和室外空气中来自土壤和地下水的气态污染物途径致癌风险或危害商时，如C_{gw}实测浓度超过水溶解度，则采用水溶解度进行计算，此时实际污染（致癌、非致癌）风险可能高于模型计算值。</p> <p>注5：表层污染土壤层厚度（d）与下层污染土壤层埋深（LS）在后期开发建设方式不明确时则采用推荐值。</p>				

附录 D

(资料性)

污染物性质参数查询数据库及部分常见污染物毒性评价要求

D.1 资料来源

污染物毒性参数和理化性质参数查询数据库可参见 D.2。风险评估过程中的污染物的毒性参数和理化性质参数可参见 HJ 25.3-2019 附录 B.1 和 B.2 中参数进行评估，国家导则未列明的部分常见污染物的毒性评价要求见 D.3，D.3 中未列出的污染物可在 D.2 相关数据库中查询。

D.2 污染物的毒性参数和理化性质参数查询数据库

污染物的毒性参数和理化性质参数的查询数据库如下：

- a) 美国环保局综合风险评估系统 (Integrated Risk Information System, IRIS) (<https://www.epa.gov/iris>), 简写 “I” ;
- b) 美国环保局 “临时性同行审定毒性数据” (Provisional Peer-Reviewed Toxicity Values, PPRTVs (<https://www.epa.gov/pprtv/provisional-peer-reviewed-toxicity-values-pprtv-s-assessments>), 简写 “P” ;
- c) 美国环保局 “区域筛选值 (Regional Screening Levels) 总表” 污染物毒性数据, 简写 “RSL” ;
- d) 美国总石油烃工作组 (Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group), 简写 “TPHCWG” ;
- e) 中国香港特别行政区土壤修复目标值制订技术文件 (2007 年), 简写 “HKC” ;
- f) Syracuse Research Corporation, SRC PhysProp Database, 2005. PHYSPROP, 详见 Regional Screening Levels (RSLs) —User’s Guide (May 2016), <http://www.epa.gov/risk/regional-screening-levels-rsls-users-guide-may-2016>, 简写 “PHYSPROP” ;
- g) 美国得克萨斯州风险削减项目: 保护浓度值 (Texas Risk Reduction Program, updated March 2022) (<http://www.tceq.texas.gov/remediation/trrp/trrppcls.html>), 简写 “TX22” ;
- h) 美国国家职业安全卫生研究所 The National Institute for Occupational Safety and Health, 简写 “NIOSH” ;
- i) 美国环保署 “化学品性质参数估算工具包” (Estimation Program Interface Suite), 简写 “EPI” ;
- j) 美国环保署 “废水处理模型” (the wastewater treatment model), 简写 “WATER9” ;
- k) TCEQ Toxicology Division Chronic Remediation-Specific Effects Screening Levels (RS-ESLs), 简写 “T” ;
- l) 美国毒物与疾病登记署有毒物质最低风险水平 (ATSDR Minimal Risk Levels, MRLs) (<https://www.atsdr.cdc.gov/minimalrisklevels/index.html>), 简写 “A” ;
- m) 美国环保局 “临时性同行审定毒性数据” 附录中的筛选毒性值 Screening toxicity values in an appendix to certain PPRTV assessments, 简写 “X” ;
- n) 加州环境健康危害评估办公室 (The California Environmental Protection Agency’s Office of Environmental Health Hazard Assessment, OEHHA) (<https://oehha.ca.gov/chemicals>), 简写 “C” ;

- o) 英国毒理学/致癌性委员会(UK Committees on Toxicology/Carcinogenicity) Committees on Toxicity, Mutagenicity, Carcinogenicity of Chemicals in Food, Consumer Products and the Environment: joint annual report, 简称 COT 或 COC;
- p) 欧洲食品安全局(European Food Safety Authority) Use of BMDS and PROAST software packages by EFSA Scientific Panels and Units for applying the Benchmark Dose (BMD) approach in risk assessment 简称 EFSA。

注：上述数据库排名不分先后，实际使用过程中可根据本地实际情况和污染物特征选取。

D.3 部分常见污染物的毒性评价要求

D.3.1 部分常见污染物的毒性参数和理化参数见表D.1和表D.2。

D.3.2 石油烃(C10-C40)可按照分段评估的方式进行风险计算，石油烃(C10-C40)如按照分段评估的方式进行风险计算，则不同类型石油烃各碳段的推荐分配比例见下表D.3；也可采取相对毒性较高的芳香类(C10-C16)段的毒性参数代表石油烃(C10-C40)进行风险评估。

D.3.3 铬可采取三价铬的毒性参数进行评估，其毒性参数和理化参数参照HJ 25.3-2019附录B。

表 D.1 部分常见污染物的理化参数

分段名称	CAS 编号	分子量 g/mol	数据 来源	水中溶解 度 mg/L	数据来 源	蒸气压 mmHg	数据来 源	亨利常数	数据来 源	空气中扩 散系数 m ² /s	数据来 源	水中扩散 系数 m ² /s	数据来 源	土壤有机碳 -水分配系 数 cm ³ /g	数据 来源
石油烃 (C ₆ -C ₈ 脂 肪烃)	/	-	-	5.4E+00	TPHCWG	3.5E-01	TPHCWG	3.3E+01	TPHCWG	1.00E-05	TPHCWG	1.00E-05	TPHCWG	7.94E+02	TPHCWG
石油烃 (C ₁₀ -C ₁₆ 芳香烃)	/	-	-	2.80E+00	HKC	-	-	1.37E-02	HKC	1.00E-01	HKC	1.00E-05	HKC	7.06E+03	HKC
脂肪烃 C ₁₀ -C ₁₂	/	1.60E+02	TPHCWG	3.40E-02	TPHCWG	4.79E-01	TPHCWG	1.20E-02	TPHCWG	1.00E-05	TPHCWG	1.00E-09	TPHCWG	2.51E+05	TPHCWG
脂肪烃 C ₁₃ -C ₁₆	/	2.00E+02	TPHCWG	7.60E-02	TPHCWG	3.65E-02	TPHCWG	5.20E+02	TPHCWG	1.00E-05	TPHCWG	1.00E-09	TPHCWG	5.01E+06	TPHCWG
脂肪烃 C ₁₇ -C ₂₁	/	2.70E+02	TPHCWG	2.50E-02	TPHCWG	8.40E-04	TPHCWG	4.90E+03	TPHCWG	1.00E-05	TPHCWG	1.00E-09	TPHCWG	6.31E+08	TPHCWG
脂肪烃 C ₂₂ -C ₄₀	/	4.00E+02	TPHCWG	2.50E-02	TPHCWG	8.40E-04	TPHCWG	4.90E+03	TPHCWG	1.00E-05	TPHCWG	1.00E-09	TPHCWG	6.31E+08	TPHCWG
芳香烃 C ₁₀ -C ₁₂	/	1.30E+02	TPHCWG	2.50E-02	TPHCWG	4.79E-01	TPHCWG	1.40E-01	TPHCWG	1.00E-05	TPHCWG	1.00E-09	TPHCWG	2.51E+03	TPHCWG
芳香烃 C ₁₃ -C ₁₆	/	1.50E+02	TPHCWG	5.80E-02	TPHCWG	3.65E-02	TPHCWG	5.30E-02	TPHCWG	1.00E-05	TPHCWG	1.00E-09	TPHCWG	5.01E+03	TPHCWG
芳香烃 C ₁₇ -C ₂₁	/	1.90E+02	TPHCWG	6.50E-02	TPHCWG	8.40E-04	TPHCWG	1.30E-02	TPHCWG	1.00E-05	TPHCWG	1.00E-09	TPHCWG	1.58E+04	TPHCWG
芳香烃 C ₂₂ -C ₄₀	/	2.40E+02	TPHCWG	6.60E-02	TPHCWG	3.30E-07	TPHCWG	6.70E-04	TPHCWG	1.00E-05	TPHCWG	1.00E-09	TPHCWG	1.26E+05	TPHCWG
锰	7439-96-5	5.49E+01	PHYSPROP	0.00E+00	TX22	0.00E+00	NIOSH	0.00E+00	TX22	0.00E+00	TX22	0.00E+00	TX22	5.01E+01	TX22

表 D.1 部分常见污染物的理化参数 (续)

分段名称	CAS 编号	分子量 g/mol	数据来源	水中溶解度 mg/L	数据来源	蒸气压 mmHg	数据来源	亨利常数	数据来源	空气中扩散系数 m ² /s	数据来源	水中扩散系数 m ² /s	数据来源	土壤有机碳-水分配系数 cm ³ /g	数据来源
二苯并呋喃	132-64-9	1.68E+02	PHYSPROP	3.10E+00	PHYSPROP	2.48E-03	PHYSPROP	8.71E-03	EPI	6.51E-06	WATER9	7.38E-10	WATER9	9.16E+03	EPI
呋唑	86-74-8	1.67E+02	TX22	7.21E-01	TX22	2.66E-04	TX22	3.38E-03	TX22	3.90E-06	TX22	7.03E-10	TX22	2.45E+03	TX22
菲	85-01-8	1.78E+02	TX22	9.94E-01	TX22	6.80E-04	TX22	5.40E-03	TX22	3.33E-06	TX22	7.47E-10	TX22	1.41E+04	TX22
苯并(g, h, i)芘	191-24-2	2.76 E+02	TX22	2.60E-04	TX22	1.00E-10	TX22	5.82E-06	TX22	4.90E-06	TX22	5.65E-09	TX22	1.58E+06	TX22
蒽烯	208-96-8	1.52 E+02	TX22	3.93E+00	TX22	2.90E-02	TX22	4.74E-03	TX22	4.39E-06	TX22	7.06E-10	TX22	6.92E+03	TX22
注 1: “-” 表示本文件无该参数的推荐取值; 注 2: “/” 表示无该参数。															

表 D.2 部分常见污染物的毒性参数

分段名称	CAS 编号	经口摄入致癌斜率因子 Sfo (mg/kg-d) ⁻¹	数据来源	呼吸吸入单位 致癌因子 IUR (mg/m ³) ⁻¹	数据来源	经口摄入参考 剂量 RfDo (mg/kg/d)	数据来源	呼吸吸入参 考浓度 RfC (mg/m ³)	数据来源	消化道吸收 因子 ABSgi	数据来源	皮肤吸收效 率因子 ABSd	数据来源
石油烃 (C ₆ -C ₈ 脂肪烃)	/	-	-	-	-	5.0E+00	TPHCWG	1.84E+02	TPHCWG	5.00E-01	TPHCWG	5.00E-01	TPHCWG
石油烃 (C ₁₀ -C ₁₆ 芳香烃)	/	-	-	-	-	4.00E-02	HKC	-	-	1	HKC	5.00E-01	HKC
脂肪烃 C ₁₀ -C ₁₂	/	-	-	-	-	1.00E-01	TPHCWG	5.00E-01	TPHCWG	5.00E-01	TPHCWG	1.00E-01	TPHCWG
脂肪烃 C ₁₃ -C ₁₆	/	-	-	-	-	1.00E-01	TPHCWG	5.00E-01	TPHCWG	5.00E-01	TPHCWG	1.00E-01	TPHCWG
脂肪烃 C ₁₇ -C ₂₁	/	-	-	-	-	2.00E+00	TPHCWG	-	-	5.00E-01	TPHCWG	1.00E-01	TPHCWG
脂肪烃 C ₂₂ -C ₄₀	/	-	-	-	-	2.00E+00	TPHCWG	-	-	5.00E-01	TPHCWG	1.00E-01	TPHCWG
芳香烃 C ₁₀ -C ₁₂	/	-	-	-	-	4.00E-02	TPHCWG	2.00E-01	TPHCWG	5.00E-01	TPHCWG	1.00E-01	TPHCWG
芳香烃 C ₁₃ -C ₁₆	/	-	-	-	-	4.00E-02	TPHCWG	2.00E-01	TPHCWG	5.00E-01	TPHCWG	1.00E-01	TPHCWG
芳香烃 C ₁₇ -C ₂₁	/	-	-	-	-	3.00E-02	TPHCWG	-	-	5.00E-01	TPHCWG	1.00E-01	TPHCWG
芳香烃 C ₂₂ -C ₄₀	/	-	-	-	-	3.00E-02	TPHCWG	-	-	5.00E-01	TPHCWG	1.00E-01	TPHCWG
锰	7439-96-5	-	-	-	-	1.4E-01	I	8.4E-04	TX22	6.00E-02	TX22	1.00E-02	TX22
二苯并呋喃	132-64-9	-	-	-	-	4.00E-03	N	-	-	1.00E+00	RSL	3.00E-02	RSL
呋唑	86-74-8	2.00E-02	TX22	-	-	-	-	-	-	7.00E-01	RSL	1.00E-01	RSL
菲	85-01-8	-	-	-	-	3.00E-02	T	-	-	8.90E-01	RSL	1.30E-01	RSL
苯并(g, h, i)芘	191-24-2	-	-	-	-	3.00E-02	T	-	-	8.90E-01	RSL	1.30E-01	RSL
萘烯	208-96-8	-	-	-	-	6.00E-02	T	-	-	8.90E-01	RSL	1.30E-01	RSL
注 1: “-”表示本文件无该参数的推荐取值; 注 2: “/”表示无该参数。													

表 D.3 石油烃 (C10-C40) 各碳段推荐分配比例

分段名称	原油类%	汽油类%	柴油类%	润滑油类%	混合油类%
脂肪烃 C ₁₀ -C ₁₂	6.6	29.3	12.9	3.8	1.5
脂肪烃 C ₁₃ -C ₁₆	13.5	12.8	15.4	6.6	16.2
脂肪烃 C ₁₇ -C ₂₁	25.4	12.6	26.2	20.0	34.2
脂肪烃 C ₂₂ -C ₄₀	40.2	8.1	8.1	47.3	11.5
芳香烃 C ₁₀ -C ₁₂	1.1	17.0	6.5	0.4	1.0
芳香烃 C ₁₃ -C ₁₆	2.0	10.3	12.3	1.3	4.0
芳香烃 C ₁₇ -C ₂₁	4.2	9.3	14.0	4.6	22.4
芳香烃 C ₂₂ -C ₄₀	7.0	0.6	4.6	16.0	9.2

注 1: 加油站的汽油罐区和柴油罐区, 分别归属于汽油类污染和柴油类污染进行甄别;

注 2: 石油加工行业涉及到的原油提炼生产加工以及油品的储存区域, 应根据不同油品库归属不同类型污染进行甄别;

注 3: 金属制品、化学原料和化学制造、医药制造、计算机通讯和其他电子设备制造、电力热力生产和供应、生态环境治理等行业的生产加工区域归属于润滑油类污染进行甄别, 行业地块内有汽油储罐或柴油储罐的区域归属于汽油类或柴油类污染进行甄别;

注 4: 通过调查甄别如发现地块同一区域内有 2 种或 2 种以上的石油类污染, 或者石油类污染来源不明的, 归属于混合油类污染。

附 录 E
(资料性)
风险评估报告编制大纲

下面给出建设用地土壤污染状况调查报告编制内容大纲的示例。

示例：

- 1 摘要
- 2 概述
 - 2.1 项目概况
 - 2.2 地块范围
 - 2.3 调查目的
 - 2.4 工作依据
 - 2.5 基本原则
 - 2.6 技术路线
- 3 地块概况
 - 3.1 区域环境概况
 - 3.2 敏感目标
 - 3.3 地块的现状和历史
 - 3.4 相邻地块的现状和历史
 - 3.5 地块利用的规划
- 4 前期污染状况调查概况
 - 4.1 第一阶段土壤污染状况调查结论
 - 4.2 第二阶段土壤污染状况调查结论
 - 4.3 水文地质情况
 - 4.4 小结
- 5 危害识别
 - 5.1 关注污染物筛选
 - 5.2 暴露浓度确定
 - 5.3 暴露受体分析
 - 5.4 地块概念模型
- 6 暴露评估
 - 6.1 暴露情景分析
 - 6.2 暴露途径
 - 6.3 暴露评估模型
 - 6.4 模型参数取值
- 7 毒性评估
 - 7.1 污染物毒性特征
 - 7.2 毒性参数取值
- 8 风险表征
 - 8.1 风险表征计算方法
 - 8.2 风险表征结果

DB4401

8.3 不确定性分析

9 修复目标值和修复范围的确定

9.1 风险控制值的计算方法

9.2 风险控制值的计算结果

9.3 修复目标值/管控目标的确定

9.4 风险管控/修复范围

10 结论与建议

11 附件（土壤污染状况调查评审意见、风险评估计算过程文件、地块权属信息、土工实验报告等）
